



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

**CREACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL SEMBRÍO DE
PAPAS EN TERRENOS PREPARADOS**
PROPUESTA TECNOLÓGICA

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

AUTOR
TENELEMA MORALES PABLO XAVIER

TUTOR
ING. CABEZAS CABEZAS ROBERTO FERNANDO, M.Sc.

MILAGRO - ECUADOR

2023



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, CABEZAS CABEZAS ROBERTO FERNANDO, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: CREACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL SEMBRÍO DE PAPAS EN TERRENOS PREPARADOS, realizado por el estudiante TENELEMA MORALES PABLO XAVIER con cédula de identidad N° 060481571-2 de la carrera INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN, Ciudad Universitaria “Dr. Jacobo Bucaram Ortiz”, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Cabezas Cabezas Roberto, M.Sc.
TUTOR DE TESIS

Milagro, 20 de septiembre del 2022



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “CREACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL SEMBRÍO DE PAPAS EN TERRENOS PREPARADOS”, realizado por el estudiante TENELEMA MORALES PABLO XAVIER, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

ING. CÁRDENAS RODRÍGUEZ MARIO, M.Sc.
PRESIDENTE

ING. BELTRÁN ROBAYO NUVIA, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. BAZÁN VERA WILLIAM, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. CABEZAS CABEZAS ROBERTO, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Milagro, 17 de febrero del 2023

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado principalmente a Dios por permitir guiarme por un buen camino y el cual he llegado hasta estos momentos tan importante de mi formación profesional.

A mis padres y hermanos por ser los pilares fundamentales y demostrar siempre su apoyo de una u otra forma.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por protegerme de todo lo malo, darme la fuerza para superar los obstáculos a lo largo de mi formación profesional.

A mis padres y hermanos por demostrar los afectos, la fuerza necesaria a no decaerme mediante sus consejos.

A mis docentes por ser esa guía principal y el asesoramiento fundamental durante la realización de este proyecto.

A mis amigos y compañeros de clases de la Universidad por demostrar su buena amistad y compañeros de trabajo a la vez.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo TENELEMA MORALES PABLO XAVIER, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre “CREACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL SEMBRÍO DE PAPAS EN TERRENOS PREPARADOS” para optar el título de INGENIERO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, febrero 20 del 2023

TENELEMA MORALES PABLO XAVIER

C.I.: 060481571 - 2

Índice general

PORTADA.....	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento	5
Autorización de autoría intelectual	6
Índice general	7
Índice de tablas	12
Índice de figuras.....	14
Resumen	17
Abstract.....	18
Aprobación del abstract	19
1. Introducción.....	20
1.1 Antecedentes del problema.....	21
1.2 Planteamiento y formulación del problema	24
1.2.1 Planteamiento del problema.....	24
1.2.2 Formulación del problema.....	26
1.3 Justificación de la investigación	26
1.4 Delimitación de la investigación	30
1.5 Objetivo general	30
1.6 Objetivos específicos.....	30
2. Marco teórico	31
2.1 Estado del arte.....	31
2.2 Bases teóricas	33

2.2.1 Tipos de robots	33
2.2.1.1 Androides y zoomórficos	34
2.2.1.2 Móviles	34
2.2.2 Robot eliminador de maleza.....	35
2.2.3 Robot fumigador	35
2.2.4 Preparación del suelo	35
2.2.5 Proceso de siembra	36
2.2.6 Elección de la semilla del tubérculo	37
2.2.7 Tipos de siembra.....	38
2.2.8 Rendimiento de la papa	38
2.2.9 Lenguajes de programación.....	39
2.2.10 Android Studio	39
2.2.11 IDE Arduino.....	40
2.2.12 Arduino.....	41
2.2.13 Motores Turnigy Aerodrive SK3.....	41
2.2.14 Motor DC	42
2.2.15 Sensor infrarrojo	43
2.2.16 Módulo de bluetooth HC-06.....	44
2.2.17 Baterías li-ion.....	45
2.2.18 Placa de circuito impreso o PCB	45
2.2.19 Convertidores de corriente.....	46
2.2.20 Ruedas de goma.....	46
2.2.21 Jumpers M-H y M-M.....	47
2.2.22 Modulo Relay de 4 canales	47
2.2.23 Materiales de construcción y acabado	48

2.3 Marco legal.....	48
2.3.1 Acuerdo del Senescyt - 2018 - 040.....	48
2.3.2 Software libre en Ecuador	49
2.3.3 Ley de la propiedad intelectual	49
3. Materiales y métodos	51
3.1 Enfoque de la investigación	51
3.1.1 Tipo de investigación.....	51
3.1.1.1 Descriptiva.....	51
3.1.1.2 Aplicada	51
3.1.2 Diseño de investigación	51
3.2 Metodología	52
3.2.1 Metodología de diseño de sistemas robóticos	52
3.2.1.1 Definición del problema: Diseño conceptual.....	52
3.2.1.2 Desarrollo de la solución I: Análisis cinemático	52
3.2.1.3 Desarrollo de la solución II: Análisis dinámico	53
3.2.1.4 Validación de la solución: Diseño mecánico avanzada.....	53
3.2.2 Metodología XP o programación extrema.....	53
3.2.2.1 Planificación	54
3.2.2.2 Diseño	54
3.2.2.3 Codificación.....	54
3.2.2.4 Pruebas	54
3.2.2.5 Documentación	55
3.2.3 Recolección de datos.....	55
3.2.3.1 Recursos.....	55
3.2.3.1.1 Recursos bibliográficos	55

3.2.3.1.2 Recursos humanos	55
3.2.3.1.3 Materiales.....	55
3.2.3.1.4 Recursos tecnológicos.....	55
3.2.3.1.5 Software	56
3.2.3.1.6 Hardware.....	56
3.2.3.2 Presupuesto	56
3.2.3.3 Métodos y técnicas	57
3.2.3.3.1 Formulario de preguntas	57
3.2.3.3.2 Entrevista.....	57
3.2.3.3.3 Encuestas	58
3.2.4 Análisis estadístico	58
3.3 Análisis financiero	59
4. Resultados.....	61
4.1 Identificación sobre las necesidades que presentan los agricultores de la papa en la fase de la siembra para la recolección de los requerimientos. ...	61
4.2 Elaboración del prototipo por medio de la metodología de diseño de sistemas robóticos.....	62
4.3 Construcción de una aplicación móvil para el control del sembrador robótico de acuerdo a los dos modos de trabajo.....	63
4.4 Evaluación de los requerimientos del prototipo el cual garantice al usuario su buen funcionamiento.....	64
5. Discusión	65
6. Conclusiones.....	70
7. Recomendaciones.....	71
8. Bibliografía.....	72

9. Anexos	83
9.1 Anexo 1. Presupuesto.....	85
9.2 Anexo 2. Formato de entrevista dirigido a personal técnico de la papa .	86
9.3 Anexo 3. Formulario de preguntas aplicadas a los agricultores de papa	90
9.4 Anexo 4. Resultados del formulario de preguntas	92
9.5 Anexo 5. Realización de formulario de preguntas y entrevistas a los agricultores y personal técnico de la papa.....	103
9.6 Anexo 6. Ubicación donde se realiza las pruebas del prototipo.....	104
9.7 Anexo 7. Tipos de prototipos	83
9.8 Anexo 8. Tablas de análisis financiero.....	105
9.9 Anexo 9. Historial de usuario	107
9.10 Anexo 10. Requerimientos funcionales y no funcionales	109
9.11 Anexo 11. Casos de uso del robot sembrador	111
9.12 Anexo 12. Esquema eléctrico.....	114
9.13 Anexo 13. Desarrollo mediante la metodología de prototipos	116
9.14 Anexo 14. Desarrollo mediante la metodología XP	118
9.15 Anexo 15. Pruebas de integración y caja negra	120
9.16 Anexo 16. Pruebas de aceptación	126
9.17 Anexo 17. Manual de usuario del aplicativo móvil	127
9.18 Anexo 18. Manual de usuario del sembrador robótico	133
9.19 Anexo 19. Manual técnico.....	136

Índice de tablas

Tabla 1. Presupuesto económico para elaborar el sembrador robótico	85
Tabla 2. Cantidad de semillas en un área determinada	92
Tabla 3. Control de selección de la semilla	93
Tabla 4. Uso de maquinaria para la fase de la siembra	94
Tabla 5. Personal que laborar de forma tradicional.....	95
Tabla 6. Herramientas apropiadas para la siembra.....	96
Tabla 7. Tipo de papa con mayor frecuencia de siembra.....	97
Tabla 8. Tiempo en sembrar una hectárea de papa.....	98
Tabla 9. Dificultades de realizar la siembra en invierno y verano.....	99
Tabla 10. Factores que afectan al realizar la siembra de la papa	100
Tabla 11. Enfermedades causadas a los agricultores.....	101
Tabla 12. Gasto económico con cinco trabajadores.....	105
Tabla 13. Costos anuales de siembra con trabajadores	106
Tabla 14. Gasto económico con un trabajador y el prototipo	106
Tabla 15. Gasto anual con un trabajador y el prototipo.....	107
Tabla 16. Tiempo para recuperar el presupuesto.....	107
Tabla 17. Historial de usuario al realizar la conexión mediante bluetooth.....	107
Tabla 18. Historial de usuario accesos a la pantalla principal	107
Tabla 19. Historial de usuario de ingreso a la pantalla en modo automático	108
Tabla 20. Historial de usuario al ingresar a la pantalla en modo manual	108
Tabla 21. Requerimientos funcionales	109
Tabla 22. Requerimientos no funcionales	110
Tabla 23. Descripción del caso de uso sobre el sembrador robótico	111
Tabla 24. Descripción del caso de uso sobre el uso de la aplicación.....	113

Tabla 25. Análisis cinemático de movimientos en terreno liso	116
Tabla 26. Análisis cinemático de movimiento en terreno rocoso.....	116
Tabla 27. Análisis dinámico del torque sin carga	117
Tabla 28. Análisis dinámico del torque con carga establecida	117
Tabla 29. Planificación de los requerimientos	118
Tabla 30. Hoja de control de los componentes	120
Tabla 31. Registro de cambios del prototipo	121
Tabla 32. Prueba de caja negra de la aplicación conexión del bluetooth.....	123
Tabla 33. Prueba de caja negra de la aplicación pantalla principal.....	124
Tabla 34. Prueba de caja negra de la aplicación en modo automático	125
Tabla 35. Prueba de caja negra de la aplicación en modo manual	125
Tabla 36. Parámetros de aceptación del prototipo	126
Tabla 37. Sensor infrarrojo	149
Tabla 38. Motor de 320W	149
Tabla 39. Motor DC	150
Tabla 40. Servo motor	150
Tabla 41. Arduino mega 2560	151
Tabla 42. Modulo HC-05	151
Tabla 43. Relay de 1 canal.....	152
Tabla 44. Batería de 12V	153
Tabla 45. Drivers IBT-2	153
Tabla 46. Panel solar de 20W	154
Tabla 47. Controlador de carga.....	154
Tabla 48. Pantalla LCD	155

Índice de figuras

Figura 1. Robots de tipo androides y zoomórficos	83
Figura 2. Robots terrestres móviles de inspección	83
Figura 3. Robot Weed Whacked de Odd.Bot eliminador de maleza	84
Figura 4. Robot fumigador Ladybird	84
figura 5. Desconocimiento de la semilla aplicada en el área	92
Figura 6. Agricultores que consideran el control de la semilla.....	93
Figura 7. Agricultores que descartan el uso de maquinaria para la siembra	94
Figura 8. Agricultores que están en desacuerdo con la siembra tradicional	95
Figura 9. Agricultores que cuentan con herramientas adecuadas.....	96
Figura 10. Tubérculo de mayor siembra en la zona 3, cantón Riobamba	97
Figura 11. Rango de horas que se demora en sembrar una hectárea de papas .	98
Figura 12. Dificultades para realizar la siembra en diferentes temporadas	99
Figura 13. Factores que dificulta la siembra.....	101
Figura 14. Agricultores con enfermedades por realizar tareas de siembra	102
Figura 15. Entrevista a un ingeniero especializado en el cuidado de la papa	103
Figura 16. Aplicación del formulario de preguntas a los agricultores.	104
Figura 17. Ubicación para realizar las pruebas del prototipo	104
Figura 18. Caso de uso del prototipo	111
Figura 19. Caso de uso de la aplicación	112
Figura 20. Esquema de los componentes eléctricos elaborado en proteus	114
Figura 21. Circuito de placa principal desarrollado con Livewire y PCB wizard .	115
Figura 22. Diseño de placa secundaria construido con Livewire y PCB wizard .	115
Figura 23. Diseño del prototipo realizado en el software Solidworks	116
Figura 24. Diseño mecánico avanzado del sembrador	117

Figura 25. Diseño de la aplicación desarrollado en la aplicación marvel app	119
Figura 26. Ubicación de la apk	128
Figura 27. Instalación de la apk.....	128
Figura 28. Vinculación del bluetooth	129
Figura 29. Lista de dispositivos vinculados	130
Figura 30. Pantalla principal de la aplicación	130
Figura 31. Pantalla en modo automático	131
Figura 32. Pantalla en modo manual.....	132
Figura 33. Botón de encendido/apagado	134
Figura 34. Bluetooth conectado.....	134
Figura 35. Palanca de frenos del motor	135
Figura 36. Código utilizado en la pantalla principal	140
Figura 37. Código utilizado en la pantalla de modo automático	140
Figura 38. Código utilizado en la pantalla de modo manual.....	141
Figura 39. Código utilizado para la conexión de bluetooth.....	141
Figura 40. Crear nuevo proyecto en Android Studio	142
Figura 41. Diseños preestablecidos para nuevos proyectos	142
Figura 42. Datos de empty activity	143
Figura 43. Panel para crear nuevo layout	144
Figura 44. Ingreso de datos del nuevo layout.....	144
Figura 45. Permisos establecidos desde el archivo androidmanifest.xml	145
Figura 46. Panel de activity_main.xml	145
Figura 47. Librerías implementadas desde la carpeta java	146
Figura 48. Colores disponibles desde la carpeta colors.xml	146
Figura 49. Pasos para crear simulador con sistema android	147

Figura 50. Elección de sistema operativo android	148
Figura 51. Verificación de la configuración y finalización	148

Resumen

El campo de la robótica ha mejorado la calidad de vida de los seres humanos, tanto en el ámbito laboral y doméstico permitiendo explorar entornos de difícil acceso. Es por ello que el objetivo del presente proyecto es facilitar las tareas de siembra a los pequeños agricultores dedicados al cultivo de la papa, mediante la implementación de un robot sembrador de tubérculos a través de la metodología de diseño de sistemas robóticos. El prototipo se elaboró en tres fases, la primera se realizó la construcción de la parte mecánica el cual consta de materiales como láminas de tool y tubos cuadrados de hierro, su peso es de 100kg incluido la carga la misma que tiene una capacidad de almacenamiento en tolva de 50 lb, la segunda etapa fue la implementación electrónica como baterías, paneles solares entre otros, en la última fase se procedió la codificación de los motores que son programados mediante un controlador Arduino en formato PWM quien inspecciona la velocidad del mismo, el sistema consta de envío y recepción de datos mediante una aplicación móvil por medio del módulo Bluetooth "HC-05". Los resultados obtenidos mediante las pruebas realizadas en un surco de 10 metros el prototipo tardo 2 minutos en ejecutar el trabajo a diferencia de un agricultor que efectúa la siembra en la misma distancia en 6 minutos, alcanzando a obtener un 80 % en efectividad y 60 % en productividad, llegando concluir que este tipo de tecnología beneficia a los agricultores tanto en efectividad y productividad.

Palabras claves: eboard turnigy, prototipo, PWM, sembrador de papas.

Abstract

The field of robotics has improved the quality of life of human beings, both at work and at home, allowing to explore difficult to access environments. This is why the objective of this project is to facilitate the sowing tasks of small farmers dedicated to the cultivation of potatoes, through the implementation of a robot seed of tubers through the methodology of design of robotic systems. The prototype was developed in three phases, the first was the construction of the mechanical part which consists of materials such as tool sheets and square iron tubes, its weight is 100kg including the load the same as it has a storage capacity in hopper of 50 lb. the second stage was the electronic implementation as batteries, solar panels among others, in the last phase the encoding of the motors that are programmed by an Arduino controller in PWM format that inspects the speed of the same, the system consists of sending and receiving data via a mobile application using the Bluetooth module "HC-05." The results obtained by the tests carried out in a groove of 10 meters the prototype took 2 minutes to perform the work unlike a farmer who does the sowing in the same distance in 6 minutes, achieving 80% in effectiveness and 60% in productivity, concluding that this type of technology benefits farmers in both effectiveness and productivity.

Keywords: Eboard Turnigy, prototype, PWM, potato sower.



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

APROBACIÓN DEL ABSTRACT

Yo, **RAMÍREZ SÁNCHEZ IVÁN ARTURO**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de ENGLISH TEACHER, **CERTIFICO** que he procedido a la **REVISIÓN DEL ABSTRACT** del presente trabajo de titulación: **CREACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL SEMBRÍO DE PAPAS EN TERRENOS PREPARADOS**, realizado por el Sr. Estudiante **TENELEMA MORALES PABLO XAVIER**; con cédula de identidad **N° 060481571 - 2** de la **carrera INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**, Ciudad Universitaria "Dr. Jacobo Bucaram Ortiz" Unidad Académica **Milagro**, el mismo que cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Lcdo. Ramírez Sánchez Iván
Email: iramirez@uagraria.edu.ec

Milagro, 24 de febrero del 2023

1. Introducción

En la actualidad se vive en una sociedad que cada vez tiene el interés por nuevos artículos tecnológicos, es por ello que las empresas crean varios modelos para el uso en diferentes áreas como: la medicina, arquitectura, agricultura, transporte, entre otros, con el fin de facilitar y agilizar los procesos que es realizado por el hombre. No obstante, uno de los mayores avances tecnológicos que se desarrolla pertenece al área de la agronomía, un ejemplo de ello es la agricultura de precisión que es aplicado por drones que permite recoger, procesar y analizar los datos por medio de sensores, actuadores y cámaras que accede a la toma de decisiones para una mejor calidad del producto agrícola.

Por otro lado, el crecimiento de la población en Ecuador y a nivel mundial es visible por lo que actualmente la demanda de los alimentos está en constante aumento, es por ello que los agricultores desarrollan nuevos métodos de siembra para satisfacer a los consumidores, además, exportar sus productos lo cual beneficia la economía del agricultor y el país.

Como es el caso de los agricultores de la papa que cada vez deben mejorar sus métodos de siembra para cosechar el producto en un tiempo apropiado y sin complicaciones. A partir de esto nace nuevos problemas como: el tiempo que conlleva para realizar la siembra, falta de personal que realice esta fase del sembrado, los recursos económicos que deben tener para realizar la plantación, entre otros.

Es por ello que el objetivo del proyecto es crear un sembrador de papa automático que disminuya los costos de siembra y eliminar algunos problemas mencionados anteriormente, de manera que el usuario genere un ahorro permitiendo incrementar el ingreso económico. Con la aplicación del robot se verán

beneficiados grandes y pequeños agricultores de la papa que realizan la siembra de una forma tradicional y no cuentan con herramientas tecnológicas que les permita automatizar los procesos.

1.1 Antecedentes del problema

Ecuador es uno de los países que presenta una gran demanda en el sector agrícola. La producción de la papa se encuentra principalmente en la Región Sierra en las provincias del Carchi, Chimborazo y Tungurahua el cual representa un 56,7% de cosecha. INEC (2021) indica que en el periodo 2020 se cosechó un área total de 19.7 miles de hectáreas representando un 26.5% con respecto al año anterior, la producción anual fue de 0.4 millones de toneladas en donde la provincia del Carchi obtiene la mayor parte con una producción del 46.0%, es por ello que se busca incrementar la producción en otras provincias, de tal manera crecer el cultivo del tubérculo.

Los procesos para realizar la siembra tradicional lleva tiempo y cansancio a los agricultores además deber tener en cuenta varios factores para realizar la fase de la siembra, uno de los aspectos que consideran es el tipo de suelo donde se va aplicar la semilla, el cual debe estar libre de plagas que en un futuro no afecte la producción, es por ello que Viera et al. (2020) en su artículo titulado: Control Biológico (CB) una herramienta para una agricultura sustentable, recomienda el uso del CB el cual permite controlar las plagas mediante la aplicación de agentes biólogos para prevenir una enfermedad causada por un patógeno, con la aplicación del CB se mantiene controlado la agricultura de todo tipo de hongos, plagas y enfermedades demostrando la eficiencia sobre el uso de esta herramienta que de la misma forma ha logrado garantizar la producción en los cultivo, de tal manera que se puede evitar las pérdidas de los productos.

Las grandes empresas de la electrónica crean robots que muchas veces ha sustituido al hombre. El propósito no es remplazar a la humanidad por lo contrario se pretende agilizar varios procesos que lleva mucho tiempo en su elaboración. Es por ello que en la Universidad Uniagraria de Colombia varios estudiantes de ingeniería mecatrónica desarrollaron un robot que realiza la siembra de papas patusas, el mismo que cuenta con una capacidad de cargar medio kilo de papa y otro medio kg de abono, llegando a tener un peso total de 20 kilos, el cual surge de la necesidad que los agricultores se sientan agobiados para realizar el proceso de siembra y el objetivo es que puedan lidiar con este tipo de inconvenientes. El robot se puede operar desde diferentes dispositivos móviles y computadores ya que cuenta con una aplicación para su manejo (Jaller, 2017). Con la implementación de este tipo de proyectos se ayuda a los pequeños agricultores además pueden tener acceso a este tipo de tecnología, los mismos que son probados por los agricultores llegando a satisfacer sus necesidades.

Según expertos, el sector agrícola presenta descuidos en los pequeños agricultores por falta de tecnología. Domínguez (2020) expresó ante la crisis a nivel mundial por el Covid-19 varios agricultores quedaron al descuido por lo que se refleja la escasez de la producción en los mercados, una alternativa es invertir en tecnología e innovación. La crisis en la agrícola se transmite de una forma acelerada cuando cumple las tres condiciones, la primera es una economía pequeña, la segunda ser una economía donde la producción está concentrada en pocos productos y la tercera son los productos de exportación que van a pocos mercados. Ecuador cumple con las tres circunstancias para la transmisión de la crisis económica, donde ha causado problemas como los que se viven actualmente, además, los pequeños y medianos agricultores no tienen información

sobre cómo enfrentar la crisis, por lo que recomienda que las instituciones públicas y privadas deben ayudar a que esa información esté disponible. Por consiguiente, la creación del dispositivo robótico aportó en estas situaciones a los agricultores de la papa, el mismo que garantiza en reducir el tiempo y la mano de obra en la siembra del tubérculo.

Los agricultores deben estar al pendiente sobre el cuidado de sus cultivos por lo que presentan dificultades para realizar otras actividades de su diario vivir. Por ende, en el estudio realizado por Cortes y Vargas (2020) sobre la implementación de un sistema de riego automatizado y monitoreado que permite presentar una alerta en caso de observar algún problema a dicha área que se está monitoreando, el problema surge a partir de las necesidades de los pequeños agricultores los mismos que no cuentan con tiempo disponible para brindar la atención en el cultivo, el objetivo del estudio antes mencionado pretenden reducir el tiempo del agricultor, ahorro del líquido vital y sobre todo un ahorro económico.

El uso de nuevas tecnologías es un aspecto que cada vez está en avance en el ámbito de la agronomía, sin embargo, existe el desconocimiento por parte de los agricultores sobre la facilidad que puede brindar los nuevos procesos en su diario vivir, es por ello que varias personas que se dedican a esta labor, realizan tareas que vienen heredando desde sus antepasados perdiendo las ventajas del uso de nuevos métodos.

Como es el caso de los agricultores de diferentes tipos de papas que varios de ellos llevan muchos años realizando una siembra de forma tradicional, por lo que al pasar el tiempo presentan dificultades al realizar esta tarea. Por tal motivo, se brindará soluciones a varios de sus problemas dando como recurso en crear un sembrador robótico que realice la siembra de la papa de dos formas, la automática

para los terrenos que están formados los surcos de manera correcta y manual para las áreas que presentan dificultades como una mala formación de surcos o exista obstáculos que impida avanzar al prototipo, de tal manera que el agricultor tiene la disponibilidad de dirigir el robot por rutas que considere de forma correcta.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

En la actualidad existen diferentes tipos de dispositivos que aportan en la agricultura tales como, arado, fertilización, limpieza de maleza, recogedor de frutos entre otros, varios de ellos son máquinas que pesan alrededor de dos toneladas que deja compactada la tierra presentando dificultad en los agricultores para la siguiente fase. Además, este tipo de maquinarias no están al alcance de los pequeños agricultores por sus elevados precios.

En el VII Congreso Ecuatoriano de la papa que reunió a cerca de 400 personas, el cual el eje temático fue la adaptación de los tubérculos al cambio climático. Torres (2017) indica que el Ecuador es considerado como un paraíso para el cultivo de la papa, ya que presenta lluvias y el suelo es muy fértil, la desventaja de un violento cambio climático ha generado que se adapten los agricultores a nuevos sistemas de cultivación. En varios casos se ha podido apreciar de como el invierno afecta a los cultivos, existiendo en ocasiones perdidas total del producto perjudicando la economía del agricultor.

El cambio de período para realizar la siembra del tubérculo es una de las recomendaciones que mencionan especialistas de la papa. Kromann (2017) recomienda a los agricultores cambiar la temporada de siembra debido a que la temporada de invierno causa pudrición de las semillas, además menciono que las personas que se dedican a este trabajo tomen más precauciones al realizar la

siembra de la papa. Con la ayuda de los técnicos especializados en el cuidado de la papa los agricultores deben sobresalir para obtener buenos cultivos lo que ayudará crecer su economía.

En base a lo mencionado los agricultores deben considerar la temporada para realizar la siembra de tubérculos. El clima es un factor importante que consideran al momento de realizar la siembra, en varias ocasiones se ven forzados a efectuar en un tiempo límite ya que las lluvias perjudican en esta fase. Con la implementación del sembrador robótico se puede realizar la siembra en la lluvia ya que todos sus circuitos están cubiertos, lo cual representa un gran aporte para los agricultores, ya que en la fase de la siembra no quedan expuestos a este tipo de clima. Hay que tener en cuenta que la lluvia debe ser ligera, caso contrario presentaría problemas para formar los surcos por la tierra con exceso de humedad.

Uno de los mayores problemas que presentan los agricultores de papa es que aún siguen realizando la siembra de una forma tradicional, estando de 4 a 8 horas consecutivas de una forma incómoda, por lo que al pasar el tiempo se ha visto problemas y dolores musculares en su cuerpo afectando su salud por completo, con el uso del prototipo se eliminaría la fase habitual de la siembra pasando a ser de una forma automática por ende representa una gran comodidad al usuario.

Otro problema que presentan los agricultores es de cuanta semilla fue sembrada en dicha área, de tal manera que desconocen el promedio total del tubérculo enterrado, es por ello que se pretende mantener informado al agricultor de las papas que se están sembrando por medio de un sensor infrarrojo, para así en un futuro pueda tener presente de cuanto tubérculo se aplica en el área, ahorrando gastos innecesarios que afectan al agricultor.

1.2.2 Formulación del problema

La robótica sin duda esta evolucionado con gran rapidez, que hoy en la actualidad se presentan humanoides con inteligencia artificial que interactúan con las personas. De la misma forma en la parte agrícola presentan importantes avances, un ejemplo de ello es la agricultura de precisión que se implementa para monitorear los cultivos el cual les permite recoger, procesar y analizar datos temporales, de manera que aumenta la rentabilidad y sostenibilidad de la producción agrícola. Además de ello se puede tener en cuenta las enfermedades que posee entre otras características, toda esta tecnología está a disposición de los agricultores, pero varios de ellos no tienen conocimiento, presentando un total desconocimiento acerca del tema, asimismo diferentes de estos prototipos están sobre un precio que no es accesibles para los pequeños agricultores. En base a lo anterior mencionado se pretende crear un sembrador robótico que reduzca el tiempo en las labores del agricultor y sobre todo que tengan acceso a ello, de esta manera se formula la siguiente pregunta:

¿Cómo mejorará la fase de siembra de la papa mediante la creación de un sembrador robótico para los agricultores dedicados a esta actividad?

1.3 Justificación de la investigación

La robótica es fundamental en diferentes tipos de industrias que desean automatizar los procesos lo cual permite obtener resultados exactos y precisos que en ocasiones no se puede conseguir con las personas, de la misma forma si se trata de agilizar los procesos en la agricultura que permita facilitar las labores realizadas por el hombre y optimizar la producción tanto en tiempo como en la calidad del producto, lo que permite convertir la automatización no en algo

deseable, si no en algo impredecible por toda empresa para competir en un mundo globalizado.

Al realizar este estudio se pretende crear un sembrador robótico que siembre en terrenos ya preparados un tipo de tubérculo que en la actualidad tiene un mayor alcance de exportación, por ende, ayudar a los pequeños agricultores que son la parte principal en el desarrollo del país. Con el estudio se espera obtener unos resultados que disminuya el tiempo y esfuerzo que lleva esta fase de siembra para los agricultores, además se prevé tener presente cuantas semillas fueron sembradas en dicha área, debido a que el prototipo constará con un sensor de infrarrojo que puede realizar esta acción.

Mediante investigaciones realizadas se pudo verificar que existe un bajo porcentaje de dispositivos tecnológicos que ayuden a los agricultores de la papa, por lo cual al desarrollar este tipo de proyecto se trata de ayudar al cultivador a sembrar de una manera más tecnificada. El robot tiene la capacidad de soltar la semilla de la tolva cada cierta distancia en el modo automático, así como el modo manual.

Es por ello que el sembrador robótico se pretende crear mediante tres fases: la primera es la parte mecánica, la segunda la electrónica y por último programar la aplicación y los controladores con sus respectivos sensores.

La primera fase de la parte mecánica se utilizó varillas y tubos cuadrados de una pulgada, dando forma al chasis y la base donde se instalará toda la parte electrónica y sus 4 ruedas. Del mismo modo se utilizará láminas de tool de 2mm para crear la tolva que tiene la dimensión de 50cm de ancho, 75cm de largo y 60cm de profundidad, cumpliendo con la capacidad de almacenar los 25 kg de papa con dimensiones de 4 a 6 cm.

En la segunda fase se realizó toda la conexión eléctrica de Arduino con su respectivo sensor de infrarrojo y actuadores, de la misma forma se colocó los neumáticos con sus respectivos motores en las bases anteriormente construida, además ejecutar el enlace de la fuente de electricidad dando la alimentación a todo el circuito.

En la tercera fase se dedicó a la programación en el controlador y los sensores respectivos, todo esto mediante el ID de Arduino, además en la misma fase se diseñó la aplicación para el manejo del prototipo mediante Marvel App y para el desarrollo del código mediante Android Studio.

El sembrador agrícola se realizó con dos modos de trabajo:

Automático: Este modo permite al agricultor realizar una siembra automática, es por ello que el usuario debe ingresar en la aplicación los datos correctos como la distancia del surco y la semilla. Gracias a los motores E-board se puede reducir el tiempo de siembra que se realice en un surco de 4mt en un tiempo estimado de 60 segundos.

Manual: El modo manual está diseñado para los terrenos que presentan ciertos defectos, como la elaboración incorrecta de surcos y el estado de la tierra. Por lo que permite al operario guiar al sembrador por rutas alternas, evadiendo los obstáculos, baches y terrones que impidan realizar el trabajo, de la misma forma puede aumentar o reducir la profundidad del sembrío considerando los obstáculos que se encuentren presentes.

La aplicación del sembrador cuenta con tres pantallas diferentes y sus respectivos mandos para el control del prototipo. En la pantalla principal se puede encontrar con los botones básicos como: adelante, atrás, izquierda y derecha para

dirigir el sembrador al punto de partida y los dos botones para seleccionar los modos de siembra que son:

Modo automático:

- Ingreso de las dimensiones de los surcos
- Ingreso de la distancia de semilla
- Iniciar el proceso de siembra
- Cancelar el proceso
- Estado de la batería
- Número de papas sembradas

Estos ítems se pueden apreciar en la segunda pantalla de la aplicación móvil que permite trabajar de forma automática.

Modo manual:

- Botones básicos de atrás, adelante, izquierda y derecha
- Abrir la tolva
- Estado de la batería
- Número de papas sembradas

Los ítems anteriormente mencionados se pueden apreciar en la tercera pantalla del dispositivo móvil de acuerdo al modo de trabajo que se esté ejecutando en su momento como el porcentaje de la batería, el número de tubérculos sembrados, entre otros.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** Un terreno preparado de 200 m², el mismo que está ubicado en la provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, sector San Javier en el Campus Deportivo San Felipe Neri.
- **Tiempo:** El proceso que llevó a cabo para la elaboración del prototipo y el estudio tuvo una duración de 9 meses desde octubre del 2021 hasta julio del 2022.
- **Población:** El proyecto está dirigido para los pequeños y grandes agricultores que realicen la siembra, cultivo y cosecha de la papa.

1.5 Objetivo general

Construir un sembrador robótico por medio de procesos electromecánicos que permita llevar a cabo la fase de siembra de la papa controlada de forma automática y manual.

1.6 Objetivos específicos

- Identificar las necesidades que presentan los agricultores de papa en la fase de la siembra mediante entrevistas que permita la recolección de los requerimientos.
- Elaborar un prototipo adecuado mediante la metodología de diseño de sistemas robóticos y XP que cumplan las necesidades del agricultor.
- Diseñar una aplicación móvil mediante el lenguaje de programación Android Studio y Marvel App que permita controlar el sembrador robótico en base a los dos modos de trabajo.
- Evaluar el cumplimiento de los requerimientos del sembrador de papas mediante pruebas de integración para la verificación del correcto funcionamiento en un área de 200 m².

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Desde los principios del siglo XX varias industrias de la robótica a nivel mundial han ido evolucionando. No obstante, en el sector agrícola han contribuido a un mejor desarrollo dejando atrás los métodos tradicionales. En Israel los Ingenieros Dror Erez y Eyal Udassin crearon un robot agrícola terrestre con el objetivo de trabajar en invernaderos específicamente en la recolecta de tomates y otros productos hortícolas. El robot mapea, maniobra y navega por cualquier invernadero de forma independiente, además tiene la capacidad de recopilar y transmitir datos sobre el rendimiento y potenciales enfermedades que presenten en dicho cultivo (Martínez D. , 2020). Es por ello que los robots terrestres son altamente considerados y aplicados en la agricultura por su gran desempeño que realizan.

Otro proyecto a nivel internacional fue desarrollado en la Universidad Politécnica de Madrid donde el autor Manchado (2019) desarrolló un brazo robot para la caracterización y el tratamiento de las plantas en agricultura de precisión, el mismo que puede posicionarse alrededor de las vegetaciones para determinar su estado, además está compuesto por una cámara multiespectral para obtener una reconstrucción en 3D. El objetivo fue que el robot sea capaz de ejecutar trayectorias esquivando la forma de las plantas obtenidas mediante un escáner laser, mediante el estudio se realizó las pruebas de funcionamiento en la cual constaba que se puede fijar de forma inicial el robot más lejana o próxima a la planta y a partir de esta recorre la trayectoria circular, ejecutando con éxito el recorrido en el entorno virtual de Unity. Es necesario contar con este tipo de tecnología que facilita el trabajo a las personas de tal manera que evita gastos, ya que mediante estos robots se puede predecir los tipos de enfermedades que carecen las plantas.

En Colombia en la Fundación Universitaria Compensar de la facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones, desarrollaron un prototipo sembrador de semillas y además que controle la temperatura y humedad, la investigación nace con el fin de resolver diferentes situaciones que atraviesan el sector agrícola. El proyecto antes mencionado fue elaborado mediante una metodología de enfoque mixto el mismo que permite establecer un balance entre la perspectiva cuantitativa y cualitativa, una vez creado el prototipo realizaron las pruebas de transmisión, recepción, almacenamiento y visualización de la temperatura, con el fin de corregir los errores los mismos que fueron tomados en cuenta para la aplicación donde se obtuvo con éxito los requerimientos establecidos (González, Vera, Arévalo, & Antolínez, 2021). La humedad y la temperatura son factores claves en la agricultura que permite mantener monitoreado el estado del cultivo, además contar con tecnologías que elabore el proceso de siembra ayuda a los agricultores a disminuir el tiempo que lleva la fase de plantación.

La Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE) del departamento de Energía y Mecánica de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica elaboró un prototipo de robot para el sembrío de semillas para leguminosas, teniendo como la principal problemática que en varios sectores se implementan maquinaria pesada la misma que muchos no tienen acceso, por cual se buscó implementar en estos sitios los cuales se realizaron las pruebas en terrenos menos lisos y con mayores obstáculos, con el objetivo de comprobar la capacidad y la resistencia, consiguiendo como resultado que el robot puede adaptarse a terrenos hostiles logrando caminar en terrenos menos lizo de tal manera que se pudo comprobar que supero las pruebas realizadas justificando el proyecto propuesto (Díaz R. , 2018). En la actualidad varios son los prototipos que se estudian y en ocasiones se implementan en el

campo de la agricultura, teniendo en consideración varios aspectos que permite al usuario informar sobre el proceso del cultivo.

La papa es un producto que tiene mayor exportación por grandes y pequeños productores, de tal manera que en varias ocasiones no sea lo suficiente en su abastecimiento, ya sea por varios factores que perjudican su producción, uno de ellos es el tiempo en que tardan los agricultores para su sembrío. En consecuencia, la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de la Facultad de Informática y Electrónica implementaron un prototipo de robot sembrador de papa, el mismo que se elaboró en dos etapas, la primera en la construcción del soporte utilizando metal y láminas de tool y el segundo en las conexiones eléctricas de los controladores, actuadores entre otros, mediante las pruebas realizadas como la de estabilidad, trayectoria y desvío de trayectoria se constató que el prototipo pudo superar los objetivos de los requerimientos como el de disminuir el esfuerzo y tiempo al realizar el proceso de siembra (González & Carrillo, 2019). La construcción del modelo ha permitido que los agricultores puedan tener la confiabilidad en la adquisición del mismo, para así pasar sus siembras de lo tradicional a lo automatizado.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Tipos de robots

Los robots están clasificados de diferentes formas el cual se puede describir en distintas generaciones y tipos. Castillo (2018) menciona sobre la aparición de los robots se dio en el año de 1969 donde Víctor Scheinmann desarrollo el primer brazo robótico, el cual fue considerado la primera máquina controlada por la inteligencia artificial. A partir de ello se construyeron varios prototipos que al pasar los años fue incrementando su inteligencia.

La clasificación se puede dar de varias formas, una clasificación por tipos, puede estar dado de la siguiente forma:

2.2.1.1 Androides y zoomórficos

Estos robots se denominan androides lo cual ya llevan varios años en construcción y a su vez van evolucionando, la idea principal es construir prototipos de forma humanoide y animal, donde se pueda generar movimientos similares a las personas están destinados fundamentalmente para los estudios y experimentos, el campo importante de conseguir es el equilibrio que deben mantener al andar y subir escaleras (Robótica, 2018) (Ver Figura 1).

2.2.1.2 Móviles

Los robots móviles están contruidos de ruedas u orugas el cual les permiten desplazarse en función de su programación y de la información que reciben. Estos pueden estar formados por diferentes sensores el mismo que le permite captar información. Son empleados en diferentes instalaciones industriales, sobre todo para el transporte de mercancías en cadena de producción y almacenes, además de ello son utilizados para la investigación de lugares de difícil acceso como puede ser el caso de una exploración espacial. Otro uso importante se da en la agricultura el cual tiene las condiciones específicas para el trabajo duro en diferentes tipos de suelo (Robótica, 2018) (Ver Figura 2).

Es por ello que en el actual proyecto se creó un robot de tipo móvil terrestre, el cual permite realizar las labores de siembra de los tubérculos de forma automática o manual, el mismo que se desplaza mediante cuatro ruedas que permite mantener la estabilidad durante el trabajo que es asignado.

2.2.2 Robot eliminador de maleza

Weed Whacked de Odd.Bot, es un robot de origen holandés pequeño alimentado por baterías que cuenta con sensores y cámaras que sirve para guiarse, su mecanismo está diseñado en el centro del robot que se extiende hacia la parte superior como una licuadora retráctil con lo cual puede extraer las malas hierbas y a su vez poder triturar hasta sus raíces mientras permanece en movimiento (Espinoza, Juárez, Mota, & Romantchik, 2021). Este tipo de tecnología es de mucha aportación para los grandes y pequeños agricultores, lo cual permite mantener controlado el estado de la maleza que afecta a los cultivos (Ver Figura 3).

2.2.3 Robot fumigador

Un grupo de investigadores de la Universidad de Sydney en Australia desarrollaron un robot autónomo denominado Ladybird. El prototipo está dirigido para las aplicaciones de monitoreo, control e intervención, el mismo que cuenta con diferentes sensores y cámaras que designan el color y la forma en 3D. Además, el robot cuenta con un brazo manipulador el cual puede intervenir en la maleza, cosecha y la labor de la fumigación, la energía es suministrada mediante paneles solares que capta la energía el cual suministra a las baterías (Crisostomo, 2020). El uso de paneles solares en este tipo de tecnología es importante, el mismo que mantiene median una energía renovable que aporta al medio ambiente, además de ellos provee una carga automática a las baterías mientras el prototipo está en movimiento (Ver Figura 4).

2.2.4 Preparación del suelo

Sin duda alguna la preparación del suelo es la base importante para poder cultivar todo tipo de hortalizas. Un análisis del suelo es importante antes de

preparar la tierra ya que mediante ello se podrá obtener las características que presenta en el área. El Instituto de Investigaciones Agropecuarias recomienda que la preparación del suelo debe realizarse con una anticipación de un mes aproximado antes de la siembra, con el objetivo a que se descomponga los desechos de la siembra anterior, además favorece a estimular el crecimiento anticipada de la maleza. Los surcos son muy importantes y deben ser realizadas de acuerdo al área geográfica de dicho lugar, esto con el objetivo que en temporadas de sequía trate de retener la humedad necesaria (Kramm, 2017). Estas recomendaciones son importantes al tener en cuenta, ya que evitara perdidas del cultivo por no conocer los parámetros necesarios.

Un estudio desarrollado en la Universidad Técnica de Ambato de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, donde efectuaron la preparación del suelo mediante un tractor perteneciente a aquella Facultad, además de ello almacenaron los restos de residuos con el objetivo que no obstaculice en la formación de los surcos, para la formación de los mismos utilizaron palas dando una forma de 30 cm de alto de tal manera que resulte fácil para el riego del agua (Romero, 2019). Estos métodos son utilizados por la mayoría de agricultores resultando favorable y un ahorro de tiempo para su próxima fase, además de ello representa un gran apoyo en la preparación del suelo.

2.2.5 Proceso de siembra

Para realizar el proceso de la siembra es necesario utilizar semilla certificada, ya que la calidad es un factor que garantiza al agricultor en obtener buenos resultados. Los agricultores de la papa en las comunidades aimaras del altiplano, Puno realizan la siembra del tubérculo en una temperatura de 9 a 11°C, además el PH debe de ser entre 5 a 6, los cultivos deben estar en zonas fueras donde existe heladas y

granizas, el método que más utilizan consiste en colocar las semillas en los surcos de acuerdo a la distancia requerida (Inquilla & Apaza, 2021). Este método es el más utilizado por los agricultores, a pesar de ello varios agricultores no toman en cuenta el clima lo cual en un futuro afecta en la pérdida de sus cultivos.

2.2.6 Elección de la semilla del tubérculo

El proceso de selección de la semilla es una clave importante que en lo posterior representa buenos resultados en los cultivos de tal manera que la semilla sea certificada que permita mantener una generación tras otra, es por ello que el almacenamiento es importante. Rivadeneira et.al (2021) el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias en su ficha técnica de la variedad de la papa recomienda para tener una buena selección de semilla es importante su almacenamiento en una bodega limpia, buena ventilación, luz difusa y una temperatura entre 4°C y 10°C. Además, las papas deben estar secas, sanas y libre del polvo, esto con el objetivo de mantener libre de plagas y polillas. Una práctica que realizan de forma ancestral es que para obtener una semilla sofisticada mantienen los tubérculos en los lotes por un tiempo determinado, de tal manera que ciertas plagas no afectan en este lapso de preparar la semilla.

Los tubérculos, que serán utilizados como semilla de preferencia deben ser almacenados en una bodega limpia, con buena ventilación, con luz difusa y con un rango de temperatura entre 4°C y 10°C. Los tubérculos deberán estar secos, sanos y libres de tierra. El almacenamiento del tubérculo-semilla puede ser en jabs de plástico, de madera o sacos ralos. Si se usan sacos ralos, hay que cuidar de no apilarlos, debido que se crea un microclima que incrementa la temperatura y humedad lo cual puede provocar la pudrición de los tubérculos y dominancia apical con brotes largos y blanquecinos.

2.2.7 Tipos de siembra

Pequeños y grandes agricultores realizan diferentes tipos de siembra dependiendo del factor económico que poseen. González y Carrillo (2019) en su trabajo de titulación resalta dos tipos de sembrado: manual realizan de forma tradicional abriendo los surcos mediante una herramienta (azadón) o tracción animal, luego proceden a ubicar la semilla en los surcos realizados para luego proceder a taparlos con la misma herramienta. Mecanizado este tipo de siembra por lo general realizan los grandes agricultores que tengan acceso a estas máquinas, las mismas que realizan los surcos, depositan la semilla y al final taparlas. Este tipo de máquinas ahorra la parte económica en la mano de obra, además, perfecciona la siembra. Mediante estos dos tipos se puede realizar la fase de siembra, sin embargo, la parte mecánica siempre llevará una gran ventaja que representa a los agricultores.

2.2.8 Rendimiento de la papa

El rendimiento de la papa en el país está en aumento consecutivamente, en el informe de rendimientos objetivos de papa en el Ecuador del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) (2019) refleja un rendimiento de productividad a nivel nacional, los resultados obtenidos exhiben un rendimiento de 16.28 toneladas por hectárea. Este resultado fue obtenido por el uso mayoritario de una semilla mejorada llamada “Superchola” con una capacidad de 19,687 plantas por hectárea y aplicación de dos tubérculos por sitio de siembra que llega acopiar de 10 a 25 quintales por hectárea. Este tipo de tubérculo ha permitido incrementar la producción de los agricultores dando confianza en este tipo de papa además asegura su economía.

2.2.9 Lenguajes de programación

Los lenguajes de programación se han desarrollado como una herramienta básica para crear nuevos sistemas de datos de gran utilidad para las organizaciones. Es por ello, que los lenguajes ofrecen servicios que permiten crear nuevas aplicaciones, lo cual es beneficioso para la empresa. Chacón (2021) menciona que la popularidad de la programación funcional ha crecido en los últimos años debido a sus principales ventajas a la hora de construir software: reducción de errores, manejo eficiente de datos en entornos concurrentes que deben escalar y un gran respaldo teórico. Los lenguajes de programación presentan grandes ventajas en la actualidad lo cual ha permitido realizar diferentes proyectos, como se presenta en este caso la creación del sembrador robótico que mediante los lenguajes de programación se realizó la codificación del prototipo y la aplicación para el control del mismo.

2.2.10 Android Studio

Android Studio es el entorno de desarrollo integrado (IDE), fue presentado en 2013 por los desarrolladores de Google es un software que está diseñado para el desarrollo de aplicaciones para Android y está basado en IntelliJ, además posee librerías o paquetes externos que facilita a los programadores, para poder utilizar el software se necesita Java que es el lenguaje para programar, entorno de desarrollo y librerías (Luján, 2019). El uso del software es indispensable en el proyecto, ya que, mediante ella, se podrá desarrollar la aplicación móvil que permitirá tener los controles del sembrador.

La estructura que maneja el sistema operativo Android está compuesta por lenguajes de programación como Java y Kotlin, además poseen bibliotecas escritas en C lo cual permite un manejo completo en la programación. Actualmente se

considera Android Studio como entorno oficial en la ejecución de diferentes dispositivos, de la misma manera presentan herramientas necesarias para la depuración de la memoria y un análisis del rendimiento del software (Porrás, 2018). Android presenta grandes ventajas como sus actualizaciones constantes que permite al usuario agregar diferentes formas en el estilo de la aplicación. Es por ello que se utilizó la versión Arctic Fox // 2020.3.1 que cuenta con Kotlin y Java permitiendo una facilidad al realizar la programación.

2.2.11 IDE Arduino

Los programas de Arduino son combinados por ficheros con extensión “ino”, el software Arduino (IDE) de código abierto facilita la escritura de textos y su carga en diferentes placas. IDE de Arduino es un entorno de programación que ha sido ejecutado como un editor de códigos, además consiente en compilar y generar un entorno grafico para una mejor comprensión (Ledesma, Cardoso, & Torres, 2019). Una vez descargado el software permite conectar diferentes tarjetas como: Arduino Uno, Nano, Mega, entre otros, además el software facilita programar el controlador que se utilizará en el proyecto propuesto.

El ID de Arduino está dirigido al desarrollo de prototipos mediante software y hardware que consta con componentes compatibles para enlazarlos a un sistema. González y García (2018) mencionan que Arduino es un hardware de código abierto, programable a través de una plataforma de software propio, donde los contenidos creados por los usuarios se pueden compartir en una comunidad global, además esta tecnología se la conoce como Open Source, es decir se trata de un implemento con acceso libre ya que puede ser utilizado en cualquier proyecto sin la necesidad de contar con alguna licencia que impida su funcionamiento.

2.2.12 Arduino

Para proyectos de automatización, robótica entre otros, por lo general se utiliza un controlador que permita facilitar las tareas de dicho proyecto. Arduino fue creado en Italia en el instituto IVRAE en 2005 y está basado en InteliJ IDEA, lo cual ha evolucionado agregando más componentes a la placa lo cual aumenta la velocidad del procesador, la ventaja es que no se necesita conocimientos avanzados de electrónica ni programación, ya que cuenta con gran cantidad de librerías que posee dicho software, facilitando al usuario a crear dicho proyecto (Gamboa, Sánchez, & Ordóñez, 2017). Esta placa es muy utilizada por las personas que desean desarrollar trabajos en robótica, de tal manera que es de gran importancia el uso en el actual proyecto.

Existen diferentes placas de Arduino entre las más comunes son: el Mega 2560, Nano y Uno R3 cada uno cuenta con un procesador diferente donde se utiliza según la magnitud del proyecto. Estos controladores pasan a ser el corazón del proyecto ya que básicamente es un ordenador programable y se ejecuta a través de los circuitos e interfaces según las líneas de código que se dan en la programación (Cueto, 2017). Es por ello que para el actual proyecto se utilizó el Arduino Mega 2560, el mismo que cuenta con una variedad de pines que permite realizar la conexión en mayor escala.

2.2.13 Motores Turnigy Aerodrive SK3

Los robots terrestres son utilizados la mayor parte en el sector agrícola, por lo que es necesario contar con una fuerza que permita realizar las labores a las que están dirigidos. Los motores Turnigy SK3 tienen la capacidad y la fuerza motriz para realizar el trabajo requerido, con una potencia máxima de 1350W y con 500 kV revolución por minuto RPM, desarrollan su trabajo sin ningún problema

(Manobanda, 2018). Con la aplicación de estos motores se pretende alcanzar un peso de 50 Kg y una velocidad aproximada de 10 k/h, de tal manera que cumpla con los requisitos que solicita el actual proyecto.

Una de las características que presentan los motores es que cuentan con cojinetes blindados e imanes de neodimio sintetizado y un estator resistente al impacto, debido a estas características se necesita alrededor de 16 A. para realizar su funcionamiento en todo el estado posible, además pude incorporar ESCs hobbywing de 40 A. lo cual representa un mayor número en cuanto a la potencia del motor (Losada, 2021). Es por ello que en la instalación se debe tener en cuenta los amperajes (A) que proporciona las baterías a ser instaladas, ya que por medio de ellos se podrá tener una mayor fuerza en el torque.

2.2.14 Motor DC

En la actualidad existen grandes contaminaciones que expulsan los gases tóxicos de los motores de combustión. Es por ello que se considera el uso de los motores de corriente continua (DC), estos motores están diseñados para convertir energía eléctrica en mecánica, todo esto sucede mediante magnetismo que concurre entre dos polos que son las regiones donde se concentran las líneas de fuerza de un imán, el mismo que realiza el funcionamiento entre la fuerza de atracción y repulsión que preexiste entre los polos (Patiño, 2018). Con la implementación de estos motores se podrá controlar y automatizar el paso de las papas de la tolva que tiene la capacidad de almacenar los 50kg.

Los motores DC son actuadores eléctricos la cual está formado principalmente por un rotor o armadura, por ende, el uso de estos actuadores tiene una facilidad de examinar la velocidad que jira los rotores, usualmente requieren la incorporación de sensores mecánicos con el fin de conocer la posición del rotor y de la misma

forma calcular su rapidez para determinar las acciones necesarias de control. Palacios (2017) indica que para medir los estados de las variables tuvieron que realizar un modelo matemático y así controlar la posición angular en el lado del motor. Para diseñar estos controladores realizaron la identificación del sistema ya que este método constaba de ejes del motor con dos masas la cual está conectadas entre sí mediante una banda que transfiere desde el torque.

2.2.15 Sensor infrarrojo

Normalmente los sensores son utilizados para detectar el movimiento de algún objeto, produciendo una señal que envía a un controlador para tomar las decisiones. El sensor infrarrojo es un dispositivo que permite medir la radiación electromagnética infrarroja de los objetos en todo su alcance de visión, además puede realizar la detección en diferentes formas, tipos de suelos y colores, incluso tiene la capacidad de trabajar en condiciones ambientales extremas (Aguilera, Gilces, Rosero, & Villavicencio, 2020). Para realizar el conteo específico del tubérculo es necesario utilizar este tipo de sensor, teniendo en cuenta que el agricultor pueda llevar una cuenta exacta de las papas que han sido sembradas en dicha área.

Los sensores infrarrojos son dispositivos optoelectrónicos capaces de poder medir la radiación electromagnética de las cosas, son utilizados principalmente para controlar la temperatura y detectar objetos. Fernández et al. (2019) manifestaron que estos mecanismos se crearon especialmente para la detección, clasificación y posicionamiento de los cuerpos además de determinar las diferencias de superficie. Este mecanismo ofrece determinar el grado de la radiación infrarroja por ende tiene la característica de atravesar cualquier cosa no

importando el nivel de su grosor, son empleados en el control climático debido a que cuentan con un ahorro de energía alargando la vida útil del circuito interno.

2.2.16 Módulo de bluetooth HC-05

Los módulos bluetooth HC - 05 permite conectar proyectos con Arduino y varios conectores móvil o pc de una forma inalámbrica con una facilidad de operación de un puerto serial. La comunicación se da entre dos tipos dispositivos es decir un maestro y un esclavo, el cual está preparado para escuchar peticiones de conexión. Mucientes (2021) expresa que el módulo HC - 05 mediante declaraciones de serie a través de los hilos TX y RX lo cual permitió crear la interacción con el dispositivo robótico ya que estos van estar controlados por un microcontrolador y por ende se va a informar con el entorno del software diseñado para el paciente. Mediante este tipo de investigaciones tecnológicas realizan aporta en todo tipo de áreas gracias a estos pequeños circuitos que funcionan a gran escala.

Las conexiones inalámbricas permiten tener un mejor manejo y comodidad al momento de operar cualquier dispositivo electrónico. Un ejemplar de estos dispositivos es el módulo de bluetooth HC - 12 que permite realizar conexiones inalámbrica de hasta 1000mt en espacios abierto con una transmisión de 5000bps en el aire, este dispositivo está incorporado con un rango de frecuencia de trabajo hasta 473.0MHz en 10 canales de comunicación, todo esto es posible por su potencia de transmisión de 100mW (20dBm) (Yauri, 2018). Este tipo de conector es importante ya que representa una distancia considerable para realizar las conexiones, lo cual permitiría al agricultor alejarse la distancia considerable manejando del dispositivo sin ningún problema.

2.2.17 Baterías li-ion

Las baterías son la parte fundamental en distribuir corriente a todo el circuito, de tal forma que mantiene activo y en operación los dispositivos electrónicos. Las batería li-ion también conocidas como batería de iones de litio son dispositivos de dos o tres celdas, que permite almacenar energía eléctrica, convirtiendo los iones necesarios para la electroquímica reversible que tiene lugar entre el cátodo y el ánodo, presentan propiedades de alta dureza, su capacidad energética y resistencia a la descarga, sin embargo su rápida degradación que es sensible a elevadas temperaturas que puede resultar dañino llegando a causar inflamación y posiblemente a la destrucción (Quintero, Che, Ching, Auciello, & Obaldia, 2021). Con la implementación de este tipo de baterías se espera tener un lapso apropiado de tiempo que permita al agricultor a maniobrar por varias horas consecutivas.

2.2.18 Placa de circuito impreso o PCB

Las placas PBC son imprimidas de acuerdo al circuito que se quiere manejar, es decir son aquellos que hacen funcionar a los equipos electrónicos. Martín (2017) afirma que una placa de circuito impreso es una forma de realizar el cableado utilizado en la electrónica para realizar las conexiones eléctricas entre sus componentes el cual se ejecuta mediante pistas de cobre que esta impresa en una placa aislante que queda basada de fibra de vidrio y baquelita. Es por ello que en el proyecto se utilizó el tipo de circuitos antes mencionado el mismo que está construido con los siguientes componentes: mosfet, resistencias, relay, capacitores, reductores de corriente entre otros. El cual permite que mediante esta placa se garantiza el funcionamiento del prototipo.

2.2.19 Convertidores de corriente

Los convertidores de corriente (CC) están diseñados para cambiar la corriente de un voltaje a otro diferente de corriente continua. Su función se basa principalmente en la reducción de voltaje para efectuar otro con un valor distinto, se debe tener en cuenta cuando los cableados son de larga distancia es recomendable aumentar la tensión es decir de 24v a 48v, esto genere que no produzca caídas de tensión lo cual perjudica en un proyecto (Basekga, 2019). Es por ello que se tiene en cuenta a usar los convertidores adecuados, ya que el sembrador será alimentado por corriente de 24v y varios componentes funcionan con un voltaje de 5v.

Por lo general un convertidor de corriente es un dispositivo electrónico que se lo emplea para poder transformar los voltajes de corriente continua (CC) en corriente alterna (CA) de modo que la potencia sea la misma que se encuentra en los enchufes. Romano (2019) afirma que estos mecanismos son unos de los convertidores más usados para fines de cuestión energética, ya que contiene múltiples ventajas, es muy útil y funcional al tratarse de algo que manipula amperios. La misión de este artefacto es capaz de elevar la carga de baterías a índices muy altos y de forma precisa, por otro lado, para poder utilizarlo de una manera correcta es necesario leer el manual, evitando malos usos y prevenir fallos en el mismo.

2.2.20 Ruedas de goma

Las ruedas son la parte fundamental donde recae todo el peso que lleve el sembrador robótico, es por ello que se utilizará las ruedas de goma de 120mm que tiene la capacidad de cargar hasta 55kg el cual permite que sea apto a utilizar en el actual proyecto.

2.2.21 Jumpers M-H y M-M

Los cables jumpers son utilizados principalmente en la elaboración de prototipos mediante puentes que alimenta el circuito. Aliverti (2019) menciona que es un cable que contiene conectores diferentes en sus vértices el cual facilita realizar las conexiones y de la misma manera desconectar de la base si así lo requiere, al ser prácticos con placas protoboard se puede realizar pruebas antes de asegurar su conexión. Este tipo de cables son hábiles para realizar el prototipo ya que varios sensores son creados de fábrica con las especificaciones de los jumpers, ya sea este macho o hembra, el cual permite facilitar las conexiones de mejor forma.

Los cables Jumpers proporcionan una facilidad de uso y esto hace que se pueda construir los circuitos en la placa además estos son flexibles con ambos extremos para una fácil conexión a un protoboard, también los jumpers contienen sockets o pines y son conocidos como cables hembra o macho. Pazmiño (2019) afirma que es un tipo de socket rectangular flexible que a su vez tiene adentro dos o más sockets metálicos y sirven para cerrar circuito eléctrico del que forma partes de dos enlaces de igual manera se utiliza para configurar el funcionamiento de tarjetas en cualquier proyecto que se requiera desarrollar.

2.2.22 Modulo Relay de 4 canales

Los módulos Relay que contienen 4 canales generalmente son de alta capacidad debido a que son fabricados por Songle, los cuáles son capaces de soportar cargas de hasta 250 V. Landacay y León (2021) afirmaron que es un dispositivo que se usa para generar el control de cargas, es decir, regular la intensidad de corriente circulante en un circuito, las potencias generadas por los componentes son administradas por este mecanismo. El paso del voltaje eléctrico en las placas es fundamental al momento de hacer funcionar una estructura que comprenden

compuertas lógicas, la misma que están integradas en los materiales de energía, es por ello que al usar este módulo se puede obtener resultados positivos y cuidados en la parte conmutada de cada complemento de hardware.

2.2.23 Materiales de construcción y acabado

Los prototipos destinados para el trabajo duro y estable son de tipo móvil, es por ello que se creó un ejemplar de tipo móvil terrestre que permite realizar el desplazamiento mediante ruedas por medio de comandos enviados desde un dispositivo móvil mediante bluetooth. La estructura y base del prototipo está construido por medio de tubo cuadrado de hierro y láminas de tool los mismos que son unidos por medio de electrodos, asegurando así de una mejor manera el ensamblado, además para el acabado se utilizara pintura negra que es preparado por tiñer, para proteger las partes de hierro ante el óxido.

2.3 Marco legal

2.3.1 Acuerdo del Senescyt - 2018 - 040

La constitución de la Republica del Ecuador es la norma máxima en el ordenamiento jurídico del cual representa todas las leyes. Por ende, todo está sujeto a las ordenanzas del estado, de tal manera Barrera (2018) establece que en base a los estudios científicos y tecnológicos se considera los siguientes artículos:

Art. 350 establece que: El sistema de educación superior tiene como finalidad la formación académica y profesional con visión científica y humanista; la investigación científica y tecnológica; la innovación, promoción, desarrollo y difusión de los saberes y las culturas; la construcción de soluciones para los problemas del país, en relación con los objetivos del régimen de desarrollo (p.1).

En los numerales 2 y 4 del Art. 387 establecen como responsabilidades del Estado: Promover la generación y producción de conocimiento, fomentar la investigación tecnológica, y potenciar los saberes ancestrales, para así contribuir a la realización del buen vivir y garantizar la libertad de creación e investigación en el marco del respeto a la ética, la naturaleza, el ambiente, y el rescate de los conocimientos ancestrales (p.2).

Con el respaldo de los dos artículos mencionados anteriormente se puede realizar las investigaciones y construcción de nuevos elementos tecnológicos que aporten a la sociedad y respetando el medio ambiente.

2.3.2 Software libre en Ecuador

En base a la utilización de software libre en la administración pública, en decreto ejecutivo 1014 menciona el ex presidente de la República del Ecuador Correa (2009) los siguientes artículos:

Art. 1: Establecer como política pública para las entidades de Administración Pública Central la utilización del software libre en sus sistemas y equipamientos informáticos (p.24).

Art. 2: Se entiende por software libre, a los programas de computación que se pueden utilizar y distribuir sin restricción alguna, que permitan el acceso a los códigos fuentes y que sus aplicaciones puedan ser mejoradas. Estos programas de computación tienen las siguientes libertades (p.24):

- Utilización de programa con cualquier propósito de uso común.
- Distribución de copias sin restricción alguna.
- Estudio y modificación de programa (Requisito: código fuente disponible).
- Publicación del programa mejorado (Requisito: código fuente disponible).

Art. 4.- Se faculta la utilización de software propietario (no libre) únicamente cuando no exista una solución de software libre que supla las necesidades requeridas, o cuando esté en riesgo la seguridad nacional, o cuando el proyecto informático se encuentre en un punto de no retorno (p.25).

Es de vital importancia conocer los artículos sobre la utilización de software en nuestro país, puesto que en un futuro se evita sanciones legales por el mal uso, de esta manera se tiene la libertad de usar los softwares que se requiere en el proyecto.

2.3.3 Ley de la propiedad intelectual

El actual proyecto no es de implementación en una empresa, pero si se diera el caso hay que saber que existen artículos que respaldan al autor y son de gran importancia.

Art. 8. La protección del derecho de autor recae sobre todas las obras del ingenio, en el ámbito literario o artístico, cualquiera que sea su género, forma de expresión, mérito o finalidad. Los derechos reconocidos por el presente título son independientes de la propiedad del objeto material en el cual está incorporada la obra y su goce o ejercicio no están supeditados al requisito del registro o al cumplimiento de cualquier otra formalidad como lo menciona en la (Ley de Propiedad Intelectual, 2008, p. 6).

Mediante el artículo 8 de la Ley de Propiedad Intelectual garantiza que nuestros documentos realizados no puedan ser plagiados para el uso ilegal, es por ello que para el actual proyecto se está realizando en base a los conocimientos e investigaciones de artículos científicos, citando a los autores de diferentes estudios llegando así a cumplir la ley que establece.

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

3.1.1.1 *Descriptiva*

Se realizó una investigación que específicamente lleve a obtener información valiosa que pueda permitir el desarrollo del sembrador, es por ello que se realizó encuestas y entrevistas dirigidas a los agricultores y personal técnico de la papa, donde se obtuvo resultados descritos en la problemática del proyecto y sobre todo los requerimientos que debe cumplir al momento de realizar las pruebas del robot.

3.1.1.2 *Aplicada*

A demás de la investigación descriptiva se realizó una indagación más a fondo, mediante la investigación aplicada donde se busca obtener los conocimientos prácticos que realizan los agricultores de la papa en la fase de la siembra, es por ello que se utilizó un formulario de preguntas que permita obtener la información necesaria para construir el sembrador robótico.

3.1.2 Diseño de investigación

El proyecto tiene como objetivo general construir un sembrador robótico, por lo cual se considera que la investigación es no experimental, esto es porque se va elaborar una propuesta tecnológica que realiza procesos automáticos remplazando a los trabajadores el mismo que cumple con los requerimientos de los agricultores en la fase de la siembra de papa, por ende, se realizó diferentes pruebas y experimentos que establezcan los parámetros necesarios para el buen funcionamiento.

3.2 Metodología

Para la elaboración del proyecto se manejó dos diferentes metodologías que se detallan a continuación:

3.2.1 Metodología de diseño de sistemas robóticos

Se utilizó el diseño de sistemas robóticos el mismo que se tomó del libro titulado Guía Docente para el Diseño de Robots, donde enseñan los pasos a seguir para crear la solución automatizada presentando como ejemplo práctico en realizar el diseño de robot para piedra natural (Martínez & Sabater, 2012). Una vez ya teniendo en cuenta que el presente proyecto se trata de una tecnología que se debe manipular controladores, motores y circuitos electrónicos, se debe tener en cuenta los procesos que se va tomar al momento de crear el prototipo el mismo que está dividido en las siguientes fases:

3.2.1.1 Definición del problema: Diseño conceptual

En esta primera etapa se obtiene una solución al problema de diseño planteado a partir de requisitos y necesidades que se obtuvo mediante las entrevistas realizadas a los agricultores de la papa de tal manera se pudo obtener requerimientos importantes que aporta al proyecto. Es por ello que en esta fase se realizó el diseño del robot mediante el software Solid Works (Ver Figura 23).

3.2.1.2 Desarrollo de la solución I: Análisis cinemático

Esta fase se utilizó para evaluar los movimientos mecánicos de los motores que producen una aceleración finita, es por ello que se apostó a la prueba de los principales motores a utilizar en el actual proyecto el cual garantice el cumplimiento de los requisitos que son especificados por los agricultores y que fueron planteados en la problemática de tal manera que no presente dificultades en lo posterior (Tabla 25 y Tabla 26).

3.2.1.3 Desarrollo de la solución II: Análisis dinámico

Luego de evaluar los movimientos mecánicos de los motores, en esta fase se analizaron las fuerzas que posee cada uno de ellos, llevando a prueba con los pesos establecidos y en la superficie que va ser evaluada, garantizando así su buen funcionamiento y sobre todo cumpliendo con los estándares requeridos que fueron mencionados por los agricultores (Ver Tabla 27 y Tabla 28).

3.2.1.4 Validación de la solución: Diseño mecánico avanzada

En esta fase se ejecutó el diseño y construcción de la parte mecánica de acuerdo a lo establecido anteriormente, por medio de la soldadura con electrodos quedará compactado los tubos cuadrados de hierro dando así la forma del modelo requerido. Además, se realizó la conexión eléctrica de los circuitos con el Arduino, el sensor infrarrojo, motores y las baterías (Ver Figura 24).

3.2.2 Metodología XP o programación extrema

La metodología XP se considera como una disciplina para el desarrollo de software, el cual permite realizar de una forma fácil, ágil, eficiente y con una ventaja que representa bajo riesgo, esta técnica está basada en una serie de valores y prácticas que aporta en el objetivo de una manera productiva a la hora de desarrollar los programas (Reyes, 2021). Es por ello, que está basada en buenas prácticas de la programación la cual se basa en pruebas y errores para obtener un proyecto funcional.

Además, que la metodología XP es considerado por su ágil manejo y un rápido desarrollo para proyectos que trabajan individualmente. Cárdenas y Quimbíta (2017) afirma que la programación extrema o extreme programming por sus siglas en inglés (XP) es un conjunto de técnicas que brinda la agilidad y flexibilidad en la gestión de proyectos, está centrado en crear productos según las necesidades de

los clientes lo que involucra la participación durante la elaboración del proyecto. Por medio de esta metodología se podrá realizar la programación del controlador Arduino y la aplicación que controle el prototipo la misma que cuenta con las siguientes fases:

3.2.2.1 Planificación

En esta fase se revisó los detalles de cada proceso que conlleva a crear el proyecto en base a los requerimientos establecidos anteriormente, además con la ayuda del personal técnico de la papa se inspeccionó los parámetros que esté de acuerdo a lo solicitado (Ver Tabla 29).

3.2.2.2 Diseño

Mediante esta fase se realizó los bocetos de la aplicación por medio de Marvel App el cual se puede diseñar desde un dispositivo móvil (Ver Figura 25), de acuerdo a los casos de uso planteados (Ver Anexo 11).

3.2.2.3 Codificación

Luego del diseño y conexiones de los componentes electrónicos del prototipo, se ejecutó la programación del controlador Arduino mediante el ID, de igual forma se procederá con la codificación de la aplicación por medio del software Android Studio quien ayudará a controlar el sembrador de tubérculo.

3.2.2.4 Pruebas

En la última fase se realizó las pruebas de integración y aceptación, una vez terminado el sembrador robótico se efectuó las pruebas del mismo en un área preparada de 200 mt², con el objetivo de verificar el buen funcionamiento de los parámetros requeridos por los agricultores y a su vez corregir los errores que presenta dicho prototipo (Ver Anexo 15).

3.2.2.5 Documentación

Se realizó un manual de usuario y técnico donde podrán encontrar las indicaciones correctas, en el cual estará explicado paso a paso el funcionamiento del sembrador de tal manera que se garantice una manipulación correcta del robot (Ver Anexo 18 y Anexo 19).

3.2.3 Recolección de datos

3.2.3.1 Recursos

3.2.3.1.1 Recursos bibliográficos

Páginas web

Artículos científicos

Repositorios de tesis

Libros electrónicos

Google académico

Bibliotecas virtuales

3.2.3.1.2 Recursos humanos

Estudiante: Tenelema Morales Pablo Xavier

Docente guía: Ing. Roberto Cabezas

Agricultores y personal técnico de la papa

3.2.3.1.3 Materiales

Hojas A4

Libretas

Cuaderno

Bolígrafos

3.2.3.1.4 Recursos tecnológicos

Laptop DELL

Impresora

Celular

3.2.3.1.5 *Software*

ID Arduino

Android Studio

Solid Works

Marvel App

LiveWire

PCB Wizard

3.2.3.1.6 *Hardware*

Motor EBOARD SK3

Motor DC

Arduino mega 2560

Placa PBC

Módulo de bluetooth de largo alcance

Convertidor DC

Ruedas de 120 mm

Sensor infrarrojo

Jumper M-H, M-M

Batería Li-ion 12v

Cable eléctrico de 2.5mm

3.2.3.2 *Presupuesto*

Para la creación del prototipo se consideró varios puntos que se trabajó en conjunto como: la electrónica, mecánica industrial, diseño y programación. Es por ello que se realizó el proyecto con diferentes materiales mecánicos y electrónicos

donde lo más destacado son los dos motores Eboard Turnigy Aerodrive SK3, dos paneles solares, un Arduino Mega 2560, dos baterías Li-ion, entre otros (Ver Anexo 2).

3.2.3.3 Métodos y técnicas

Las técnicas que se aplicó en la investigación son mediante formularios de preguntas y entrevistas.

3.2.3.3.1 Entrevista

Se realizó una entrevista a un personal técnico de la papa con el objetivo de conocer los parámetros sobre la semilla y por ende la siembra del tubérculo, el cual permitió determinar los errores que son realizados frecuentemente por los agricultores, de tal manera que se logró conseguir resultados tecnificados que garanticen los parámetros a desarrollar en el sembrador robótico que solucione los diferentes problemas.

Mediante una visita a personal tecnificado de la agricultura en la zona 3 provincia de Chimborazo cantón Riobamba, se efectuó una entrevista de seis preguntas con respuestas abiertas a un Ingeniero agrónomo especializado en la producción de los tubérculos, con el objetivo de recopilar la información necesaria y confiable (Ver Anexo 3).

3.2.3.3.2 Formulario de preguntas

Las preguntas fueron de tipo abiertas el mismo que se realizó a diferentes agricultores, los cuales trabajan en este tipo de cultivo, con el objetivo de recopilar información sobre la siembra de la papa que permita establecer los problemas que enfrentan los horticultores al realizar esta fase (Ver Anexo 4).

3.2.3.3.3 Encuestas

En la zona 3 provincia de Chimborazo cantón Riobamba mediante investigaciones se pudo constatar el sector con mayor porcentaje de siembra del tubérculo, donde se acudió al lugar y se procedió a realizar las encuestas a 10 agricultores con 20 a 25 años de experiencia en la siembra de la papa, el mismo que cuenta con una cantidad de 10 preguntas que son de gran importancia ayudando con los parámetro que debe cumplir el sembrador robótico, las respuestas fueron de tipo abiertas y cerradas en escala de Likert donde se obtuvieron los siguientes porcentajes.

3.2.4 Análisis estadístico

La información examinada en el análisis estadístico se obtuvo realizando una investigación en la provincia de Chimborazo, donde se procedió a aplicar la entrevista y el formulario de preguntas.

Mediante una visita a un personal técnico especializado en la producción de la papa del cantón Riobamba, se efectuó una entrevista de seis preguntas con respuestas abiertas a un Ingeniero agrónomo especializado en la producción de los tubérculos, con el objetivo de recopilar la información necesaria que ayude a obtener los requerimientos necesarios para realizar el proceso de siembra de la papa.

Además de ello se realizó un formulario de preguntas a cinco agricultores del cultivo de la papa en el cantón mencionado anteriormente, el mismo que cuenta con una cantidad de 10 preguntas con respuestas abiertas y cerradas en escala de Likert donde se obtuvieron diferentes tipos de conclusiones, es por ello que se realizó las respectivas evaluaciones mediante estadígrafos descriptivos para obtener los porcentajes correspondientes.

3.3 Análisis financiero

En este apartado se presenta valores financieros anuales como el costo estimado de laborar de forma tradicional y mediante la implantación de una tecnología que elabore el mismo trabajo.

La mano de obra para crear el sembrador robótico no se considera ya que todos los conocimientos para llevar a cabo el proyecto fueron adquiridos en la Universidad Agraria del Ecuador durante los cinco años de estudio.

El tiempo de cosecha es variado según el tipo de tubérculo, por lo general tiene una duración de dos meses y medio a tres meses, llevando a tener cuatro cosechas al año. En una área de 200 m² con un personal de cinco trabajadores tardan en realizar la siembra de 6 a 7 horas estimadas, el salario de cada obrero está en \$ 20, además de ello se incluye los gastos de los víveres y en ocasiones los pasajes de movilidad, llegando el costo total por trabajador en \$ 29.50 (Ver Tabla 12 y Tabla 13).

Mediante el sembrador robótico se pretende reducir el personal y tiempo en realizar la fase de siembra, por consiguiente solo se utilizará un trabajador que coloque la semilla en la tolva del prototipo una vez que este vacía, en el área de 200 m² se estima que el tiempo promedio que durará es de dos horas, es por ello que el obrero solo tendrá un salario de medio tiempo que equivale de \$ 14.00, además de ello se toma en cuenta la movilidad del sembrador teniendo un costo total por siembra de \$ 15.00 (Ver Tabla 14 y 15).

Para recuperar los ingresos invertidos en el sembrador automático, se estima que después de cinco siembras se recupera el monto económico, eso tendría un promedio de un año y un mes que durará las cinco siembras, hay que tener en cuenta que los valores solo son en la fase de siembra ya que dependiendo del área

que se cosecha la papa y el mercado económico que se encuentre, el monto invertido en el prototipo podría recuperar en una o dos cosechas (Ver Tabla 16).

4. Resultados

4.1 Identificación sobre las necesidades que presentan los agricultores de la papa en la fase de la siembra para la recolección de los requerimientos.

Se realizó la identificación de cada una de las necesidades que existía en los cultivadores de la papa en la fase de la siembra, por ello se ejecutó una investigación mediante las técnicas de la recopilación de datos como el formulario de preguntas donde se pudo obtener los requerimientos funcionales y no funcionales (Ver Tabla 21 y Tabla 22) por parte de los sembradores y un ingeniero especializado en el cultivo de la papa, estos datos fueron esenciales para desarrollar el sembrador robótico que permite la siembra de la papa de una forma eficaz.

Uno de los problemas presentados esta que los agricultores realizaban la siembra de forma tradicional y por ende llevaba mucho más tiempo realizar esta labor, ahora este trabajo se puede realizar en un menor tiempo posible donde el usuario puede efectuar dos modos de siembra, la primera de una manera automática en el cual ingresan los datos del área a ser sembrada por medio de una aplicación móvil que está conectada al sembrador y en la forma manual el agricultor tiene el control total del prototipo como la dirección, ajustes de la punta del abre surcos y la cerradura de la tolva, los métodos de trabajo antes mencionado se realizó por las diferentes áreas de trabajo que existe en el cual el agricultor no presente inconvenientes.

En cuanto a la parte de las semillas los sembradores de la papa desconocían la cantidad de tubérculos que fueron sembrados en dicha área, lo cual perjudicaba la adquisición de la papa para la siguiente fase de siembra, ya que en ocasiones adquirirían exceso cantidad de semilla y en otras les llegaba a faltar, es por ellos que

en el ejemplar se instaló un sensor infrarrojo que detecta obstáculos de 5 a 20 mm, el mismo que se colocó en la salida de la tolva con el objetivo que proporcione una cantidad de cuantos tubérculos paso por el lugar, enviando esto valores a la pantalla de la aplicación y a una LCD que está ubicado en el prototipo.

4.2 Elaboración del prototipo por medio de la metodología de diseño de sistemas robóticos.

Se realizó la elaboración del sembrador de papa siguiendo cada uno de los requerimientos obtenidos al inicio de la investigación, es por ello que se utilizó el software SolidWorks de diseño de modelos en 3D y proteus (Ver Figura 20), donde se creó un esquema cumpliendo con los parámetros de los agricultores, cabe mencionar que se tenía la supervisión del Ingeniero especializado en la siembra del tubérculo donde se efectuaba los cambios si se lo requería para que vaya de acuerdo a lo solicitado, además de ello se elaboró las diferentes placas de circuito o PCB utilizando los softwares LiveWire y PCB Wizard (Ver Figura 21 y Ver Figura 22).

La construcción de la estructura se armó en un taller mecánico donde se realizó cortes de hierro, doblado de tool, soldadura y trabajos en torno para los diferentes engranajes que se colocó en las ruedas, todas estas labores se efectuaron de acuerdo a un cronograma asignado. Siguiendo los pasos de la metodología de diseños robóticos se procedió con la instalación eléctrica donde se instaló los dos motores, baterías, placas PCB, paneles solares y el cableado correspondiente.

Por otro lado, se utilizó el ID de Arduino para la programación del controlador Arduino el cual con su fácil programación permitió la codificación del mismo quien está configurado para enviar y recibir órdenes de forma analógica y digital, un ejemplo de ello es el IBT-2 43A módulo de accionamiento de motor de vehículo de

puente en H inteligente de alta potencia quien recibe las órdenes para controlar los motores que están instalados en el prototipo.

4.3 Construcción de una aplicación móvil para el control del sembrador robótico de acuerdo a los dos modos de trabajo.

Se realizó cada una de las pantallas de la aplicación móvil el cual controla al prototipo, para ello se utilizó la aplicación Marvel App para la elaboración de diseño y el software Android Studio para la codificación, donde se ha tomado en cuenta los requerimientos esenciales para mejorar la fase de siembra de las papas que permita incrementar la producción a los agricultores.

Mediante el lenguaje de programación Java se creó un nuevo proyecto de tipo Empty Activity, el cual esta prediseñado para la programación de cada pantalla, por lo cual se pudo trabajar de manera fácil y rápida por lo que minimiza el trabajo al crear los modelos de cada pantalla. Además de ellos se diseñó una estructura mediante `androidx.constraintlayout.widget.ConstraintLayout` el agiliza el manejo de la programación. Por otro lado, se utilizó `BluetoothDevice` para realizar la comunicación con Arduino y Visual Studio, mediante ello se realiza envíos que permite poner en movimiento al prototipo.

En este apartado un parámetro importante que se realizó es la codificación para encontrar dispositivos Bluetooth por medio del módulo HC-06, esto es posible mediante `user.setBluetoothControl(blueetoothControl)` una medida en Android Studio que proporciona realizar la búsqueda y conexión de los dispositivos, de tal manera que el usuario puede elegir el nombre correcto del dispositivo bluetooth que está instalado en el prototipo, para realizar el emparejamiento de los terminales es necesario permitir el acceso al dispositivo móvil de donde se está realizando la búsqueda.

4.4 Evaluación de los requerimientos del prototipo el cual garantice al usuario su buen funcionamiento.

Se efectuó el funcionamiento del sembrador robótico en el área especificada de 200 m² mediante los requerimientos que fueron expuestos por los agricultores en el capítulo I, para determinar ciertos problemas que presente en la programación y la parte mecánica el cual no se pudieron ver con anterioridad, las fallas presentadas fueron corregidos, además para conocer la satisfacción de los cultivadores de la papa se realizó pruebas de aceptación a 5 agricultores (Ver Tabla 36) donde se pudo visualizar que según los agricultores que el prototipo cumple con las necesidades requeridas obtenidas al comienzo de la presente investigación, además el prototipo que ha sido creado representa grandes ventajas por lo que permite llevar a cabo la fase de siembra de los tubérculos de una manera más tecnificada.

Se realizó el prototipo de acuerdo a las necesidades de los agricultores, mediante los dos modos de trabajo, de forma manual el usuario constato el control total del sembrador de igual forma sucedió en el modo automático que mediante la aplicación ingresa los datos como la distancia de la semilla a ser sembrada y distancia de los surcos, por otra parte, se presentó valores reales en una pantalla LCD que fue instalado en el ejemplar.

El aplicativo móvil del prototipo es aquel que permite tener el control total del robot, es por ello que una vez descargada la aplicación el usuario deberá acceder permiso para el uso, uno de los parámetros de la app sugiere al usuario encender el bluetooth para poder tener conexión con el sembrador de la misma forma enviar y recibir datos como el porcentaje de la batería entre otros.

5. Discusión

El uso de equipos tecnológicos en la agronomía ha favorecido en el sector agrícola. Uno de ellos son los productores de la papa, ya que por medio de máquinas que automatizan su labor para realizar la siembra, representa grandes beneficios como el tiempo invertido y la mano de obra de los empleados, representando ganancias a los grandes productores, por otro lado, sucede de forma contraria con los pequeños obreros ya que muchos de ellos no tienen acceso a este tipo de tecnología o presentan desconocimiento de los mismos.

Es por ello que se realizó entrevistas y formularios de preguntas para poder identificar las necesidades de los agricultores que presentan al momento de realizar la siembra del tubérculo. Almeida et.al (2018) especifican lo siguiente, mediante la entrevista realizada a los agricultores para el cuidado del tubérculo lograron verificar las dificultades que presentan en el ciclo del crecimiento de la semilla (*Solanum tuberosum*), por lo cual requerían un estudio de suelo apto para la plantación, obteniendo resultados como la distancia entre el surco de 0,90 m provoco que las plantas sean de mayor altura y de mayo masa a diferencia de 0,75 m que causo todo lo contrario. Si bien es cierto que mediante la técnica de la entrevista se puede obtener varios resultados como en el estudio anteriormente mencionado que aplicaron la misma técnica del actual proyecto, es por ello que se garantiza los resultados obtenidos de los agricultores demostrando los problemas y dificultades que presentan día tras días.

Otro proyecto titulado como prototipo didáctico enfocado a la robótica educativa, simulando el movimiento de hexápodos mediante el uso de mecanismos y herramientas tic, donde el autor Duran (2020) utilizó la técnica de recopilación de datos con el fin de impulsar el crecimiento investigativo de nuevos proyectos en la

área de la tecnología, promoviendo la elaboración de nuevos prototipos que aporten en el ámbito de la agricultura mediante la integración de las TIC, durante el desarrollo de la investigación se efectuó varios procesos para concluir con el prototipo, el cual tuvo como resultado un diseño acoplado y estable, permitiendo evidenciar el impacto y observaciones acerca del robot creado por parte de los estudiantes y los docentes del establecimiento.

De la misma forma se realizó el análisis de los requerimientos mediante entrevistas dirigidas a los agricultores y personal especializado en el tubérculo, por lo que se pudo conocer las situaciones en las que elaboraban y los problemas que carecían en la fase de la siembra, es por ellos que se ejecutó la primera fase de la metodología y llevar de una forma ordenada y estructurada el proyecto.

Para el desarrollo del robot sembrador se aplicó la metodología de diseños de sistemas robóticos, el cual mediante sus fases permite trabajar en diferentes etapas al mismo tiempo. El proyecto titulado diseño y prototipo de una plataforma robótica educativa de manipuladores donde los autores Araque y Muriel (2018) utilizaron la metodología de proceso genérico de desarrollo del producto, con el objetivo de fabricar las diferentes estructuras, actuadores y sensores que componen cada robot de tal manera que resultó más fácil realizar el ensamblado, conectar y reconfigurar el controlador, obteniendo resultados visibles que permite avanzar en el desarrollo del ejemplar. Esta metodología presenta ventajas importantes en la creación de prototipos siendo similar a la sistemática utilizada en el actual proyecto.

En la Universidad de Guayaquil de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas realizaron un estudio titulado “Diseño e Implementación de un Robot Prototipo de Búsqueda y Comunicación Para ser Usado Luego de un Terremoto en el Edificio de la CINT” en el cual los autores Rodríguez y Marin (2017) utilizaron la

metodología de la investigación debido a que analizaron la efectividad que tendría el diseño e implantación de un robot en la búsqueda de personas, con el objetivo de mantener una comunicación entre el rescatista y la víctima atrapada entre escombros, el cual obtuvieron resultados positivos ya que el prototipo pudo superar las pruebas de los objetivos propuestos. La metodología usada en el estudio antes mencionado resulta ser de gran ayuda, ya que cuenta con fases desde la recopilación de datos hasta el análisis de la validez de las hipótesis planteadas.

Es por ello que se procedió a usar la metodología de diseños de sistemas robóticos, la misma que carece de similitudes a los métodos mencionados anteriormente, teniendo en cuenta que varios de ellos conllevan a un mismo resultado por sus fases. Cabe mencionar que la sistemática utilizada en el actual estudio tiene una ventaja principal que se puede elaborar en diferentes fases al mismo tiempo, dando como resultado una mayor agilidad y avance en el proyecto.

Para el diseño de la aplicación se realizó mediante el aplicativo de Marvel App desde un dispositivo Android el cual permite tener una mayor visibilidad y realismo de donde va ser instalado el Apk, En el proyecto titulado Creación de una App Móvil Para Android Capaz de Detectar Ultrasonidos, de la Universidad Politécnica de Valencia, el autor Pozo (2017) realizó el diseño mediante la aplicación Marvel App el cual muestra al cliente previamente la idea del resultado final, por otro lado se llevó a cabo la codificación de la aplicación mediante el software Android Studio como entorno de desarrollo con una versión 2.3.2, además de ello decidió que la API mínima sea la 19, versión KitKat mediante estos parámetros se llevó a cabo la elaboración del mismo, con el objetivo de entablar la detección de los sonidos por medio de los sensores que permita al usuario ofrecer productos del lugar donde se encuentre o dependiendo de lo que escucha.

Es por ello que en el actual proyecto se llevó a cabo mediante los softwares utilizados por el autor mencionado anteriormente, los mismos que son compatibles con el controlador Arduino. Un aspecto importante es la versión de Android Studio donde se utilizó uno superior al del autor Pozo, de la misma forma las API con versiones superiores que establecen parámetros actualizados el cual permitido crear nuevas funciones.

En la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos No Renovables de la Universidad Nacional de Loja se realizó una aplicación móvil para el prototipo de interfaz gráfica mediante el reconocimiento de bocetos, donde el autor Aguilar (2019) utilizó el software de Android Studio para la codificación de la aplicación, con el objetivo de determinar si la visión artificial facilita la creación de prototipos de interfaz gráfica a través del aplicativo, el mismo que utilizó una versión de 3.1.3, SDK Android con Api 21, Java 8, Kotlin 1.2.3, Control de versiones Bitbucket – Git, todo realizó con el fin de acceder a mayor parte de los componentes y funcionalidades en Material Design para Android.

En el actual proyecto se utilizó la versión de Android Studio Arctic Fox // 2020.3.1 el cual es mucho más completa a diferencia de la versión utilizada para la codificación del anterior proyecto, además de ello se implementó Java ya que el mismo cuenta con diferentes Api, a diferencia de Kotlin que permanece en constante actualizaciones por lo que presenta dificultades en la adquisición de las Api.

Finalizado el proyecto se procedió a evaluar mediante pruebas de integración que permite valorar el funcionamiento del prototipo, en el proyecto de la autora Gómez (2018) titulado las pruebas de Integración como proceso de la calidad del software en el ámbito de las telecomunicaciones, de la Universidad Carlos III,

donde realizó un estudio con el objetivo de explicar la idea y filosofía de la importancia de efectuar las pruebas para conseguir un producto de calidad a lo largo del ciclo de vida del software y hardware, mediante ello se verificó el comportamiento del sistema demostrando al usuario la efectividad del mismo. Es por ello que en el actual proyecto se procedió a realizar las mismas pruebas que permitió evaluar los requerimientos de los usuarios, el cual queda demostrado que mediante este tipo de experimentos se puede obtener parámetros importantes que muchas veces no son visibles al realizar el proyecto.

Un estudio importante se realizó en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de la Facultad de Informática y Electrónica donde el autor Chela (2019) realizó un estudio con el tema titulado desarrollo basado en pruebas unitarias de un sistema web para la gestión de guiones en la radio Crisólito Celestial 93.1 FM de la Ciudad de Guaranda, el objetivo fue implementar el producto de software con las herramientas informáticas que automatice el proceso de gestión de guiones para el medio de comunicación, con este tipo de pruebas se considera que la unitaria toma el camino más corto que comprueba una parte específica del sistema lo cual recibe datos de entrada de una manera directa que son pasadas por el proceso de la unidad para esperar resultados.

A diferencia del actual proyecto se realizó las pruebas de integración el cual varían las estrategias que se puede ejecutar para poder llegar a un resultado, además de ellos se efectuó las pruebas de aceptación dirigida a los agricultores el cual garantice la calidad y eficiencia del sembrador robótico.

6. Conclusiones

Se identificó las diferentes necesidades de los productores de la papa, para ello fue necesario el uso de las técnicas de recopilación de datos como los formularios de preguntas, entrevistas y encuestas, lo cual permitió detallar las dificultades que presentan los agricultores en la fase de la siembra, permitiendo dar como solución automatizar el proceso de la siembra mediante un prototipo.

Mediante la aplicación de la metodología de diseños de sistemas robóticos se pudo concluir que al usar este método resulta ser más factible al momento de desarrollar el prototipo, ya que a diferencia de otras técnicas este tiene la ventaja de trabajar en diferentes fases al mismo tiempo lo que conlleva una agilidad en el ensamblado del sembrador robótico.

Se realizó la programación de la aplicación móvil que controla al prototipo mediante Android Studio donde se utilizó el lenguaje de programación Java, el cual resulta más factible en cuanto a Kotlin ya que permite un mayor alcance en la compatibilidad con diferentes dispositivos.

Se estableció la evaluación de los requerimientos en el área establecida mediante pruebas de integración donde se ha reconocido el funcionamiento del prototipo en los dos modos de trabajo, mediante ellos se pudieron concluir que fueron atendidos los problemas de los agricultores.

Para las técnicas de siembra se tomaron en cuenta dos variables distancia de surco y semilla, el cual el prototipo cumplió de manera satisfactoria la siembra con un 70% de rapidez a diferencia de la siembra tradicional.

De acuerdo a las dimensiones de terrenos se determinó que el sembrador robótico tiene una mayor funcionalidad si está dentro del rango establecido por el módulo bluetooth el cual permite una distancia máxima de 10 mt.

7. Recomendaciones

A continuación, se detalla algunas recomendaciones con el fin de garantizar el funcionamiento del sembrador robótico.

En base a los resultados recogidos en el presente proyecto, se recomienda extender los estudios acerca del cultivo de la papa, teniendo en cuenta la zona geográfica puesto que varía en cada región.

Para la creación de prototipos se recomienda investigar profundamente cada metodología que se acople al estudio definido, ya que por medio de ello se podrá garantizar el funcionamiento del modelo a construir por lo que puede convertir en una gran ayuda o a su vez presentar dificultades.

En cuanto al desarrollo de la aplicación móvil se recomienda tener claro el software a utilizar ya que mediante ello se procederá a realizar la codificación, además seleccionar un API 21: Android 5.0 ya que el mismo cuenta con un mayor porcentaje de compatibilidad con dispositivos Android.

Para la evaluación de los requerimientos se debe tener en cuenta las especificaciones y condiciones del área donde se va realiza las pruebas, el cual debe contener las mismas especificaciones que se tomó al comienzo del estudio, además se recomienda realizar las pruebas de aceptación a los agricultores el cual contenga parámetros importantes.

Para un trabajo de mayor tiempo se recomienda el estudio de baterías y su consumo energético en el prototipo, el cual permita tener un mejor tiempo en el proceso de siembra.

Analizar el tipo de suelo ya que si sobrepasa las limitaciones del prototipo presentará dificultades en su operación, además tener en cuenta la lluvia ya que la presencia del mismo dificultará la carga de energía en las baterías.

8. Bibliografía

- Abel, L., & Mario, L. (2021). Sistema con Automatización con Arduino para el Control del Riego en los Terrenos de Cultivo del Centro Poblado de Santa Clara Distrito de Pítipo. Proyecto de Titulación, Universidad Privada Juan. Recuperado el 3 de junio de 2022, de <http://repositorio.umb.edu.pe:8080/jspui/bitstream/UMB/283/3/JULCA%20ABEL%20%26%20MARTELL%20MARIO%20-%20TESIS.pdf>
- Aguilar, J. (2019). Aplicación Móvil Para el Prototipado de Interfaz Gráfica de Usuario en la Plataforma Android Mediante el Reconocimiento de Bocetos Utilizando Visión Artificial . Tesis de Grado, Cuenca. Recuperado el 12 de Julio de 2022, de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21989/1/Aguilar%20Espinoza%2C%20Jos%C3%A9%20Luis.pdf>
- Aguilera, H., Gilces, A., Rosero, G., & Villavicencio, A. (2020). Prototipo de Funcionamiento de Sensor Infrarrojo de Seguridad en una Dobladora Hidráulica de la Mecánica Industrial. Studies, Vol. 4 -2. doi:2576-0971
- Aliverti, P. (2019). Electrónica Para Makers: Guía Completa. Marcombo. Recuperado el 18 de Diciembre de 2021, de https://books.google.com.ec/books?id=GEpOEAAAQBAJ&dq=cables+jumpers&source=gbs_navlinks_s
- Almeida, F., Torres, W., Cabrera, J., & Arzuaga, J. (Septiembre de 2018). Crecimiento de Plantas de Papa (*Solanum Tuberosum* L. cv Romano), en la Provincia de Huambo, Angola, Bajo dos Nensidades de Plantación. Cultivos Tropicales, 39(3). Recuperado el 7 de Mayo de 2022, de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362018000300005

- Araque, L., & Muriel, C. (2018). Diseño y Prototipo de una Plataforma Robótica Educativa de Manipuladores. Proyecto de Grado, Santiago de Cali. Recuperado el 10 de Mayo de 2022, de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10353/T08025.pdf;jsessionid=8C6F69930502A7777659E658D17EC4F8?sequence=7>
- Barrera, A. (2018). Acuerdo N°. Senescyt - 2018 - 040. Quito: Edición Especial N° 551. Recuperado el 29 de Noviembre de 2021, de <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2019-04/Acuerdo%202018-040.pdf>
- Basekga, M. (2019). Inversores y Convertidores (ISF). Editex. Recuperado el 18 de Diciembre de 2021, de https://books.google.com.ec/books?id=mpmeDwAAQBAJ&dq=convertidor+de+corriente+continua&source=gbs_navlinks_s
- Camilo, C. S. (2021, diciembre 2). Computacion y Programacion Funcional. Marcombo, Mexico. Retrieved Noviembre 17, 2021, from openwebinars: https://books.google.com.ec/books?id=6kxOEAAAQBAJ&printsec=frontcover&vq=concepto&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q=concepto&f=false
- Cárdenas, C., & Quimbita, E. (2017). Análisis, Diseño y Construcción de un Prototipo de una Red Social Orientada a la Seguridad para la Empresa CEFOSEG. Trabajo de Titulación , Quito. Recuperado el 1 de Febrero de 2020, de

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14123/1/UPS%20-%20ST003091.pdf>

Castillo, R. (2018). Clasificación de los Robots. Recuperado el 23 de Junio de 2022, de <https://es.scribd.com/document/476082847/Clasificacion-de-los-Robots-pdf>

Chela, J. (2019). Desarrollo Basado en Pruebas Unitarias de un Sistema web para la Gestión de Guiones en la Radio Crisólito Celestial 93.1 FM de la ciudad de Guaranda. Proyecto Técnico, Riobamba. Recuperado el 16 de Julio de 2022, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13006/1/18T00800.pdf>

Cortes, V., & Vargas, M. (2020). Diseño e Implementación de un Sistema de Riego Automatizado y Monitoreo de Variables Ambientales Mediante Iot en los Cultivos Urbanos de la Fundación Mujeres Empresarias Marie Poussepin. Trabajo de Grado, Bogotá. Recuperado el 2 de Diciembre de 2021, de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25546/1/Tesis%20Fabiana%20Vargas-%20Valeria%20Cortes.pdf>

Crisostomo, J. (2020). Diseño de un Robot Móvil de Servicio Para Aplicaciones de Fumigación del Cultivo de Maíz en la Provincia de Concepción de la Región de Junín. Tesis, Huancayo. Recuperado el 23 de Junio de 2022, de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8025/3/IV_FIN_112_TE_Crisostomo_Poma_2020.pdf

Cueto, T. (2017). Arduino Libro de Proyectos. Recuperado el 21 de Mayo de 2022, de http://ibsteam.caib.es/wp-content/uploads/sites/108/2020/02/Libro_de_Proyectos_de_Arduino_Starters_Kit.pdf

- Díaz, R. (2018). Diseño y Construcción de un Prototipo de Robot Tetrápodo Sembrador de Semillas Para Leguminosas. SANGOLQUÍ. Retrieved Noviembre 12, 2021, from <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15131/1/T-ESPE-040459.pdf>
- Díaz, R. (2019). Diseño y Construcción de un Convertidor FULL-BRIDGE para la Conversión de Corriente Continua a Corriente Alterna. Universidad Autónoma de Madrid. junio. Recuperado el 3 de junio de 2022, de https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/689024/romano_diaz_jesus_tfg.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Domínguez, J. (30 de Marzo de 2020). Falta Invertir en Tecnología Agrícola. LÍDERES(1167), pág. 16. Recuperado el 25 de Enero de 2022, de <https://drive.google.com/file/d/17zL6EI3gEGPcvMfTGCCGuhO0pHvogKV0/view>
- Duran, R. (2020). Prototipo Didáctico Enfocado a la Robótica Educactiva, Simulando el Movimiento de Hexápodos Mediante el uso de Mecanismos y Herramientas TIC. Maestria , Duitama. Recuperado el 10 de Mayo de 2022, de https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/3201/1/Prototipo_didactico.pdf
- Espinoza, J., Juárez, C., Mota, C., & Romantchik, E. (2021). Control de Maleza Mediante la Robótica. Ingeniería Agrícola, 11(4). doi:e08, 2021
- Gamboa, C., Sánchez, C., & Ordóñez, J. (Octubre de 2017). Control Remoto de Herramientas de Hardware Libre con Nodes.js y Firmata. Naturaleza, Innovación y Tecnología, Vol. 1(No. 2), 9. Recuperado el 6 de Diciembre de 2021, de

<https://revistas.unicatolica.edu.co/revista/index.php/LumGent/article/download/55/36/>

Gómez, N. (2018). Las Pruebas de Integración como Proceso de la Calidad del Software en el Ámbito de las Telecomunicaciones. Proyecto de Fin de Carrera. Recuperado el 13 de Julio de 2022, de <https://core.ac.uk/download/pdf/288498329.pdf>

Gonzalez, A., & Garcia, M. (15 de Noviembre de 2018). Robótica-Programación. Revista Digital del Portal de la Educacion. Recuperado el 03 de Diciembre de 2021, de Arrow: http://revistas.educa.jcyl.es/revista_digital/index.php?option=com_content&view=article&id=3879&catid=84&Itemid=87

González, C., Vera, R., Arévalo, J., & Antolínez, J. (2021). Diseño de un Prototipo Sembrador de Semillas y Control de Temperatura y Humedad para UAVs (Vehículo Aéreo no Tripulado). Trabajo de Grado, Bogotá. Recuperado el 9 de Enero de 2022, de https://repositoriocrai.ucompensar.edu.co/bitstream/handle/compensar/3557/Dise%C3%B1o%20de%20un%20prototipo%20sembrador%20de%20semillas_Pedro%20Herbert%20Pe%C3%B1uel.pdf?sequence=1&isAllowed=y

González, H., & Carrillo, M. (2019). Implementación de un Prototipo de Robot Sembrador de Papa en Terrenos sin Inclinación Para Pequeños Productores. Riobamba. doi:123456789/13686/1/108T0313.pdf

INEC. (2021). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, 2020. Boletín Técnico, Dirección de Estadísticas Agropecuarias y Ambientales. Recuperado el 28 de Noviembre de 2021, de

https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin%20Tecnico%20ESPAC%202020.pdf

Inquilla, J., & Apaza, J. (2021). Saberes Campesinos Para la Crianza de la Papa en las Comunidades Aimaras del Altiplano, Puno. Recuperado el 5 de Diciembre de 2021, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S0254-92122021000100255&script=sci_arttext&tIng=es

Jaller, R. (22 de Julio de 2017). EL TIEMPO. Recuperado el 11 de Noviembre de 2021, de EL TIEMPO: <https://www.eltiempo.com/bogota/el-robot-que-siembra-papa-de-la-uniagraria-111532>

Kramm, V. (2017). Manual del Cultivo de la Papa en Chile. Santiago. Recuperado el 5 de Diciembre de 2021, de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/6706/NR40980.pdf?sequence=1>

Kromann, P. (30 de Junio de 2017). El Telégrafo . Obtenido de El Telégrafo: <https://ipdrs.org/index.php/noticias/que-pasa/5438-la-papa-es-el-tercer-cultivo-transitorio-mas-importante-del-ecuador>

Ledesma, N., Cardoso, B., & Torres, O. (30 de Junio de 2019). Modelo de Apendizaje Para Arduino Uno Básico. Revista de Cómputo Aplicado, Vol.3(No.10 15-22), 17. doi:10.35429/JCA.2019.10.3.15.22

Ley de Propiedad Intelectual. (2008, Mayo). Congreso Nacional el Plenario de las Comisiones Legislativas. Retrieved Noviembre 27, 2021, from Correos del Ecuador: https://www.correosdelecuador.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/05/LEY_DE_PROPIEDAD_INTELECTUAL.pdf

- Losada, J. (2021). Sistema de Posicionamiento de UAVs Próximo a Paredes en Entornos sin GPS. Recuperado el 2 de Junio de 2022, de https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/30540/LosadaPita_Javier_TFM_2021.pdf?sequence=2
- Luján, J. (2019). Desarrollo de Aplicaciones Android con Android Studio: Conoce Android Studio. José Dimas Luján Castillo. Recuperado el 29 de Diciembre de 2021, de https://books.google.com.ec/books?id=i96LDwAAQBAJ&dq=que+es+Android+Studio&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- MAG. (2019). Informe de Rendimientos Objetivos de Papa en el Ecuador 2018. Quito. Recuperado el 6 de Diciembre de 2021, de <https://fliphtml5.com/ijia/tlcp/basic>
- Manchado, A. (2019). Desarrollo de un Robot Para la Caracterización y el Tratamiento de las Plantas en Agricultura de Precisión. Madrid. Recuperado el 4 de Diciembre de 2021, de https://oa.upm.es/56778/1/TFG_ALEJANDRO_MANCHADO_RUBIO.pdf
- Manobanda, G. (2018). Diseño y Construcción de un Acoplamiento Mecánico del Generador Integrado al Motor 3w-85cc Para la Alimentación del Sistema Eléctrico de los Prototipos Uav en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana. Ambato. Recuperado el 6 de Diciembre de 2021, de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29194/1/Tesis%20I.%20M.%20501%20-%20Manobanda%20Tonato%20Gabriela%20Elizabeth.pdf>

- Martín, J. (2017). El Taller de Eelectrónica. Editex. Recuperado el 18 de Diciembre de 2021, de <https://books.google.com.ec/books?id=F1UpDwAAQBAJ&pg=PA43&dq=placas+PCB+para+circuitos&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiXjdJlsuz0AhUBVTABHUKqC5EQ6AF6BAgLEAI#v=onepage&q&f=true>
- Martínez, D. (2020). Revista Agropecuaria. Recuperado el 4 de Diciembre de 2021, de http://www.revistaagricultura.com/robotica/innovacion/agricultura-40-la-robotica-agricola-y-el-futuro-de-la-agricultura_12060_121_15110_0_1_in.html
- Martínez, J., & Sabater, J. (2012). Guía Docente Para el Diseño de Robots de Servicios (Primera Edición ed.). Recuperado el 5 de Enero de 2022, de <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=Z291bWgudW1oLmVzfGhpZG1hfGd4OjVmN2VhODVhYzYzYTAXNGY>
- Morales, M. (2 de junio de 2022). Placa de Circuito Impreso(PCB) Perspectiva de la Industria y Estrategias Comerciales para 2030. Crossover. Recuperado el 3 de junio de 2022, de <https://revistacrossover.com/pronostico-de-crecimiento-placa-de-circuito-impresopcb-2030/>
- Mucientes, D. (2021). Implementación de un Entorno de Comunicación Bluetooth Basado en el Módulo HC-06. España. Recuperado el 2 de Junio de 2022, de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/48095/TFG-I-1983.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Palacios, A. (Diciembre de 2017). Controlador con Observador de Estados de Orden Completo Para un Motor de DC Mediante dSPACE. Maskay. doi:<https://doi.org/10.24133/maskay.v7i1.347>
- Patiño, J. (2018). Máquinas Eléctricas. Recuperado el 6 de Diciembre de 2021, de <https://sc520f5a6fdada5f4.jimcontent.com/download/version/1522618624/module/10446895283/name/M%C3%93DULO%20N%C2%B01%20DE%20M%C3%81QUINAS%20EL%C3%89CTRICAS%28TALLER%20V%29%20MOTORES%20DE%20C.C-2018.pdf>
- Pazmiño, C. (2019). APP Movil para Supervisar Personas con Alzheimer Registrados en el Centro de Salud San Agustin, Parroquia Dr.Camilo Ponce-Babahoyo. Babahoyo. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6915/PT-UTB-FAFI-SIST-00043.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Porras, Á. (2018). Diseño y Desarrollo de una Aplicación Andorid Para el Envío de Formularios mediante la Tecnología Wifi Direct. Recuperado el 3 de Junio de 2022, de https://oa.upm.es/52431/1/TFG_ANGELA_PORRAS_MAINEZ.pdf
- Pozo, Á. (2017). Creación de una App Móvil PArA Android Capaz de Detectar Ultasonidos. Gandia. Recuperado el 12 de Julio de 2022, de https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/86978/memoria_53609972.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Quintero, V., Che, O., Ching, E., Auciello, O., & Obaldia, E. (2021). Baterías de Ion Litio: Características y Aplicaciones. Revista de I+D Tecnológico, vol. 17(núm. 1), 6. Recuperado el 6 de Diciembre de 2021, de <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/339/3392002003/3392002003.pdf>

- Rafael Correa Delgado. (23 de Abril de 2009). Estrategia Para la Implementación de Software Libre en la Administración Pública Central. Quito. Recuperado el 27 de Noviembre de 2021, de https://cti.gobiernoelectronico.gob.ec/ayuda/manual/decreto_1014.pdf
- Ramírez, F., Andrade, G., Gomez, R., & Reyes, M. (junio de 2019). Acondicionamiento de Señal de Sensor Infrarrojo. Ingeniería Biomedica y Biotecnología, 3. doi:10.35429/JBEB.2019.8.3.1.7
- Reyes, P. (2021). Aplicacion Web Empleando la Metodología XP Para la Gestión Académica del Instituto de Informática de la Universidad Nacional del Antiplano Puno. Recuperado el 3 de Junio de 2022, de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/16057/Reyes_Percy_Mar%C3%ADn_Roger.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rivadeneira, J., Yumisaca, F., Monteros, C., Racines, M., & Cuesta, X. (2021). Ficha Técnica de la Variedad de Papa INIAP-SuperFri. Ficha Técnica. Recuperado el 27 de Diciembre de 2020, de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5768/1/2.%20Ficha%20T%C3%A9cnica%20variedad%20INIAP%20SuperFri.pdf>
- Robótica. (2018). Tipos Generales de Robots. Recuperado el 23 de Junio de 2022, de <http://www.etitudela.com/profesores/rpm/rpm/downloads/robotica.pdf>
- Rodríguez, L., & Marin, C. (2017). "Diseño e Implementación de un Robot Prototipo de Búsqueda y Comunicación Para Ser Usado Luego de un Terremoto en el Edificio de la CINT". Guayaquil. Recuperado el 25 de Mayo de 2022, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/24306/1/B-CINT-PTG-N.233.Rodr%C3%adguez%20Flores%20Leslie%20Michelle.Marin%20Molina%20Christian%20Guillermo.pdf>

- Romero, C. (2019). Rendimiento de Semilla Pre Básica de Papa (*Solanum tuberosum*) Variedad Chaucha Roja, Proveniente del Sistema de Producción Aeropónico. Cevallos. Recuperado el 14 de Marzo de 2022, de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30477/1/Tesis-239%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20642.pdf>
- Torres, W. (30 de Junio de 2017). El Telégrafo. Recuperado el 26 de Noviembre de 2021, de El Telégrafo: <https://ipdrs.org/index.php/noticias/que-pasa/5438-la-papa-es-el-tercer-cultivo-transitorio-mas-importante-del-ecuador>
- Viera, F., Tello, C., Martínez, A., Navia, D., Medina, L., Delgado, G., . . . Jackson, T. (2020). Control Biológico: Una Herramienta Para una Agricultura Sustentable, un Punto de Vista de sus Beneficios en Ecuador. Quito: J. Selva Andina Biosph. Recuperado el Noviembre de Noviembre de 2021, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592020000200006&lang=pt
- Yauri, I. (2018). Diseño e Implementación de un Sistema Comunicación Celular Gsm Utilizando Sensores Para el Monitoreo, Supervisión y Control de Datos en el Cultivo de Lechugas por Hidroponía de la Empresa Fagsol S.A.C. Arequipa. Recuperado el 6 de Diciembre de 2021, de <https://core.ac.uk/download/pdf/198124164.pdf>

9. Anexos

9.1 Anexo 1. Tipos de prototipos



Figura 1. Robots de tipo Androides y zoomórficos
Madrid, 2022

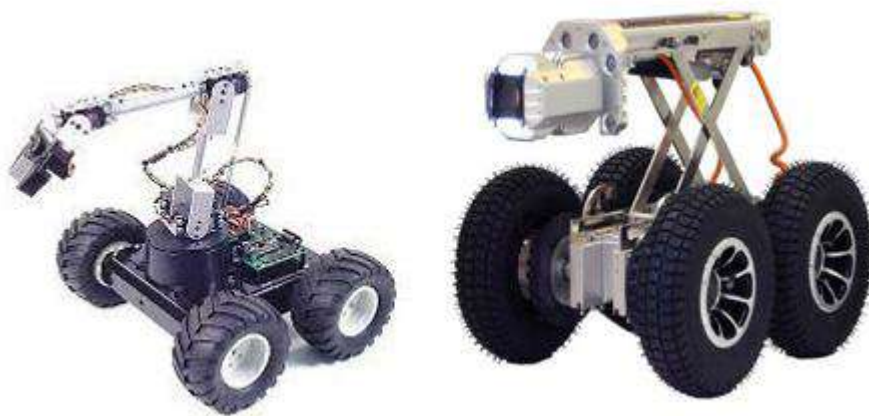


Figura 2. Robots terrestres móviles de inspección
Direct Industry, 2022



Figura 3. Robot Weed Whacked de Odd.Bot eliminador de maleza
Steffen, 2020



Figura 4. Robot fumigador Ladybird
Takahashi, 2016

9.2 Anexo 2. Presupuesto

Tabla 1. Presupuesto económico para elaborar el sembrador robótico

Nº	Descripción	Cantidad	Precio	Total
1	Internet	1	\$ 20	\$ 20
2	Impresora	1	\$ 200	\$ 200
3	Cuaderno de apuntes	1	\$ 1.50	\$ 1.50
4	Resmas de hojas A4	2	\$ 1.50	\$ 3.00
5	Motor Eboard Turnigy Aerodrive SK3	2	\$ 150.00	\$ 300.00
6	Motor DC	1	\$ 2.40	\$ 2.40
7	Arduino Mega 2560	1	\$ 14.50	\$ 14.50
8	Placa PCB	2	\$ 9.20	\$ 18.40
9	Módulo de bluetooth HC-12	1	\$ 20.00	\$ 20.00
10	Convertidor de DC	1	\$ 15.00	\$ 15.00
11	Ruedas	4	\$ 5.00	\$ 20.00
12	Sensor infrarrojo	1	\$ 6.00	\$ 6.00
13	Jumper M-H	12	\$ 0.2	\$ 2.40
14	Jumper M-M	12	\$ 0.2	\$ 2.40
15	Baterías Li-ion	2	\$ 85.00	\$ 170.00
16	Cables eléctricos	6 mt	\$ 0.50	\$ 3.00
17	Lamina de Tool	½ m²	\$ 12.00	\$ 12.00
18	Platina de 25 X 6mm	2 mt	\$ 5.00	\$ 5.00
19	Tubo cuadrado	3	\$ 11.50	\$ 34.50
20	Electrodos	4 lb	\$ 1.60	\$ 6.40
21	Pintura negra anticorrosivo	1 lt	\$ 6.00	\$ 6.00
22	Tiñer	2 lt	\$ 2.00	\$ 4.00

N°	Descripción	Cantidad	Precio	Total
23	Paneles solares	2	\$ 45.00	\$ 90.00
			Total	\$ 956.50

Descripción estimada de los gastos para desarrollar el proyecto
Tenelema, 2022

9.3 Anexo 3. Formato de entrevista dirigido a personal técnico de la papa



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

ENTREVISTA DIRIGIDA A PERSONAL TECNICO DE LA PAPA

Entrevistador: Pablo Tenelema

Entrevistado: Ing. Walter Gonzáles

Objetivo: Recopilar información de personal tecnificado en la papa, mediante preguntas de respuestas abiertas que permita conocer información confiable el cual garantice en crear los parámetros para el prototipo.

1. ¿De qué forma se recomienda monitorear el cultivo de la papa?

Para realizar un correcto monitoreo de la papa se recomienda hacer de forma permanente, es decir que si se observa alguna enfermedad al cultivo dar un trato inmediato previniendo los contagios al resto de tubérculos.

2. ¿Cómo se controla la pudrición de la semilla y que causa la descomposición de la papa?

El control de la pudrición de la semilla se controla mediante químicos a acelera el proceso de crianza y a su vez elimina los hongos situados en la papa, por eso se recomienda desinfectar la semilla antes de la siembra, en cuanto a la causa de la pudrición es por mucha humedad en el suelo, parásitos en el piso o la semilla fue de mala calidad.

3. ¿Cuáles son las temporadas adecuadas para realizar la siembra y como se realiza?

La temporada adecuada para realizar la siembra es cuando el invierno ya está a fines de terminar, esto con el objetivo que no produzca mucha sequia al cultivo, en esta témpora la siembra se realiza dependiendo del lugar, y como se encuentre el terreno por lo que si el terreno está de forma inclinada es recomendable la semilla enterrar de 10 a 12 centímetros mientras que en terrenos planos son de 6 a 8 centímetros.

4. ¿Qué factores deben tener en cuenta los agricultores al realizar la siembra?

Que el terreno se encuentre en buenas condiciones, es decir que este desinfectado, que contenga los nutrientes necesarios y la humedad sea adecuada, también deben tener en cuenta las fechas que se está sembrado y la variedad de papa que se esa sembrando ya que de esto depende de cómo colocar la semilla.

5. ¿Cuáles son las características de la papa que se sugiere para realizar la semilla?

Las características necesarias para obtener una buena semilla es que el producto este en buenas condiciones, es decir que no tenga cortes ya que produciría la pudrición, además es recomendable que el tamaño sea entre 3 a 6 centímetros por lo que son más accesibles y rinden al momento de adquirir la semilla.

6. ¿De qué forma se realiza el proceso correcto para almacenar la semilla de la papa?

El almacenamiento de la semilla es importante ya que en ocasiones pasan meses almacenados para poder enterrar la semilla, el proceso recomendable es que la papa puede pasar de 5 a 10 días a temperaturas de 4 a 18 °C es decir en el

mismo terreno ya una vez realizado la cosecha, esto para que las bacterias puedan morir cuando el sol esta elevado. Luego se deposita en sacos tipo malla para que tenga una buena ventilación y por ende los cuantos de almacenamiento también debe poseer ventilación con el objetivo que disminuya la humedad y dañe la semilla.

Análisis de la entrevista del personal técnico: En Ecuador los pequeños agricultores cada vez se ven afectados por la importación de las papas provenientes de los vecinos países quienes en ocasiones ingresan de manera ilegal a nuestro país, a esto se suma las competencias de los grandes productores que cuentan con tecnología avanzada permitiéndoles acelerar los procesos que lleva la cosecha de la papa.

En la Zona 3 el cual está comprendido por las siguientes provincias: Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Pastaza, realizan la siembra de forma tradicional, en el cantón Riobamba el Ingeniero especializado en el cuidado del tubérculo recomienda acceder a nuevas tecnologías que acelere el proceso de la siembra, además el monitoreo del cultivo debe ser permanente, esto dependiendo a la zona geográfica donde se esté desarrollando la producción. El objetivo de monitorear el cultivo es por las plagas que afecta a la semilla y por ende retrasa el brote de la plantación.

Para controlar la semilla de la pudrición se recomienda al agricultor evitar el exceso de humedad, ya que es un factor que causa la descomposición del tubérculo. En caso que se dé el problema antes mencionado se puede controlar mediante químicos que alteran los mecanismos y eliminan los hongos que causa la pérdida de la papa. Por ello se debe tomar en cuenta varios factores en el área que se va realizar la siembra uno de ellos es la desinfección del terreno a cultivar,

de tal manera que se elimina el 99% de bacterias que afectan en la fase de la siembra, además la temporada que va sembrar debe ser donde la temperatura no sea alta, por lo que causaría sequía en la planta, tampoco en temporada de lluvia por el motivo que algunos agricultores tienen problemas en sus cultivos.

Existe gran variedad de papa que se puede cosechar dependiendo de la zona geográfica. Para garantizar un buen resultado en el crecimiento del tubérculo se necesita una semilla defendida, por lo cual para realizar la selección correcta debe poseer características como una buena formación de la papa, el tamaño debe ser de 3 a 6 cm, tener un color uniforme y descartar los que poseen de algún corte, ya que con estas características se formaría una semilla adecuada para la próxima siembra. Este parámetro es importante ya que para realizar la tolva del sembrador se necesita las medidas adecuadas de la semilla.

El proceso correcto para el almacenamiento de la semilla es poseer bodegas con ventilación y una temperatura adecuada, además colocar el tubérculo en sacos tipo malla que previenen el asentamiento de moscas, paracitos y demás insectos que causa enfermedades en el almacenamiento.

9.4 Anexo 4. Formulario de preguntas aplicadas a los agricultores de papa



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

FORMULARIO DE PREGUNTAS PARA LOS AGRICULTORES DE LA PAPA

Encuestador: Pablo Tenelema

Objetivo: Conocer las dificultades y opiniones de diferentes agricultores de papa, para poder brindar una solución a los problemas mencionados mediante un sembrador automático que agilice el proceso de la siembra.

Indicaciones: Marcar con una x en el círculo de la alternativa correspondiente, según su punto de vista.

1. ¿Realizan el conteo de las semillas que siembran en dicha área?

Siempre ☐ A veces ☐

Casi siempre ☐ Nunca ☐

2. ¿Considera usted que se debe tener un control para el proceso de selección de la semilla?

Totalmente en desacuerdo ☐ De acuerdo ☐

En desacuerdo ☐ Totalmente de acuerdo ☐

3. ¿Utilizan alguna maquinaria para realizar la siembra de la papa?

Siempre ☐ A veces ☐

Casi siempre ☐ Nunca ☐

4. ¿Está usted de acuerdo en seguir laborando de forma tradicional para sembrar la papa?

Totalmente en desacuerdo ☐ De acuerdo ☐

En desacuerdo ☐ Totalmente de acuerdo ☐

5. ¿Poseen herramientas apropiadas para este tipo de trabajo?Siempre ☐A veces ☐Casi siempre ☐Nunca ☐**6. ¿Qué tipo de papas siembran con frecuencia?**Super Chola ☐Frit Roja ☐Pan ☐Otro ☐

7. ¿Qué tiempo realizan en sembrar una hectárea de papas?1 - 4 h ☐8 - 12 h ☐4 - 8 h ☐> 12 h ☐**8. ¿En la temporada de invierno y verano presentan dificultades para realizar la siembra?**Siempre ☐A veces ☐Casi siempre ☐Nunca ☐**9. ¿De los siguientes factores cuales considera que afecta el proceso de la siembra?**La economía ☐Tiempo para realizar la siembra ☐Falta de personal ☐Escasez de semilla ☐**10. ¿Ha sufrido alguna enfermedad por realizar la siembra de la papa?**Siempre ☐A veces ☐Casi siempre ☐Nunca ☐

9.5 Anexo 5. Resultados del formulario de preguntas

1.- ¿Realizan el conteo de las semillas que siembran en dicha área?

Tabla 2. Cantidad de semillas en un área determinada

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Siempre	0	0%
Casi siempre	0	0%
A veces	1	10%
Nunca	9	90%
Total	10	100%

Control de la semilla que utilizan en la siembra
Tenelema, 2022



Figura 5. Desconocimiento de la semilla aplicada en el área
Tenelema, 2022

Análisis: En la Figura 5, se obtuvo que el 90% de los agricultores desconocen la cantidad de semilla que se aplicó en el área, mientras que el 10% lo hacen de una forma general, es decir que calculan un promedio por quintal de semilla. Con el uso del prototipo se puede realizar esta acción debido al sensor que brinda una cantidad exacta de cuanta semilla se utilizó en el terreno con el objetivo de adquirir la semilla exacta para la próxima siembra.

2.- ¿Considera usted que se debe tener un control para el proceso de selección de la semilla?

Tabla 3. Control de selección de la semilla

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente en desacuerdo	0	0%
En desacuerdo	0	0%
De acuerdo	3	30%
Totalmente de acuerdo	7	70%
Total	10	100%

Inspección de la selección del tubérculo que utilizan los agricultores
Tenelema, 2022

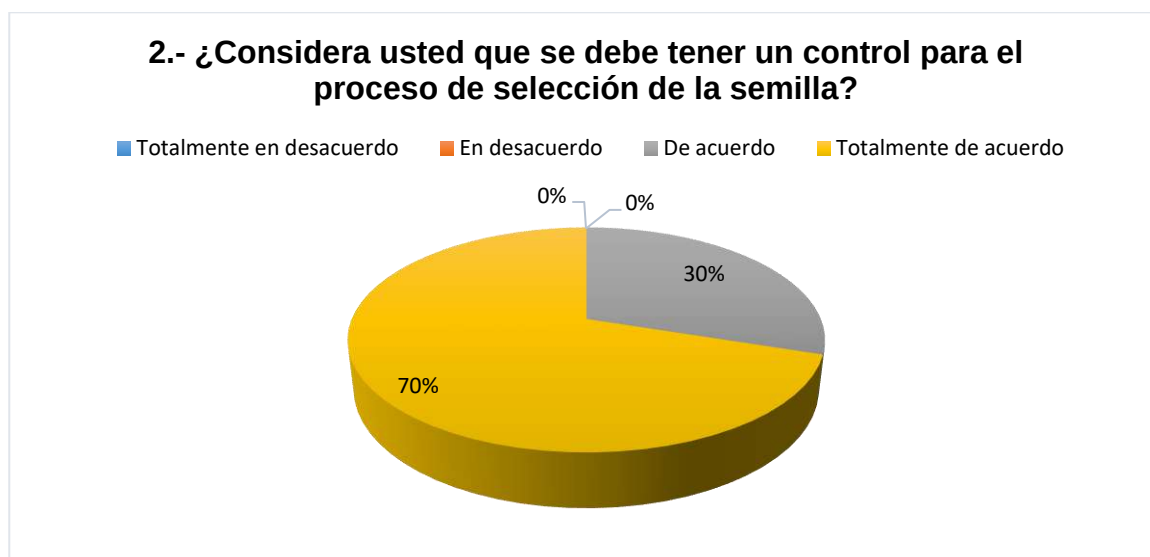


Figura 6. Agricultores que consideran el control de la semilla
Tenelema, 2022

Análisis: Se observa que en la Figura 6, se obtuvo el 70% de agricultores que están totalmente de acuerdo en inspeccionar la semilla, esto es debido a que a partir de este punto depende la producción del agricultor de tal manera que podría ser de gran beneficio y asegurar su producción, mientras que el resto de agricultores no están al seguro de controlar el proceso de selección adecuada arriesgando sus cultivos para producirlos.

3.- ¿Utilizan alguna maquinaria para realizar la siembra de la papa?

Tabla 4. Uso de maquinaria para la fase de la siembra

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Siempre	0	0%
Casi siempre	0	0%
A veces	0	0%
Nunca	10	100%
Total	10	100%

Agricultores que usan maquinaria para ejecutar la siembra
Tenelema, 2022

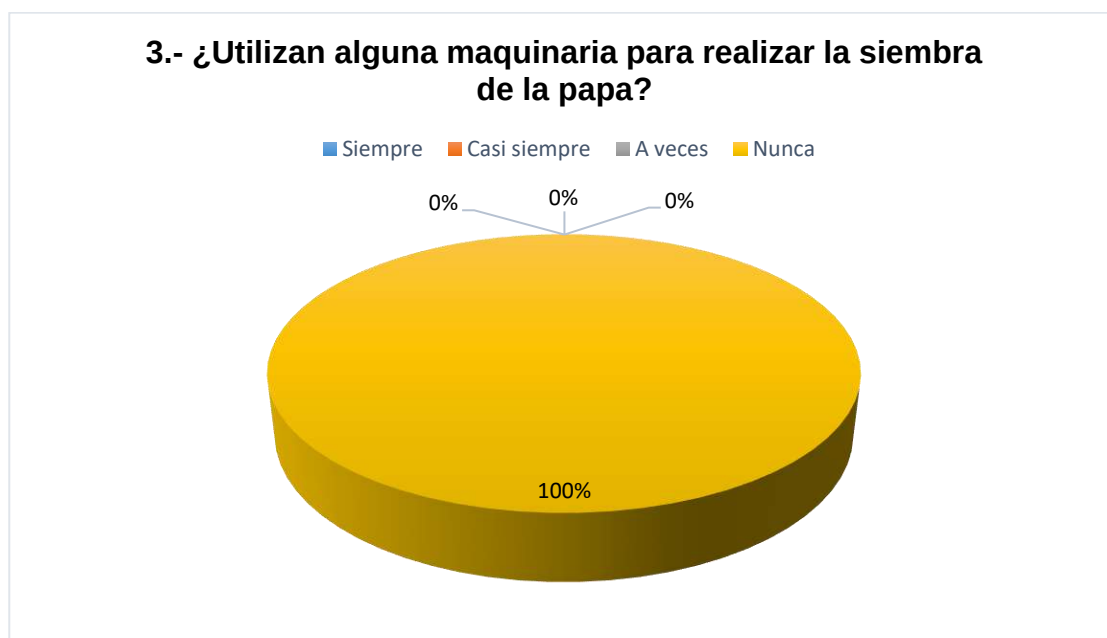


Figura 7. Agricultores que descartan el uso de maquinaria para la siembra
Tenelema, 2022

Análisis: En la Figura 7, el 100% de los encuestados no utilizan alguna maquinaria para realizar la fase de la siembra, esto debido a que varios de ellos desconocen el uso y las ventajas que les puede brindar la tecnología, además varios de los agricultores al no contar con un alto índice económico les impide adquirir las maquinarias que se encuentran a la venta actualmente, con el uso del sembrador robótico brindará ventajas importantes al agricultor como el precio que

es accesible para que puedan realizar la compra edemas con los dos modos de siembra se puede elaborar en diferentes terrenos preparados.

4.- ¿Está usted de acuerdo en seguir laborando de forma tradicional para sembrar la papa?

Tabla 5. Personal que laborar de forma tradicional

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente en desacuerdo	9	90%
En desacuerdo	1	10%
De acuerdo	0	0%
Totalmente de acuerdo	0	0%
Total	10	100%

Agricultores que están en desacuerdo para seguir laborando de forma tradicional
Tenelema, 2022

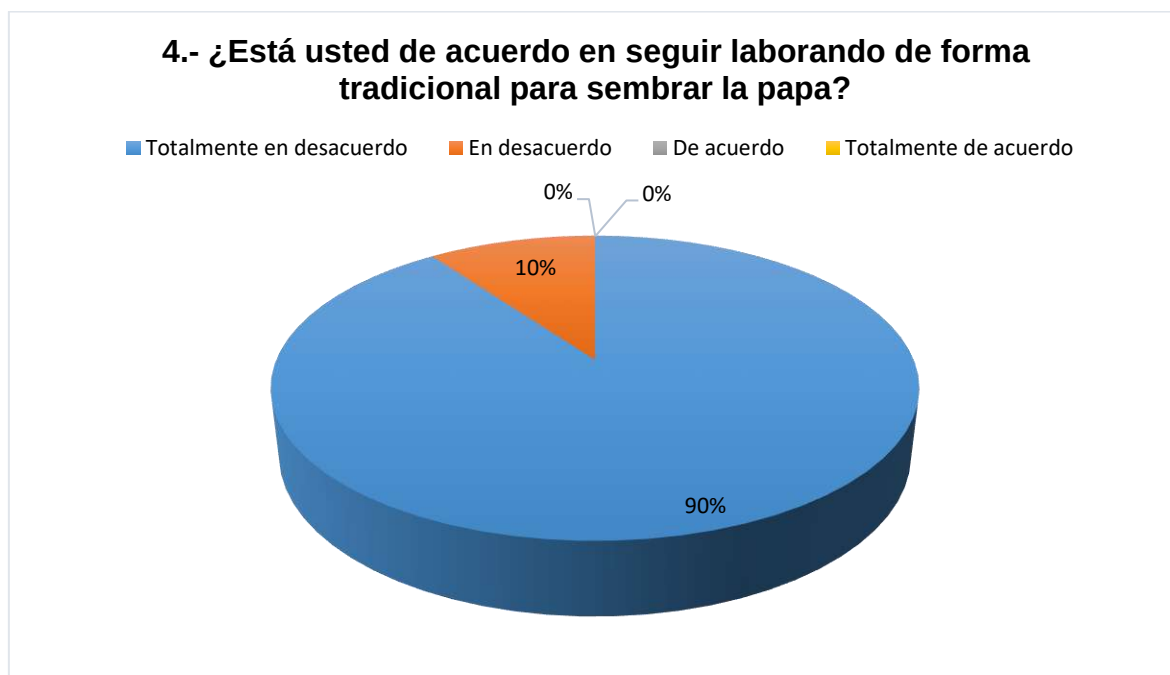


Figura 8. Agricultores que están en desacuerdo con la siembra tradicional
Tenelema, 2022

Análisis: En la Figura 8 los resultados estadísticos que se obtuvo fue que el 90% de agricultores están en total desacuerdo de seguir con la siembra de forma tradicional por varios problemas que surge y deben enfrentar al momento de

realizar la siembra de la papa, por consiguiente, se desarrolla el sembrador robótico que realiza la misma labor de una manera tecnificada, ya que cuenta con dos modos de siembra que son de forma automática y manual. El 10% de agricultores prefieren mantener la siembra de forma tradicional por falta de conocimiento en la tecnología y manipularlos, en vista de eso se brindará capacitaciones al agricultor de tal manera que adquieran el conocimiento suficiente para operar el prototipo.

5.- ¿Poseen herramientas apropiadas para este tipo de trabajo?

Tabla 6. Herramientas apropiadas para la siembra

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Siempre	2	20%
Casi siempre	6	60%
A veces	2	20%
Nunca	0	0%
Total	10	100%

Uso de herramientas destinadas en la siembra de papa
Tenelema, 2022

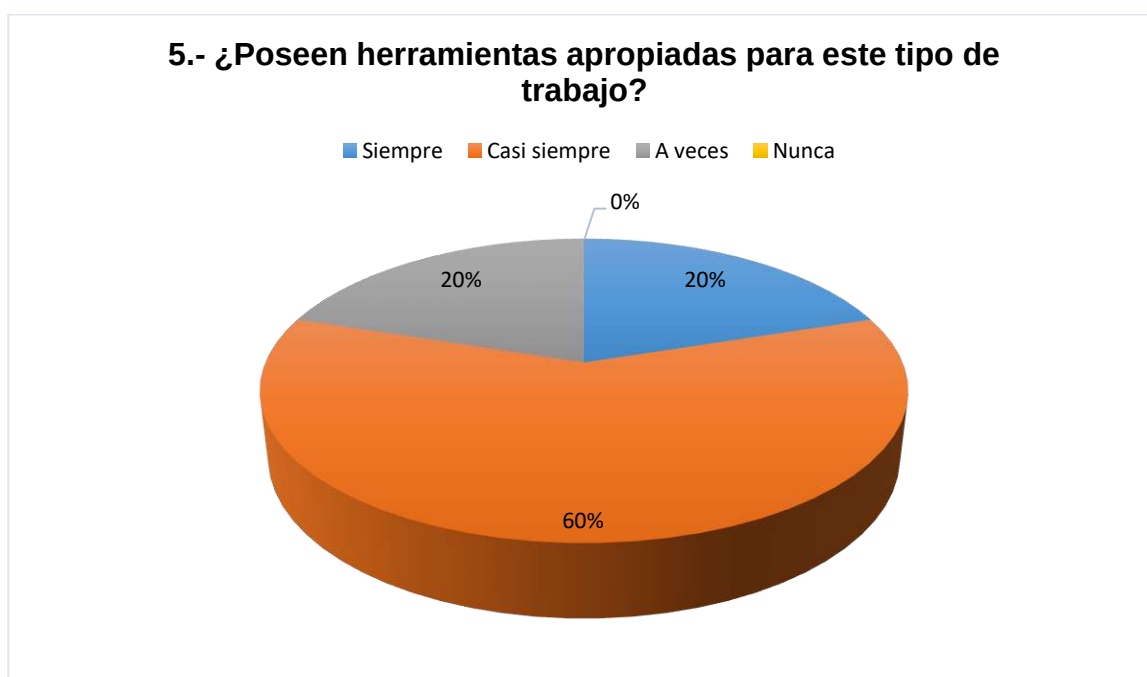


Figura 9. Agricultores que cuentan con herramientas adecuadas
Tenelema, 2022

Análisis: Mediante la Figura 9, se observa que 6 de 10 personas a las cuales se les realizó un formulario de preguntas poseen herramientas apropiadas para realizar este trabajo mientras que el resto de personas en ocasiones no tienen a su disposición ya que toman prestado hasta realizar la siembra.

6.- ¿Qué tipo de papas siembran con frecuencia?

Tabla 7. Tipo de papa con mayor frecuencia de siembra

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Súper chola	7	70%
Pan	1	10%
Frit roja	2	20%
Otro	0	0%
Total	10	100%

Cantidad de papa promedio que siembran en la zona 3
Tenelema, 2022

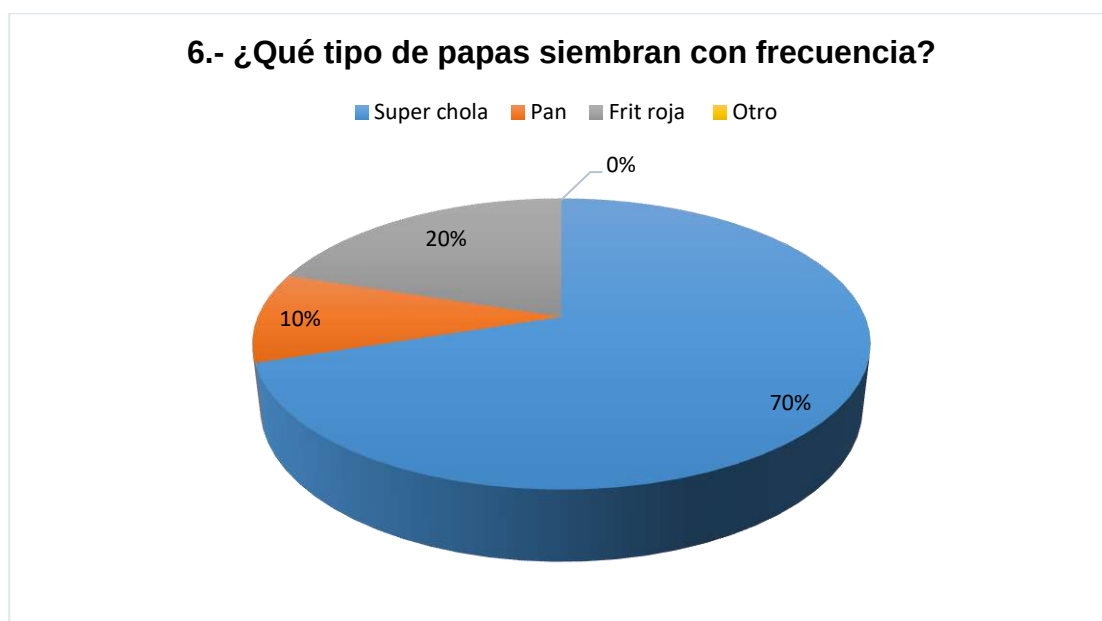


Figura 10. Tubérculo de mayor siembra en la zona 3, cantón Riobamba
Tenelema, 2022

Análisis: En la Figura 10, presenta que la mayor parte de agricultores de la zona 3 siembran la papa super chola, debido a su gran aceptación en el mercado y

siendo de importación para las otras regiones del Ecuador, no obstante, el 30% de agricultores optan por otra variedad de tubérculo. En vista de eso se elaborará el prototipo con un mayor porcentaje de las características de la papa súper chola, es decir de la forma adecuada que va enterrado el tubérculo y la distancia que se coloca en el suelo.

7.- ¿En qué tiempo realizan la siembra de una hectárea de papas?

Tabla 8. Tiempo en sembrar una hectárea de papa

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
1 - 4 H	0	0%
4 - 8 H	0	0%
8 - 12 H	2	20%
> 12 H	8	80%
Total	10	100%

Horas en el que se tarda en elaborar el sembrío de dicha área
Tenelema, 2022

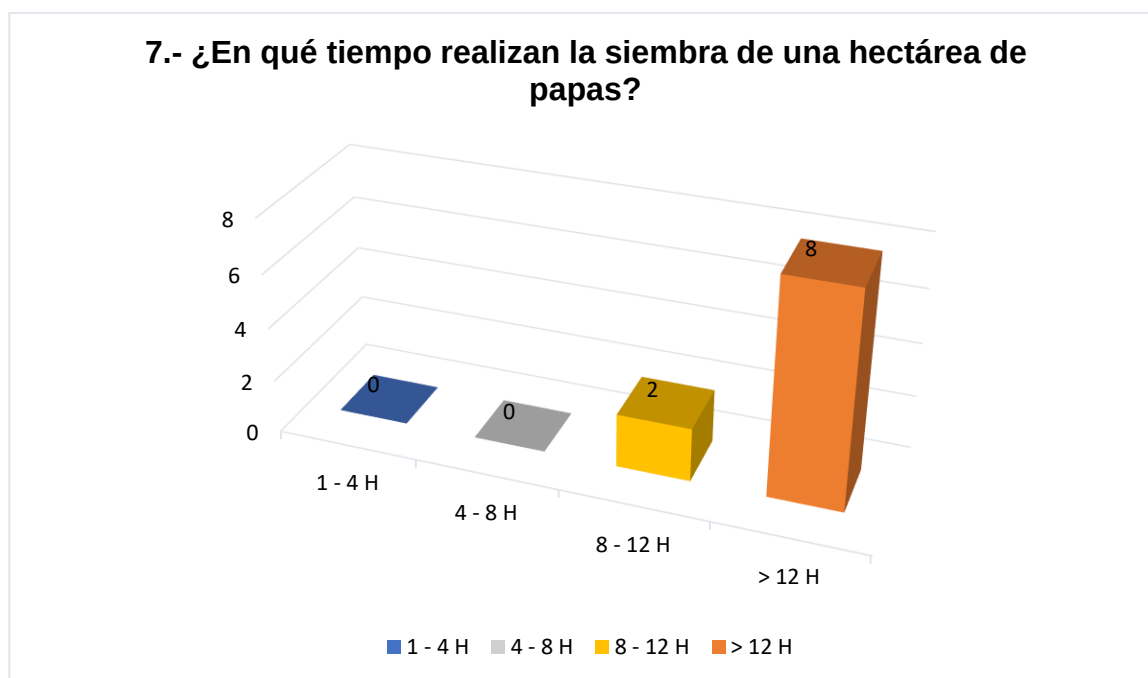


Figura 11. Rango de horas que se demora en sembrar una hectárea de papas
Tenelema, 2022

Análisis: En la Figura 11 se obtuvo un resultado mayoritario de 12 horas que se demoran en sembrar una hectárea de papas con un personal de 13 a 15 trabajadores, claro está que el tiempo en tardar la tarea depende del personal con que se está elaborando, por ejemplo, con un personal de 16 a 18 trabajadores se puede tardar 8 horas en realizar la siembra en el área de 10.000 m² que equivale a una hectárea.

8.- ¿En la temporada de invierno y verano presentan dificultades para realizar la siembra?

Tabla 9. Dificultades de realizar la siembra en invierno y verano

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Siempre	8	80%
Casi siempre	1	10%
A veces	1	10%
Nunca	0	0%
Total	10	100%

Afectación de la semilla en temporadas de invierno y verano
Tenelema, 2022

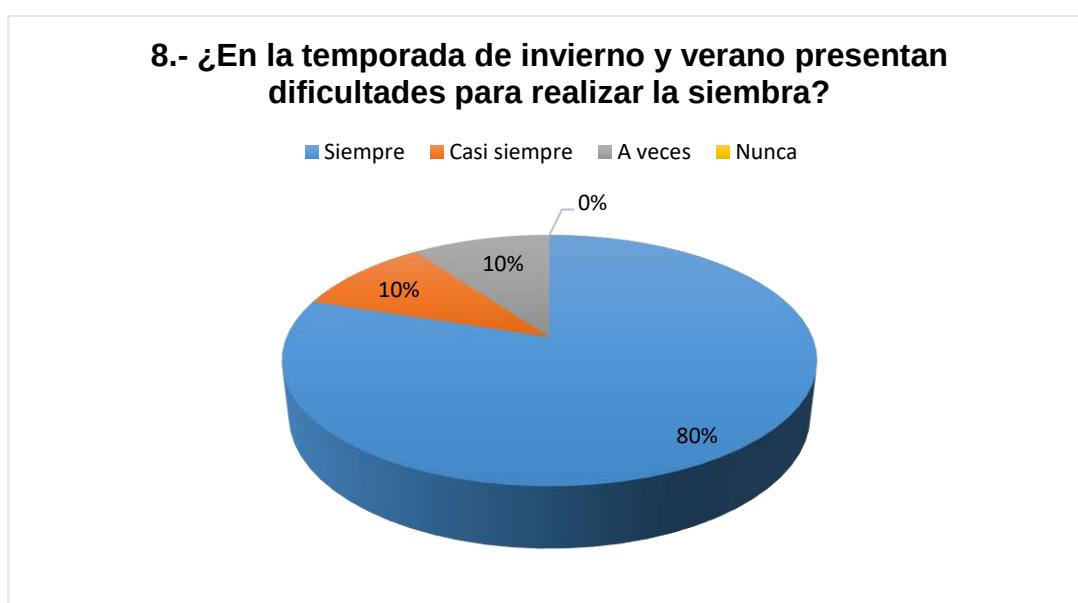


Figura 12. Dificultades para realizar la siembra en diferentes temporadas
Tenelema, 2022

Análisis: El resultado de la Figura 12, presenta que 8 de 10 agricultores les afecta la temporada de invierno para la siembra ya que el exceso de agua lleva a la pudrición de la semilla de la papa, mientras que el resto de los agricultores no siempre tienen este tipo de problemas debido a que sus terrenos tienen más inclinación donde el agua no puede ser almacenado en el cultivo, de una manera similar ocurren en la temporada de verano afectando a diferentes agricultores por la sequía, mientras que otros cuentan con reservorio de agua para estas temporadas.

9.- ¿De los siguientes factores cuales considera que afecta el proceso de la siembra?

Tabla 10. Factores que afectan al realizar la siembra de la papa

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
La economía	1	10%
Falta de personal	2	20%
Tiempo para realizar la siembra	7	70%
Escasez de semilla	0	0%
Total	10	100%

Problemas que presentan los agricultores en la siembra
Tenelema, 2022

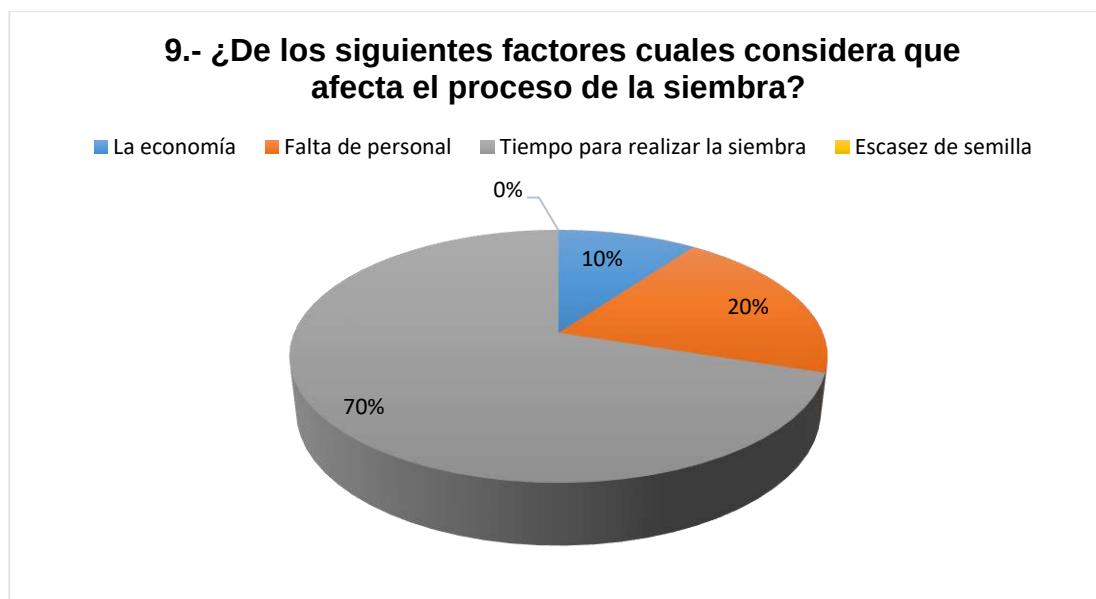


Figura 13. Factores que dificulta la siembra
Tenelema, 2022

Análisis: En la Figura 13 el resultado estadístico presenta que el 70% de agricultores cuentan con el tiempo insuficiente para realizar la siembra por lo que es uno de los mayores factores que representa dificultades para realizar la siembra, además la falta de personal y la parte económica son factores que afecta el proceso, es por ello que se creará un prototipo que reduzca el tiempo en realizar la fase de la plantación, de las misma forma reduciendo el personal requerido en esta tarea por lo que le permite un ahorro económico al usuario.

10.- ¿Ha sufrido alguna enfermedad por realizar la siembra de la papa?

Tabla 11. Enfermedades causadas a los agricultores

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Siempre	2	20%
Casi siempre	7	70%
A veces	1	10%
Nunca	0	0%
Total	10	100%

Agricultores que han sufrido enfermedades
Tenelema, 2022

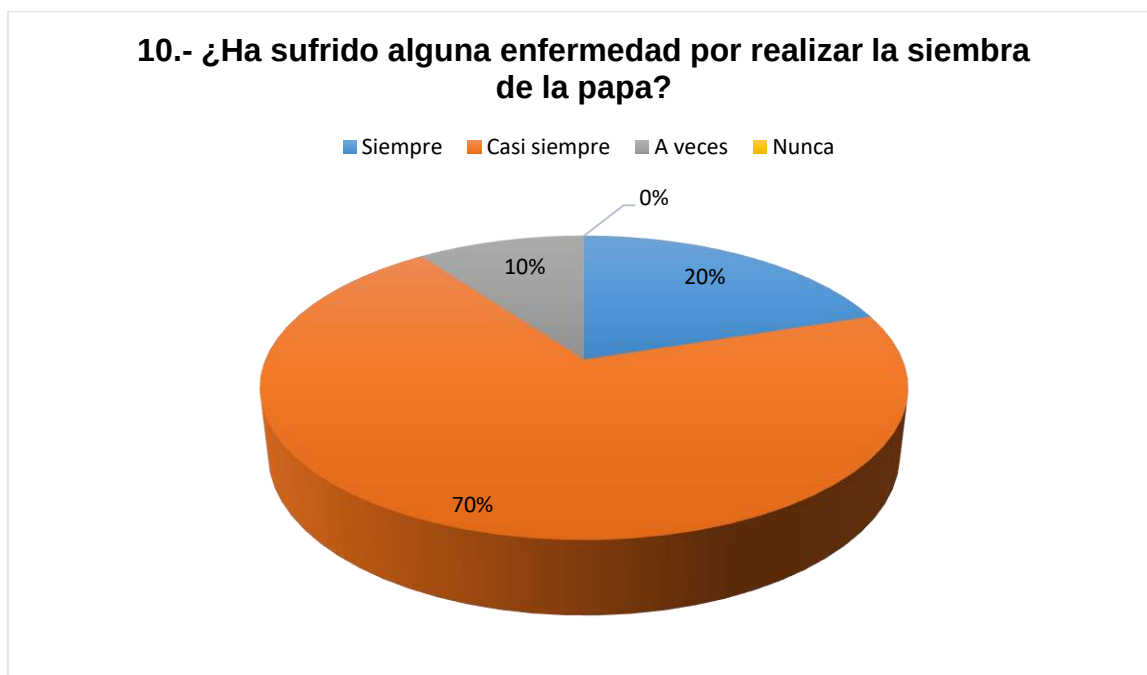


Figura 14. Agricultores que sufren de enfermedades por realizar tareas de siembra Tenelema, 2022

Análisis: Se observa en la Figura 14 el resultado estadístico es que el 70% de los agricultores presentan enfermedades una vez terminada la fase de la siembra, varios de ellos son afectados por altos rayos UV que produce el sol y luego por la lluvia que cambia constantemente produciéndoles gripe, tos, resfrió, etc. El 20 y 30% presentan enfermedades en su piel ya que están expuestos al polvo y temperaturas altas, no descartando que en el futuro esto podría afectar llegando a dar un cáncer en la piel.

Análisis de los resultados del formulario de preguntas: Mediante la aplicación del formulario de preguntas a los agricultores de la papa, se constató que varios de ellos presentan problemas al realizar la siembra del tubérculo, ya sea por asunto económico el cual no les permite contratar trabajadores que realizan esta labor, de la misma forma el tiempo que se necesita para llevar a cabo esta fase, esto ha llevado que sus cultivos se atrasen de tal forma que no genere ingresos económico para sus hogares.

Además de ello se pudo identificar las enfermedades que causa al llevar a cabo la siembra de la papa, esto debido a que están expuestos a altas temperaturas por la radiación del sol, lo que ha generado que varios de ellos presenten problemas en la piel como el cáncer que al pasar del tiempo se va desarrollando en la piel, otra enfermedad que sufren los agricultores es la gripe ya que están en contacto con el polvo y en ocasiones por la lluvia que cae al momento que están en la labor.

9.6 Anexo 6. Realización de formulario de preguntas y entrevistas a los agricultores y personal técnico de la papa



Figura 15. Entrevista a un Ingeniero especializado en el cuidado de la papa Tenelema, 2022



Figura 16. Aplicación del formulario de preguntas a los agricultores.
Tenelema, 2022

9.7 Anexo 7. Ubicación donde se realiza las pruebas del prototipo



Figura 17. Ubicación para realizar las pruebas del prototipo
Tenelema, 2022

9.8 Anexo 8. Tablas de análisis financiero

Tabla 12. Gasto económico con cinco trabajadores

Trabajadores	Herramientas	Salario	Almuerzo	Víveres	Transporte	Total
T1	\$ 5.00	\$ 20.00	\$ 2.50	\$ 1.00	\$ 1.00	\$ 29.50
T2	\$ 5.00	\$ 20.00	\$ 2.50	\$ 1.00	\$ 1.00	\$ 29.50
T3	\$ 5.00	\$ 20.00	\$ 2.50	\$ 1.00	\$ 1.00	\$ 29.50
T4	\$ 5.00	\$ 20.00	\$ 2.50	\$ 1.00	\$ 1.00	\$ 29.50
T5	\$ 5.00	\$ 20.00	\$ 2.50	\$ 1.00	\$ 1.00	\$ 29.50
				Valor	Total	\$ 147.50

Gastos económicos por cada siembra en un área de 200 mt²

Tenelema, 2022

Tabla 13. Costos anuales de siembra con trabajadores

Tiempo de cosecha	Nº de siembra al año	Valor por cada siembra	Costo total al año
3 meses	4	\$ 147.50	\$ 590.00

Gasto anual de la siembra en un área de 2000 mt²
Tenelema, 2022

Tabla 14. Gasto económico con un trabajador y el prototipo

Trabajadores	Herramientas	Salario	Almuerzo	Víveres	Transporte	Total
T1	0	\$ 10.00	\$ 2.00	\$ 1.00	\$ 1.00	\$ 14.00
M1	0	0	0	0	\$ 1.00	\$ 1.00
				Valor	Total	\$ 15.00

Precio de cada siembra mediante un trabajador y el sembrador automático en un área de 200 mt²
Tenelema, 2022

Tabla 15. Gasto anual con un trabajador y el prototipo

Tiempo de cosecha	N° de siembra al año	Valor por cada siembra	Costo total al año
3 meses	4	\$ 15.00	\$ 60.00

Coste de siembra anual con el prototipo y un trabajador en un área de 200 mt²
Tenelema, 2022

Tabla 16. Tiempo para recuperar el presupuesto

N° de siembra	Valor por cada siembra	Costo total de la siembra	Costo del sembrador
5	\$ 147.50	\$ 737.50	\$ 727.00

Comparación económica del prototipo y valor de la siembra
Tenelema, 2022

9.9 Anexo 9. Historial de usuario

Tabla 17. Historial de usuario al realizar la conexión mediante bluetooth

Historia de usuario	
Numero: 1	Usuario: Agricultor
Nombre de historia: Conexión de la aplicación y el prototipo mediante bluetooth	
Prioridad en negocio: Alta	Rango en desarrollo: Alta
Responsable: Tenelema Pablo	
Descripción: Mostrar un aviso sobre la distancia adecuada para establecer la conexión	
Validación: Evitar problemas en la conexión del módulo bluetooth	

Historial de usuario
Tenelema, 2022

Tabla 18. Historial de usuario accesos a la pantalla principal

Historia de usuario	
Numero: 2	Usuario: Agricultor
Nombre de historia: Acceso a la pantalla principal del aplicativo móvil	

Prioridad en negocio: Alta

Rango en desarrollo: Alta

Responsable: Tenelema Pablo

Descripción: Exponer botones visibles y adecuados para el manejo del prototipo

Validación: Impedir errores pulsaciones fallidas

Historial de usuario
Tenelema, 2022

Tabla 19. Historial de usuario de ingreso a la pantalla en modo automático
Historia de usuario

Numero: 3

Usuario: Agricultor

Nombre de historia: Acceso a la pantalla en modo automático del aplicativo

Prioridad en negocio: Alta

Rango en desarrollo: Alta

Responsable: Tenelema Pablo

Descripción: Validar espacios que permite ingresar información de sembrado como el número de surcos.

Validación: Evadir que ingresen datos no correspondientes a los parámetros establecidos

Historial de usuario
Tenelema, 2022

Tabla 20. Historial de usuario al ingresar a la pantalla en modo manual
Historia de usuario

Numero: 4

Usuario: Agricultor

Nombre de historia: Acceso a la pantalla en modo manual de la aplicación

Prioridad en negocio: Alta

Rango en desarrollo: Alta

Responsable: Tenelema Pablo

Descripción: Mostrar botones que permita un control adecuado

Validación: Obviar errores en el uso del prototipo

Historial de usuario
Tenelema, 2022

9.10 Anexo 10. Requerimientos funcionales y no funcionales

Tabla 21. Requerimientos funcionales

N°	Requerimiento	Descripción
01	Establecer conexión con el sembrador por medio de la aplicación.	El robot deberá permitir realizar la conexión por medio del bluetooth.
02	Selección de los modos de trabajo.	La aplicación permitirá escoger los dos modos de trabajo (automática y manual).
03	Control por medio de los botones básicos.	El prototipo podrá ser capaz de ser dirigido hasta el punto de siembra por medio de los botones básicos (atrás, adelante, izquierda, derecha).
04	Ingreso de datos del área.	La aplicación permitirá ingresar parámetro del área a ser sembrada (número de surcos, distancia a ser sembrada).
05	Iniciar y cancelar la siembra.	Por medio de la aplicación se podrá dar inicio y cancelar la siembra.
06	Registro del total de tubérculo sembrado.	El prototipo podrá mostrar la cantidad de semilla sembrada y además se observará en la pantalla de la aplicación.

Requerimientos establecidos en el sembrador
Tenelema, 2022

Tabla 22. Requerimientos no funcionales

N°	Requerimiento	Descripción
01	Mostrar alertas.	En la pantalla LCD y en la aplicación mostrara alertas como: porcentaje de la batería e ingreso de datos.
02	Ingreso a la aplicación.	La aplicación podrá ser ejecutada por medio de un dispositivo Android.
03	Hardware confiable.	El sembrador constará de tarjetas aptas para el trabajo requerido, además estarán protegidas del polvo y la lluvia.
04	Motores de gran potencia.	El prototipo constará con dos motores eléctricos, los mismo que cuenta con una potencia de 360 W y velocidad máxima de 7km/h.
05	Sensores adaptables	Los sensores que serán instalados en el prototipo son confiables para la ejecución del trabajo especificado.
06	Mantenibilidad	El prototipo contará con un fácil y económico mantenimiento tanto en hardware y software.
07	Rendimiento	El sembrador contará con baterías de larga duración, además por medio de los paneles permitirá cargar mientras este en ejecución.
08	Usabilidad	Los agricultores podrán usar el prototipo sin problemas ya que la aplicación contara con pantallas básicas.

09 Porcentaje de la Se podrá observar el porcentaje de la batería
batería. tanto en el prototipo como en la aplicación.

Requerimientos no funcionales establecidos en el prototipo
Tenelema, 2022

9.11 Anexo 11. Casos de uso del robot sembrador

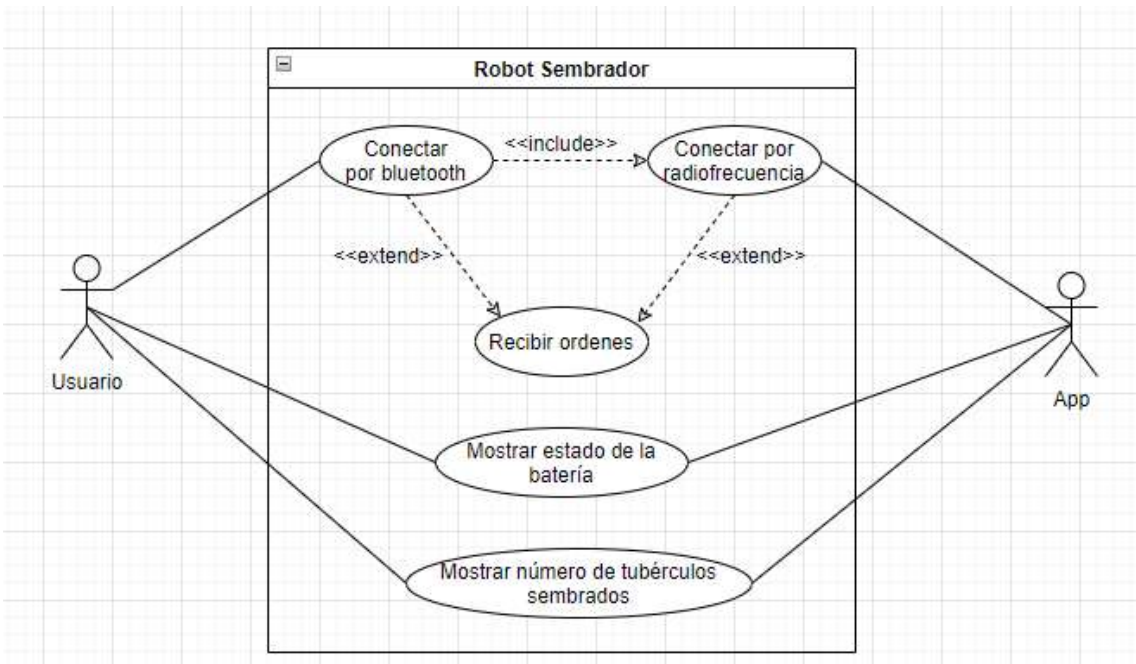


Figura 18. Caso de uso del prototipo
Tenelema, 2022

Tabla 23. Descripción del caso de uso sobre el sembrador robótico

Identificador	01						
Nombre	Robot sembrador						
Actor	• Usuario • Aplicación						
Descripción	Detalla el proceso de cómo se conecta el usuario al robot por medio de la aplicación.						
Secuencia normal	<table><tr><th>Pasos</th><th>Acción</th></tr><tr><td>1.</td><td>El usuario se conecta por medio del bluetooth.</td></tr><tr><td>2.</td><td>La aplicación se conecta por radio radiofrecuencia.</td></tr></table>	Pasos	Acción	1.	El usuario se conecta por medio del bluetooth.	2.	La aplicación se conecta por radio radiofrecuencia.
Pasos	Acción						
1.	El usuario se conecta por medio del bluetooth.						
2.	La aplicación se conecta por radio radiofrecuencia.						

	3. El prototipo cumple las órdenes recibidas.	
Secuencia alternativa	Pasos	Acción
	1. El usuario puede observar el estado de la batería en el prototipo por medio de una pantalla LCD.	
	2. El usuario puede observar la cantidad de tubérculos sembrados en la LCD.	
	1. La aplicación puede mostrar el estado de la batería y la cantidad de tubérculos sembrados.	
Excepciones	Acción	
	1. Encendido de led verde alertando conexión exitosa.	
	2. Encendido del led rojo que aún no tiene conexión con el prototipo.	
Observaciones	El usuario puede manipular los componentes permitidos del prototipo para realizar su limpieza.	

Caso de uso del sembrador robótico
Tenelema, 2022

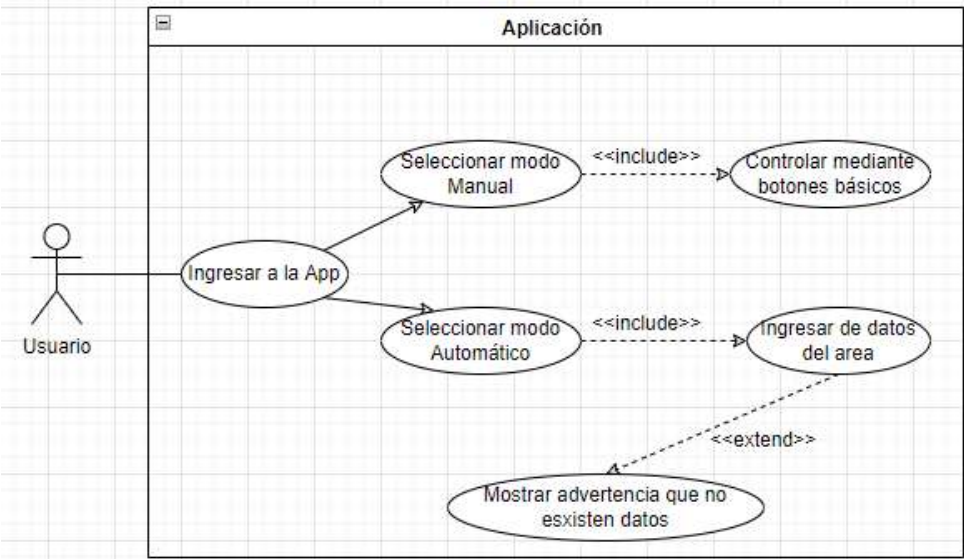


Figura 19. Caso de uso de la aplicación
Tenelema, 2022

Tabla 24. Descripción del caso de uso sobre el uso de la aplicación

Identificador	02
Nombre	Aplicación
Actor	Usuario
Descripción	Detalla el proceso del aplicativo
Secuencia normal	Pasos Acción 1. El usuario ingresa a la aplicación. 2. El usuario puede seleccionar los modos de trabajo. 3.
Secuencia alternativa	Pasos Acción 1. El usuario ingresa a modo manual de trabajo. 2. El usuario puede controlar al prototipo por medio de los botones básicos de la aplicación. 1. El usuario ingresa al modo automático de trabajo. 2. El usuario ingresará lo datos del área a sembrar.
Excepciones	Acción 1. Si no tiene datos ingresados mostrar una advertencia.
Observaciones	El usuario puede maniobrar el robot en los modos correspondientes de trabajo por medio de la aplicación.
Caso de uso de la aplicación Tenelema, 2022	

9.12 Anexo 12. Esquema eléctrico

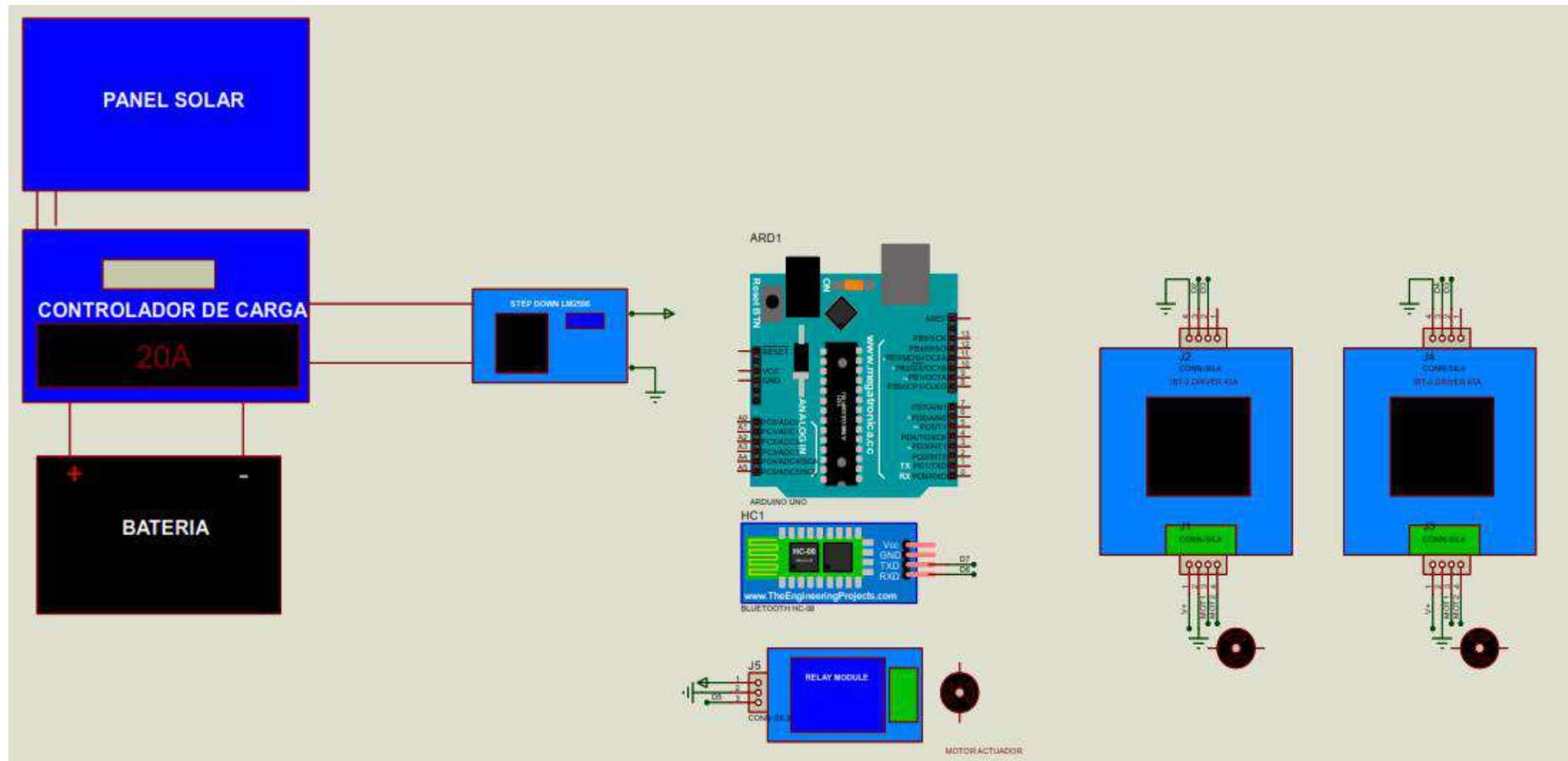


Figura 20. Esquema de los componentes eléctricos elaborado en Proteus Tenelema, 202

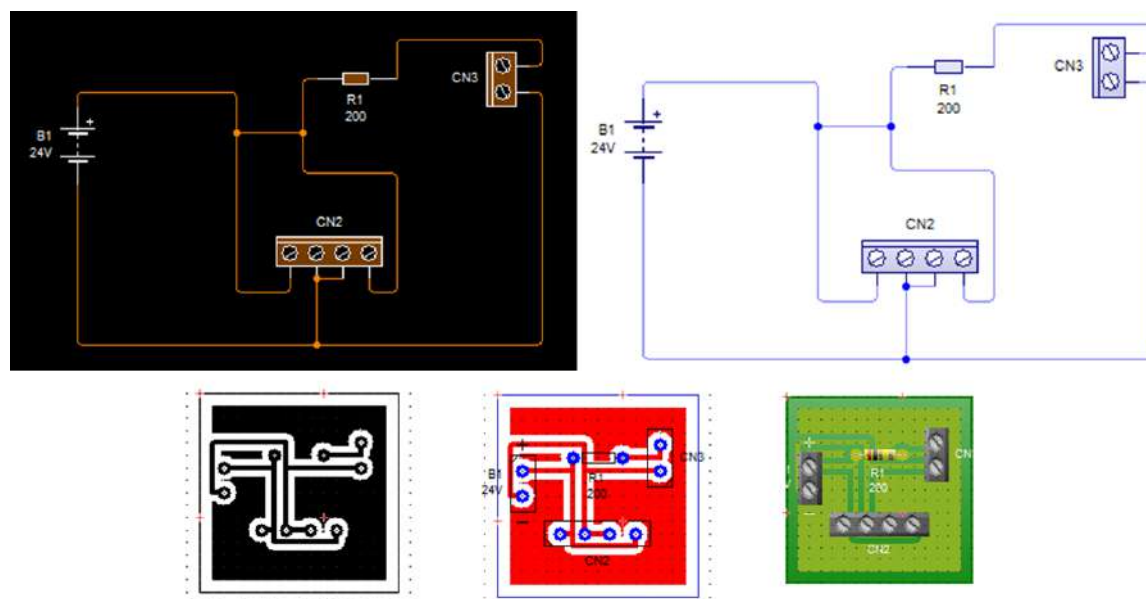


Figura 21. Circuito de la placa principal desarrollado con LiveWire y PCB Wizard Tenelema, 2022

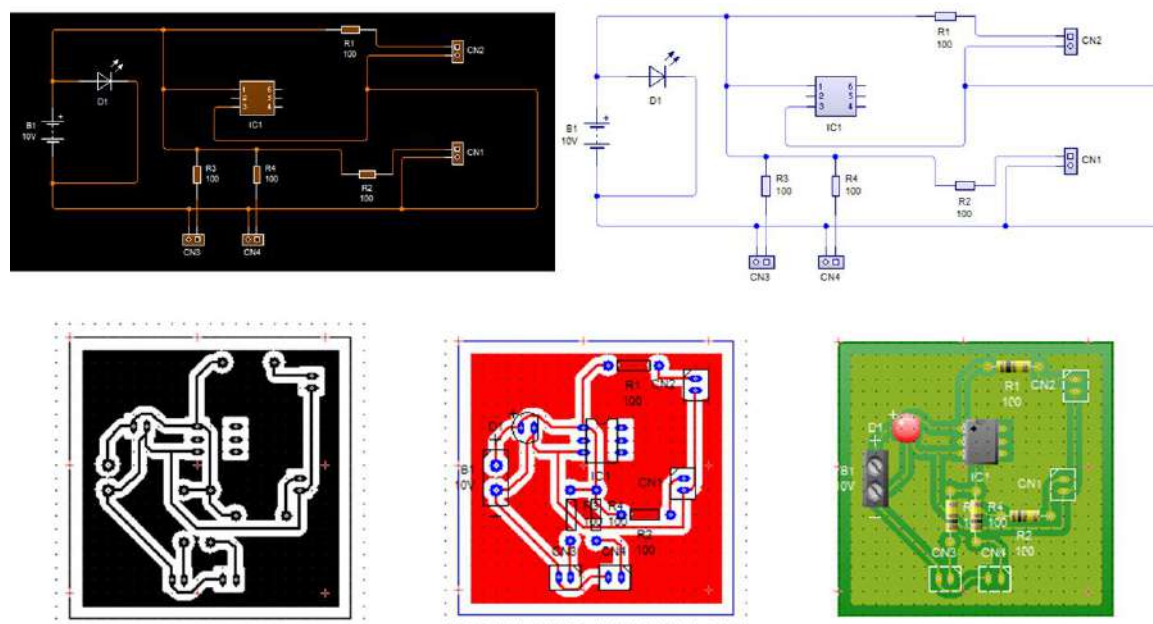


Figura 22. Diseño de la placa secundaria construido con LiveWire y PCB Wizard Tenelema, 2022

9.13 Anexo 13. Desarrollo mediante la metodología de prototipos

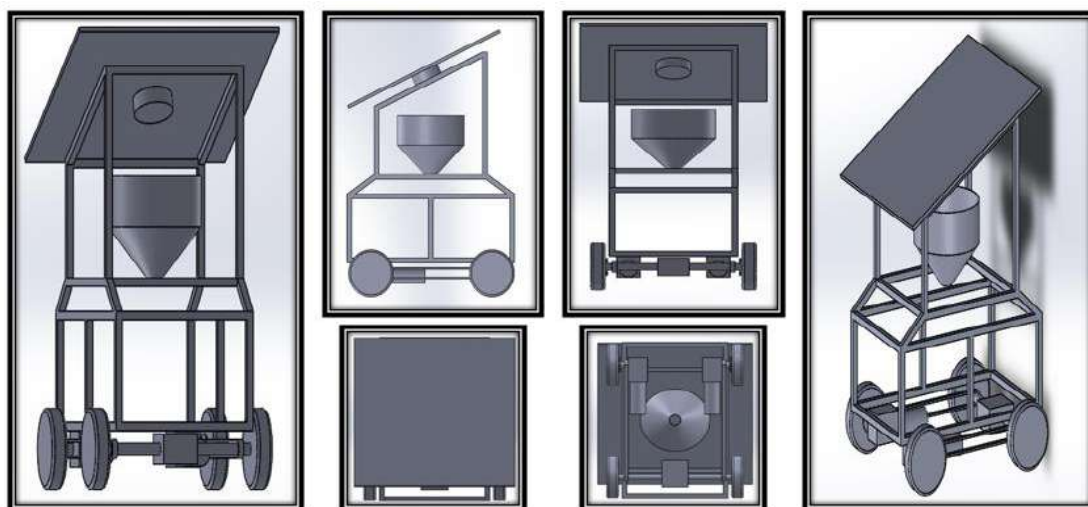


Figura 23. Diseño del prototipo realizado en el software SolidWorks
Tenelema, 2022

Tabla 25. Análisis cinemático de movimientos en terreno liso

Movimiento	Tiempo	Velocidad	Voltaje de Operación	° del suelo a neumáticos
Adelante	1 min	12 k/h	24 v	30 °
Atrás	1 min	10 k/h	24 v	30 °
Izquierda	30 s	6 k/h	24 v	30 °
Derecha	30 s	6 k/h	24 v	30 °

Evaluación de movimientos en terreno liso
Tenelema, 2022

Tabla 26. Análisis cinemático de movimiento en terreno rocoso

Movimiento	Tiempo	Velocidad	Voltaje de Operación	° del suelo a neumáticos
Adelante	1 min	10 k/h	24 v	35 °
Atrás	1 min	8 k/h	24 v	35 °
Izquierda	30 s	5 k/h	24 v	35 °
Derecha	30 s	5 k/h	24 v	35 °

Evaluación de movimientos en terreno rocoso
Tenelema, 2022

Tabla 27. Análisis dinámico del torque sin carga

Movimiento	Peso	Torque	Voltaje de Operación	° del suelo a neumáticos
Adelante	45 kg	3.9 Kg.m	24 V	30 °
Atrás	45 kg	3.9 Kg.m	24 V	30 °
Izquierda	45 kg	3.4 Kg.m	24 V	30 °
Derecha	45 kg	3.4 Kg.m	24 V	30 °

Evaluación del torque de los motores
Tenelema, 2022

Tabla 28. Análisis dinámico del torque con carga establecida

Movimiento	Peso	Torque	Voltaje de Operación	° del suelo a neumáticos
Adelante	95 kg	3.5 Kg.m	24 V	56 °
Atrás	95 kg	3.5 Kg.m	24 V	56 °
Izquierda	95 kg	3.2 Kg.m	24 V	56 °
Derecha	95 kg	3.2 Kg.m	24 V	56 °

Evaluación del torque de los motores con 50 lb de tubérculo
Tenelema, 2022



Figura 24. Diseño mecánico avanzado del sembrador
Tenelema, 2022

9.14 Anexo 14. Desarrollo mediante la metodología XP

Tabla 29. Planificación de los requerimientos

Fase	Técnico	Detalle	Requerimiento	Observaciones
01	Ing. Walter Gonzáles	Instalación de la tolva	Salida de tubérculo de 5 cm	Cambio de posicionamiento de la tolva
02	Ing. Walter Gonzáles	Instalación del abre y cierra surcos	Abrir el surco preparado y formar el surco	Elevación de 40 cm desde le suelo
03	Ing. Walter Gonzáles	Instalación de los paneles solares	Carga automática en las baterías	Reposicionamiento del panel, para no obstaculizar la colocación de tubérculos en la tolva
04	Ing. Walter Gonzáles	Verificación de la distancia de la siembra	Distancia del sembrado de la semilla	Ninguna

Instalación de diferentes componentes con la ayuda del técnico especializado
Tenelema, 2022

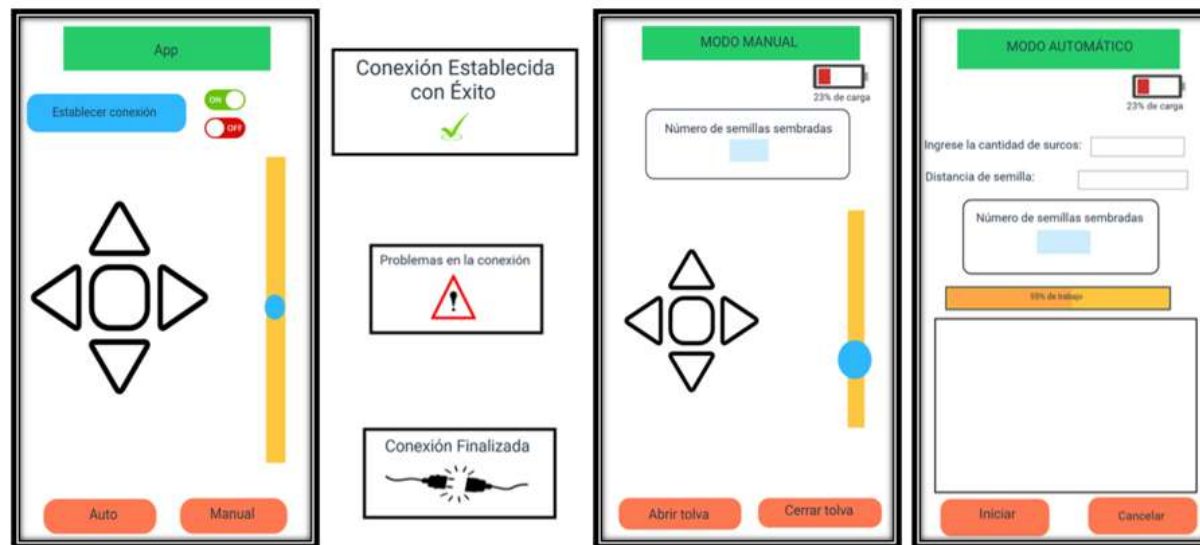


Figura 25. Diseño de la aplicación desarrollado en la aplicación Marvel App
Tenelema, 2022

9.15 Anexo 15. Pruebas de integración y caja negra

Tabla 30. Hoja de control de los componentes

Número	Componente	Se probará	Prerrequisitos
01	Bluetooth HC-12 - Aplicativo	Conexión con el prototipo por medio de la aplicación móvil	Aplicación, prototipo
02	Paneles solares - Baterías	Carga de las baterías por medio de los paneles	Paneles solares, dos baterías, convertidor de corriente
03	Baterías – Arduino	Voltaje requerido	Convertidor de voltaje, multímetro
04	Relay - Motores	Voltaje adecuado	Multímetro, baterías
05	Motores - Baterías	Consumo de voltaje	Relay, multímetro

Pruebas de integración de diferentes componentes
Tenelema, 2022

Tabla 31. Registro de cambios del prototipo

Nombre de Proyecto: Creación de un Prototipo Para el Sembrío de Papas **Ambiente de Prueba:** Campo abierto

en Terrenos Preparados

Autor: Tenelema Morales Pablo Xavier

Caso de Prueba: TM-001

Propósito: Verificación de los componentes del hardware con el software (Aplicación móvil)

Versión: 1.0.0 (04/07/22)

Descripción de las Acciones								
#	Repeticiones	Acciones	Tiempo	Salida Esperada	Salida Obtenida	Resultado	Observaciones	Evidencia
01	2	Establecer la conexión con el prototipo por medio del módulo bluetooth HC - 05	2 s	Establecer la conexión de forma correcta	Conexión establecida	Ok	Ninguna	
02	3	Carga de las baterías por medio de paneles solares	8 H	Realizar la carga completa de las baterías en tiempo de 6 H.	Carga completa en 6 H.	Ok	Ninguna	

03	2	Establecer el paso de corriente de las baterías al Arduino por medio del convertidor de voltaje	-	Voltaje requerido de 5 V	Voltaje 5 V – 5.1V	Ok	Ninguna	
04	2	Funcionamiento del Relay de 1 canal	-	Incrementar la corriente enviando de las baterías a los motores	Voltaje requerido para las baterías 24 V	OK	Ninguna	
05	1	Consumo de voltaje de los motores	1 H	Envío de corriente de las baterías a los motores	24v DC	Ok	Ninguna	

Detalles de la prueba de integración
Tenelema, 2022

Tabla 32. Prueba de caja negra de la aplicación conexión del bluetooth

Prueba de Caja Negra	Conexión con el prototipo y la aplicación mediante bluetooth
Propósito	Verificar la conexión inalámbrica del módulo de bluetooth
Datos de Entrada	Entrada: Seleccionar el dispositivo correcto de emparejamiento Salida: Realizar la conexión con el prototipo Peticiones: Distancia adecuada para la conexión con el bluetooth Repeticiones: 2
Pasos	1. Abrir la aplicación del Sembrador 2. Pulsar el botón de establecer la conexión 3. Seleccionar el dispositivo correcto del prototipo 4. Aceptar emparejamiento 5. Aceptamos las condiciones (si lo requiere)
Resultados Obtenidos	Se realiza la conexión adecuada del aplicativo con el prototipo mediante bluetooth, de lo contrario se lee conexión fallida por la distancia que no es la adecuada

Tabla 33. Prueba de caja negra de la aplicación pantalla principal

Prueba de Caja Negra	Inicio de la pantalla principal
Propósito	Verificar el funcionamiento de los botones mediante la aplicación móvil
Datos de Entrada	Entrada: Pulsar los botones de atrás, adelante, izquierda, derecha, movimiento de la punta del abre surco, Automática y Manual Salida: realizar el movimiento del prototipo de acuerdo a las acciones de la aplicación Peticiones: Mantener conexión mediante el bluetooth Repeticiones: 4
Pasos	1. Mantener conexión al prototipo mediante el módulo bluetooth 2. Pulsar los botones de la pantalla principal
Resultados Obtenidos	El funcionamiento es el adecuado, siempre y cuando se mantenga conexión con el prototipo mediante el bluetooth

Prueba de caja negra
Tenelema, 2022

Tabla 34. Prueba de caja negra de la aplicación en modo Automático

Prueba de Caja Negra	Pantalla modo Automático
Propósito	Verificar el ingreso de datos y funcionamiento de los botones
Datos de Entrada	Entrada: Ingresar los datos de los surcos y distancia de sembrado Salida: Realizar la siembra de forma automática Peticiones: Mantener conexión mediante el bluetooth Repeticiones: 5
Pasos	1. Abrir la pantalla de siembra automática 2. Ingresar los datos correspondientes 3. Verificar los datos ingresados 4. Pulsar el botón aceptar
Resultados Obtenidos	Se ingresa los datos de forma correcta e inicia la siembra al pulsar el botón iniciar, caso contrario si presenta un error presionar el botón Cancelar para suspender el proceso

Prueba de caja negra
Tenelema, 2022

Tabla 35. Prueba de caja negra de la aplicación en modo Manual

Prueba de Caja Negra	Pantalla modo Manual
Propósito	Verificar el funcionamiento de los módulos
Datos de Entrada	Entrada: Pulsar los botones de atrás, adelante, izquierda, derecha, movimiento de la punta del abre surco, abrir tolva y cerrar tolva

Salida: realizar el movimiento del prototipo de acuerdo a las acciones de la aplicación

Peticiones: Mantener conexión mediante el bluetooth

Repeticiones: 2

Pasos

1. Abrir la pantalla en forma Manual
2. Pulsar los botones correspondientes

Resultados Obtenidos

El funcionamiento es el adecuado al pulsar los botones correspondientes, se presenta errores tal caso que se pierda la conexión

Prueba de caja negra
Tenelema, 2022

9.16 Anexo 16. Pruebas de aceptación

Tabla 36. Parámetros de aceptación del prototipo

Parámetros	Agricultores				
	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5
Precio	✓		✓	✓	
Eficiencia		✓	✓	✓	
Aplicación Móvil	✓	✓	✓	✓	✓
Capacidad	✓	✓		✓	✓
Tiempo de Siembra		✓	✓		✓
Destreza	✓	✓	✓	✓	✓

Pruebas de aceptación
Tenelema, 2022

9.17 Anexo 17. Manual de usuario del aplicativo móvil



MANUAL DE USUARIO DE LA APLICACIÓN MÓVIL

Introducción

Se ha desarrollado el presente manual de usuario de la aplicación móvil para que el agricultor pueda saber cómo utilizar el aplicativo el cual agilice el proceso de la siembra de la papa, beneficiado a los agricultores.

Descarga de la APK

Para descargar la aplicación, se debe ingresar al siguiente link: https://mega.nz/folder/ANJymCpR#3th2vTxrs7ZxRko-mEZs_g desde un explorador de internet, al realizar se va cargar la siguiente página:

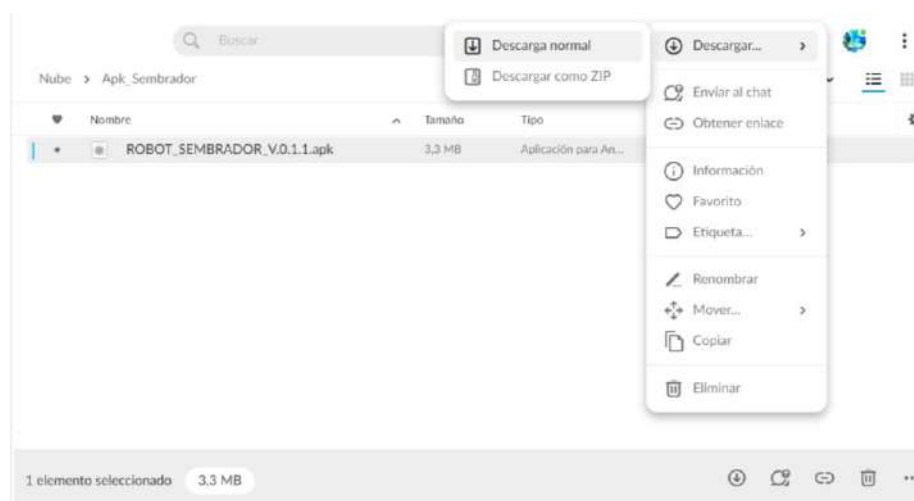


Figura 26. Ubicación de la Apk
Tenelema, 2022

Observamos el archivo Robot_Sembrador_V0.1.1.apk donde procedemos a dar clic derecho y descarga normal, a continuación, se descargará automáticamente.

Instalación de la APK

La instalación se realiza siempre y cuando el usuario conceda los permisos a la aplicación como se muestra en la imagen:



Figura 27. Instalación de la APK
Tenelema, 2022

Al conceder los permisos la .apk procederá a instalar en el dispositivo, ya que la misma no cuenta con la seguridad de la Play Store, por lo consiguiente el sistema operativo de Android lo detecta peligroso.

Emparejamiento del bluetooth

Luego de tener la aplicación instalada en el dispositivo procedemos a emparejar el módulo bluetooth desde el dispositivo Android.

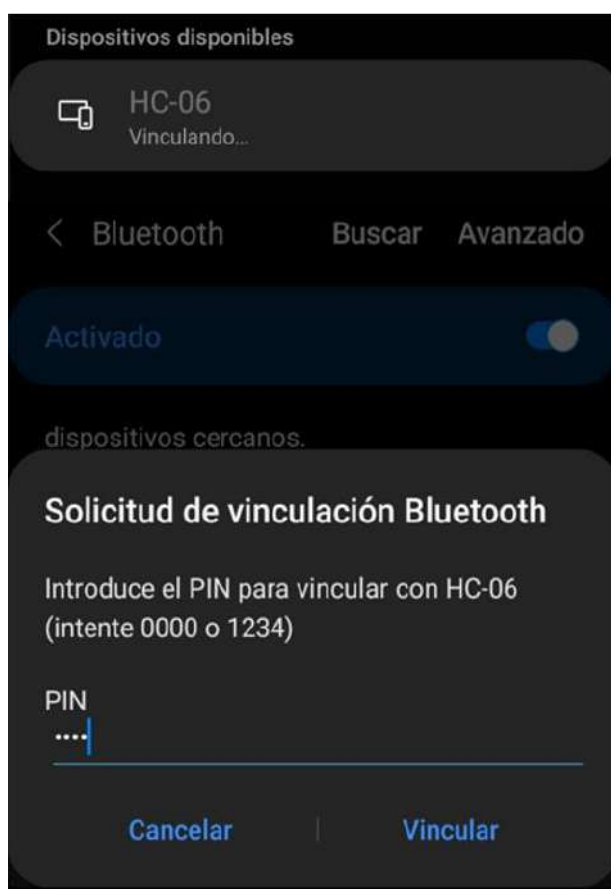


Figura 28. Vinculación del bluetooth
Tenelema, 2022

Aceptamos la solicitud de emparejamiento con el dispositivo “HC-06”, mediante el PIN 1234.

A continuación, abrimos la aplicación del Sembrador y seleccionamos el dispositivo que se realizó el emparejamiento.



Figura 29. Lista de dispositivos vinculados
Tenelema, 2022

Pantalla principal

En la pantalla principal podemos manipular los botones básicos (adelante, atrás, izquierda y derecha), esto con el objetivo de movilizar el prototipo hasta el punto de siembra.

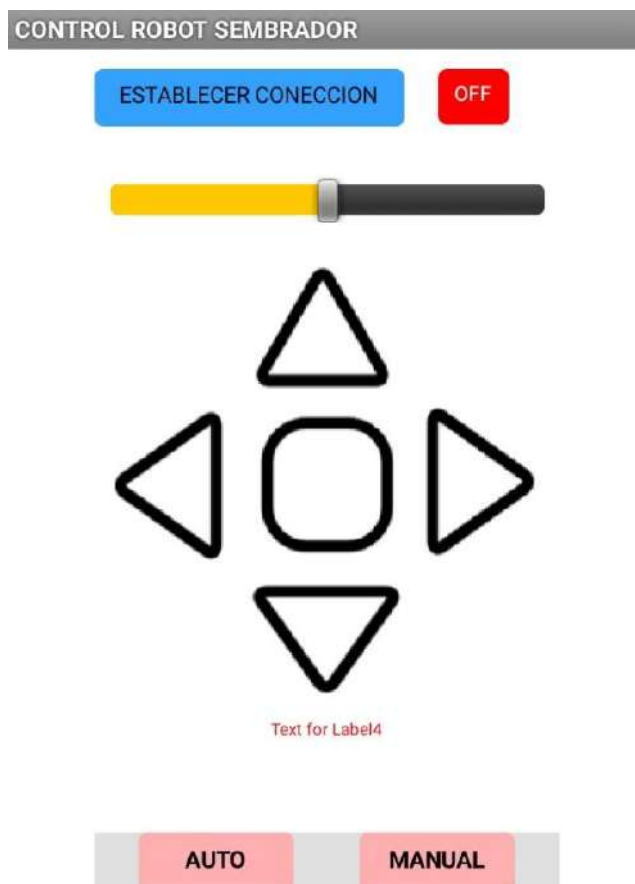


Figura 30. Pantalla principal de la aplicación
Tenelema, 2022

Además de ello cuenta con botones para dirigirnos desde allí a la pantalla de siembra automática y manual.

Pantalla de siembra automática

En la pantalla de forma automática se debe ingresar los datos como la cantidad de surcos y la distancia entre la semilla para proceder a la siembra.

CONTROL ROBOT SEMBRADOR

ESTABLECER CONECCION OFF

MODO AUTOMATICO

Ingrese la cantidad de surcos: 0

Distancia de semilla: 0

Numero de semillas sembradas:
0

Bateria restante %:
0

INICIAR CANCELAR

AUTO MANUAL

Figura 31. Pantalla en modo automático
Tenelema, 2022

Otros datos que muestra en esta pantalla es el porcentaje de la batería, la cantidad de semilla sembrada y el porcentaje de trabajo realizado.

Pantalla de siembra manual

Desde esta pantalla se puede realizar la siembra de forma manual, es decir el agricultor tiene el control total del prototipo. En este apartado puede dirigir el sembrador hacia delante, atrás, izquierda, derecha, elevar la punta del abre surco, abrir y cerrar la tolva.

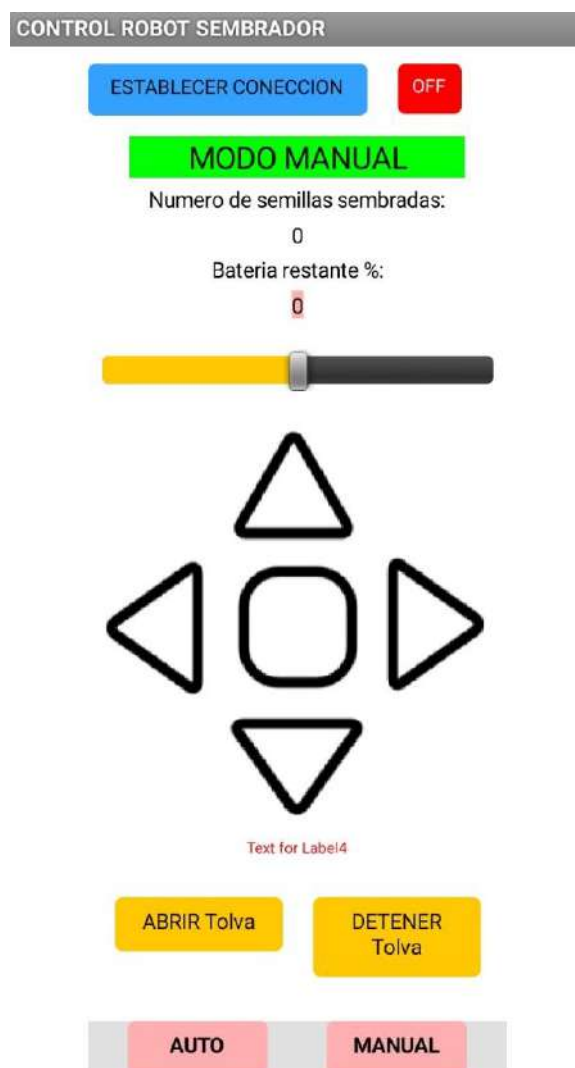
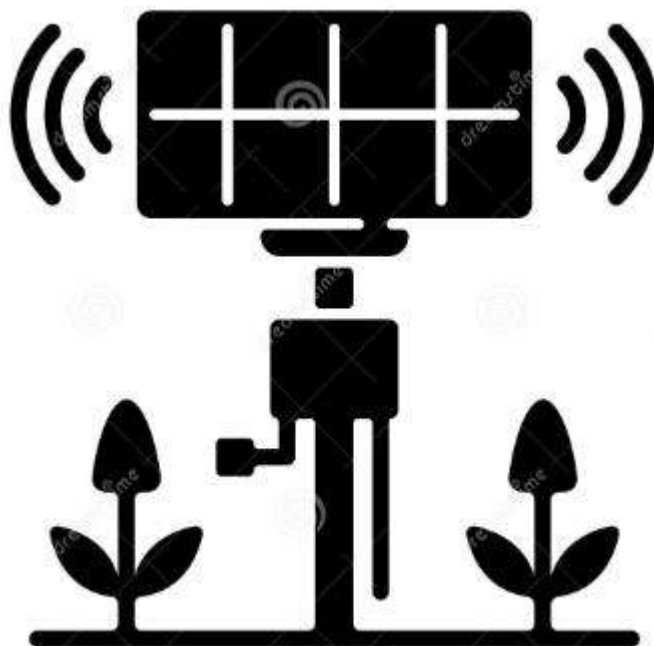


Figura 32. Pantalla en modo manual
Tenelema, 2022

Además de ello se puede apreciar el número de semillas sembradas y el porcentaje de la batería.

9.18 Anexo 18. Manual de usuario del sembrador robótico



MANUAL DE USUARIO DEL SEMBRADOR ROBÓTICO

Introducción

El siguiente manual de usuario se realizó con el objetivo de proporcionar información adicional sobre la manipulación del sembrador, por consiguiente, que no presente problemas al agricultor para su correcto funcionamiento.

Encendido del prototipo

El prototipo cuenta con un interruptor instalado en la parte posterior, el cual permite la alimentación de energía a todos los componentes.



Figura 33. Botón de encendido/apagado
Tenelema, 2022

Para poder encender el robot solo basta pulsar el botón de encendido y de la misma manera se realiza el apagado.

Establecer conexión con el aplicativo

El control del sembrador es realizado mediante una aplicación móvil, mediante ello puede tener el control total del prototipo, para establecer la conexión del mismo se debe tener en cuenta que el módulo de bluetooth este encendido el cual nos podemos fijar de la siguiente manera:

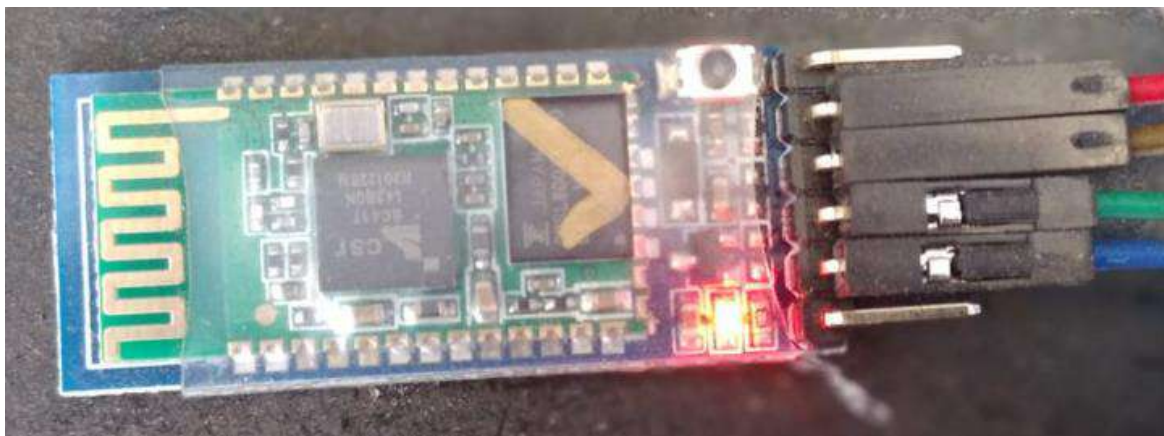


Figura 34. Bluetooth conectado
Tenelema, 2022

Las luces rojas parpadeando indica que el módulo está listo para conectar y una vez la luz roja que quede encendida, significa que realizó una conexión exitosa.

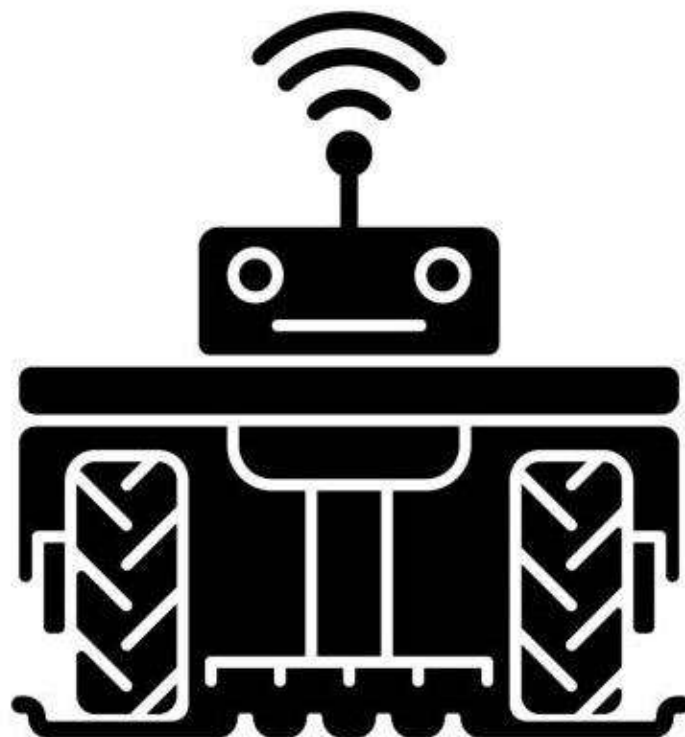
Activar y desactivar los frenos

El robot sembrador cuenta con dos motores DC el cual posee frenos en cada uno de ellos, esto con el objetivo que permanezca estable al momento de ser transportado al lugar de la siembra. Para desactivar los frenos se gira la palanca hacia la izquierda y de lo contrario se activará los frenos.



Figura 35. Palanca de frenos del motor
Tenelema, 2022

9.19 Anexo 19. Manual técnico



MANUAL TÉCNICO DEL SOFTWARE Y HARDWARE

1. Índice

1. Índice.....	137
2. Introducción.....	139
3. Objetivo general	139
4. Contenido técnico del software	139
4.1 Definición de las reglas de la aplicación.....	139
4.2 Plataforma de usuario.....	139
4.3 Descripción grafica del mapa de navegación.....	140
4.4 Crear proyecto nuevo	142
4.5 Crear nuevo layout.....	143
4.6 Androidmanifest.xml.....	144
4.7 Activity_main.xml.....	145
4.8 Java	145
4.9 Colors.xml.....	146
4.10 Crear nuevo simulador	147
5. Contenido técnico del hardware	149
5.1 Sensor infrarrojo de detector de obstáculo	149
5.2 Motor de 320w con engranaje	149
5.3 Motor dc con reductor	150
5.4. Servo motor 25kg	150
5.5 Arduino mega 2560	151
5.6 Bluetooth HC-05	151
5.7 Relay 01 canal.....	152
5.8 Baterías	153
5.9 Controladores IBT-2.....	153

5.10 Paneles solares 154

5.11 Controlador de carga 154

5.12 Pantalla LCD de 16 x 2 155

5.13 Limitaciones técnicas del sembrador..... 155

2. Introducción

El presente manual técnico muestra las principales características que fueron utilizadas para el desarrollo de la aplicación que controla el robot sembrador, además de ello se presenta las especificaciones adecuadas para realizar la codificación y el uso de la aplicación.

3. Objetivo general

Elaborar el manual técnico del sembrador robótico por medio de contenido teórico que permita enunciar cada uno de los componentes con sus respectivas características de funcionamiento

4. Contenido técnico del Software

4.1 Definición de las reglas de la aplicación

Regla 1.- Para utilizar la aplicación debe descargar el apk.

Regla 2.- El aplicativo debe tener permiso al dispositivo Android para poder instalar.

Regla 3.- La aplicación debe tener pantalla principal para poder acceder a los modos de siembra.

Regla 4.- El dispositivo móvil debe tener activado el bluetooth durante el uso del prototipo.

4.2 Plataforma de usuario

Softwares utilizados para desarrollar el aplicativo móvil

Marvel App

Android Studio Arctic Fox // 2020.3.1

Java

Descripción de hardware y software para instalar la aplicación

Android 5.0 o superior

Memoria 1GB o superior

Almacenamiento disponible 1 GB

4.3 Descripción grafica del mapa de navegación

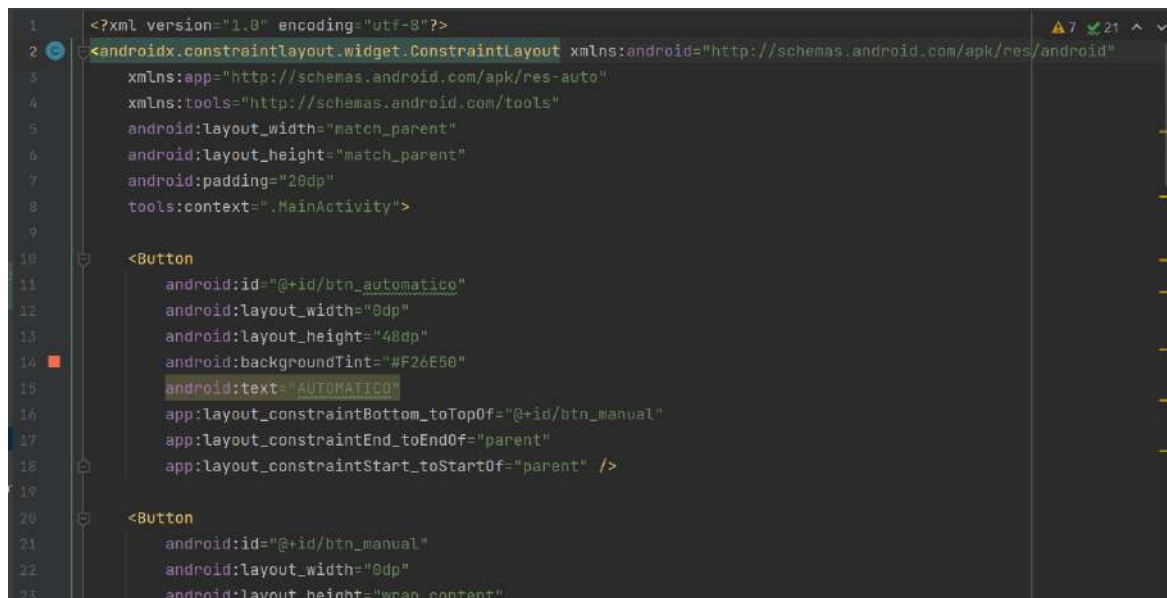


Figura 36. Código utilizado en la pantalla principal
Tenelema, 2022

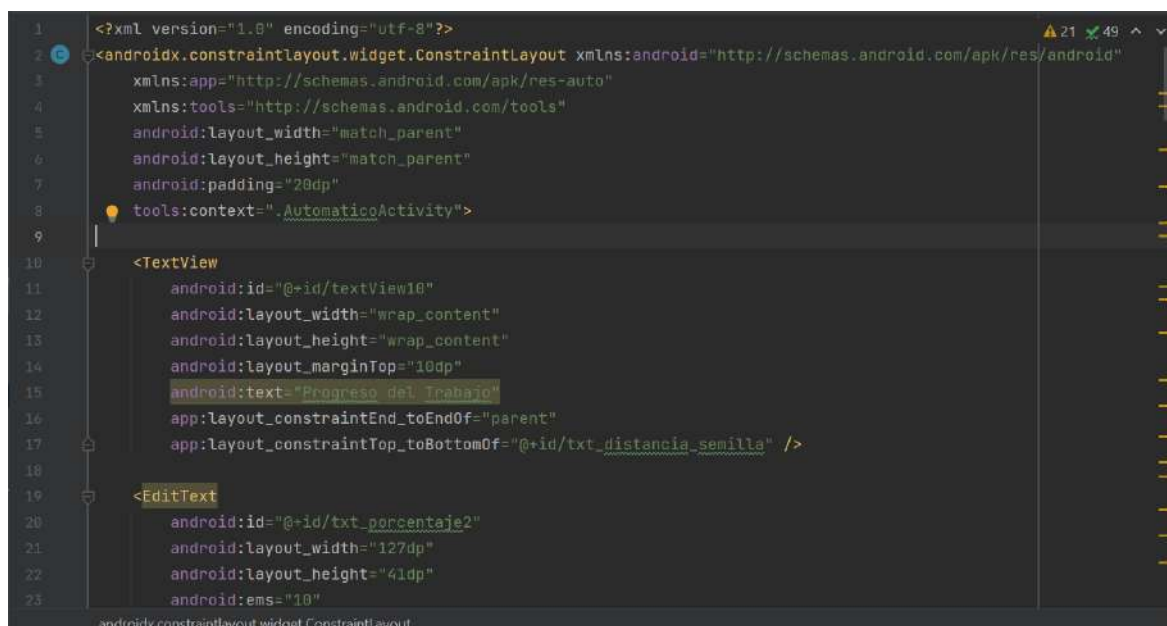


Figura 37. Código utilizado en la pantalla de modo automático
Tenelema, 2022

```

1  <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2  <androidx.constraintlayout.widget.ConstraintLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
3      xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
4      xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
5      android:layout_width="match_parent"
6      android:layout_height="match_parent"
7      android:padding="20dp"
8      tools:context=".ManualActivity">
9
10     <TextView
11         android:id="@+id/textView"
12         android:layout_width="wrap_content"
13         android:layout_height="wrap_content"
14         android:text="MANUAL"
15         android:textSize="20sp"
16         android:textStyle="bold"
17         app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
18         app:layout_constraintTop_toTopOf="parent" />
19
20     <Button
21         android:id="@+id/btn_regresar"
22         android:layout_width="8dp"
23         android:layout_height="wrap_content"

```

Figura 38. Código utilizado en la pantalla de modo manual Tenelema, 2022

```

1  <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2  <androidx.constraintlayout.widget.ConstraintLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
3      xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
4      xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
5      android:layout_width="match_parent"
6      android:layout_height="match_parent"
7      android:padding="20dp"
8      tools:context=".ConexionActivity">
9
10     <TextView
11         android:id="@+id/textView6"
12         android:layout_width="wrap_content"
13         android:layout_height="wrap_content"
14         android:text="Dispositivos Vinculados"
15         android:textSize="20sp"
16         android:textStyle="bold"
17         app:layout_constraintEnd_toEndOf="parent"
18         app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
19         app:layout_constraintTop_toTopOf="parent" />
20
21     <ListView
22         android:id="@+id/list_dispositivos"
23         android:layout_width="8dp"

```

Figura 39. Código utilizado para la conexión de bluetooth Tenelema, 2022

4.4 Crear proyecto nuevo

Para poder trabajar en un nuevo proyecto se debe realizar lo siguiente: se dirige a la parte superior izquierda del software, seleccionamos File -> New -> New Project.

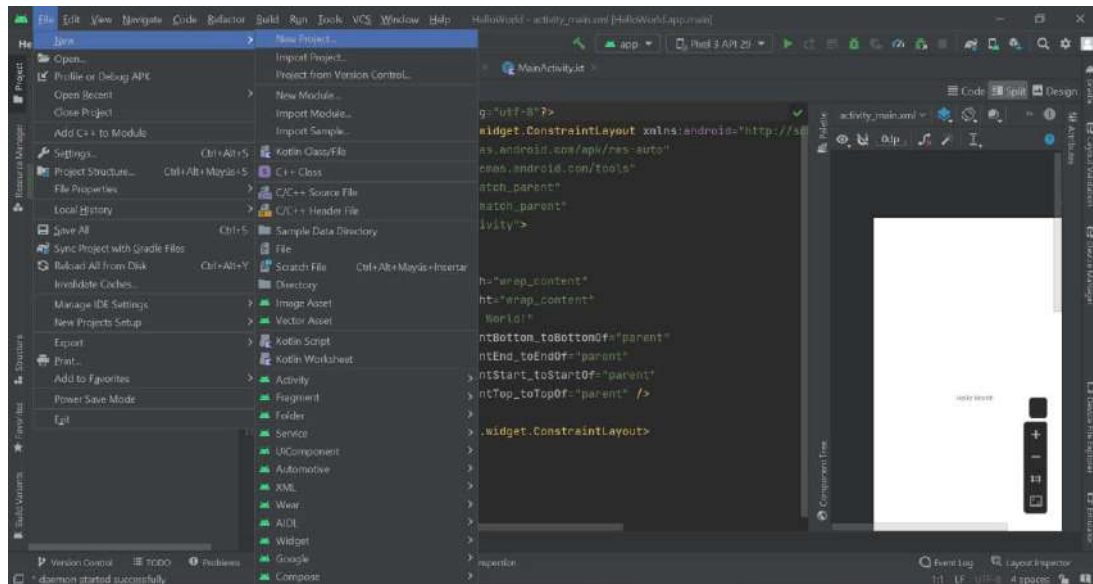


Figura 40. Crear nuevo proyecto en Android Studio
Tenelema, 2022

A continuación, seleccionamos Empty Activity

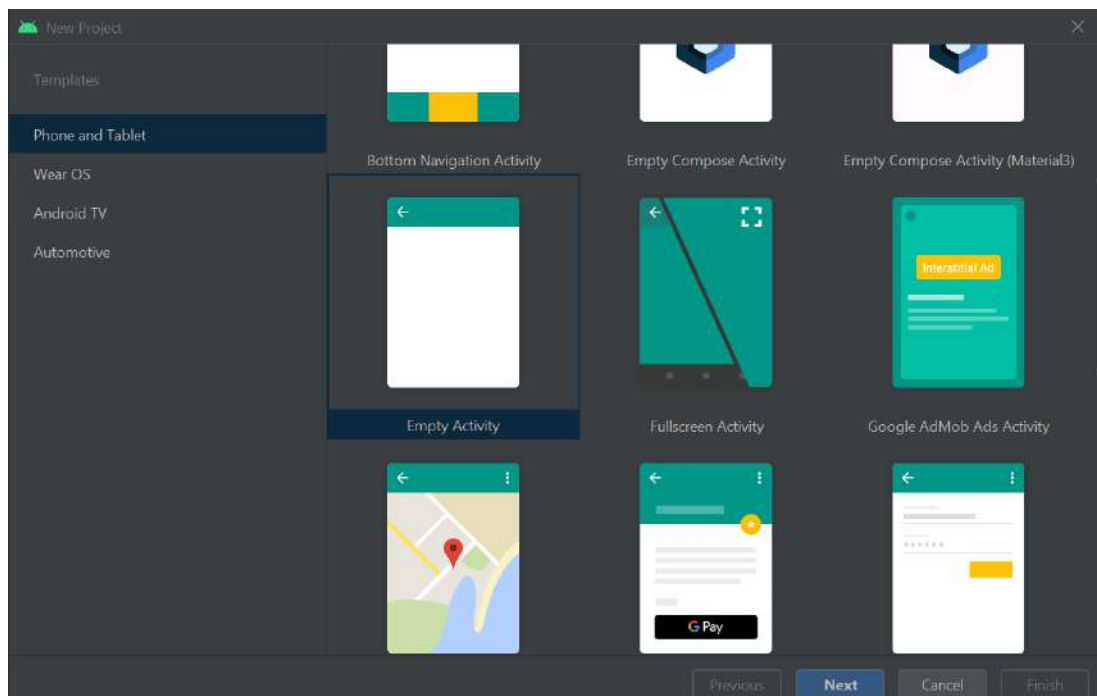


Figura 41. Diseños preestablecidos para nuevos proyectos
Tenelema, 2022

Luego procedemos dar nombre al proyecto, seleccionar el lenguaje y el SDK, en este apartado es importante seleccionar los datos correctos ya que de ello dependerá la ejecución y programación.

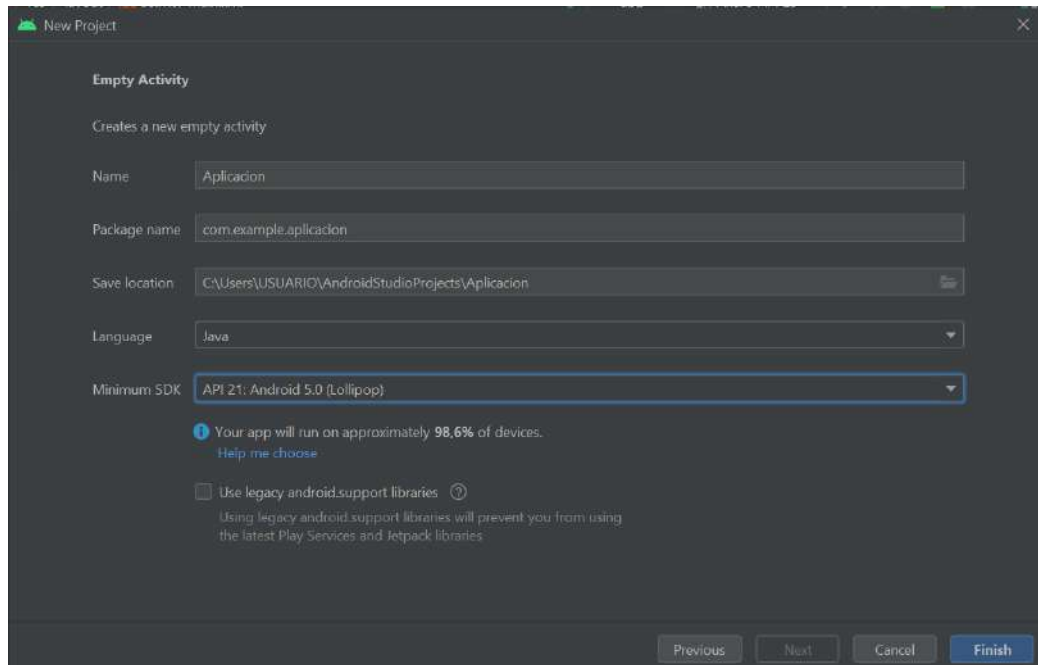


Figura 42. Datos de Empty Activity
Tenelema, 2022

4.5 Crear nuevo Layout

Las aplicaciones que desea tener acceso a diferentes controles es importante dividir por pantallas, para ello se puede realizar nuevos layout como se muestra a continuación:

Dirigimos a la carpeta layout clic derecho sobre ellos New -> Layout Resource File.

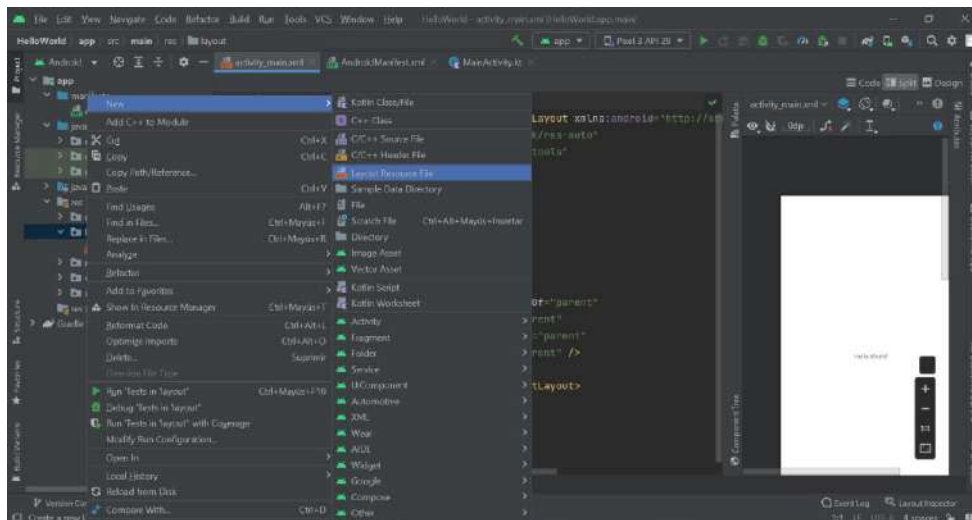


Figura 43. Panel para crear nuevo Layout
Tenelema, 2022

Nos envía a una nueva pestaña donde se puede completar los campos como el nombre de la pantalla y Source set.

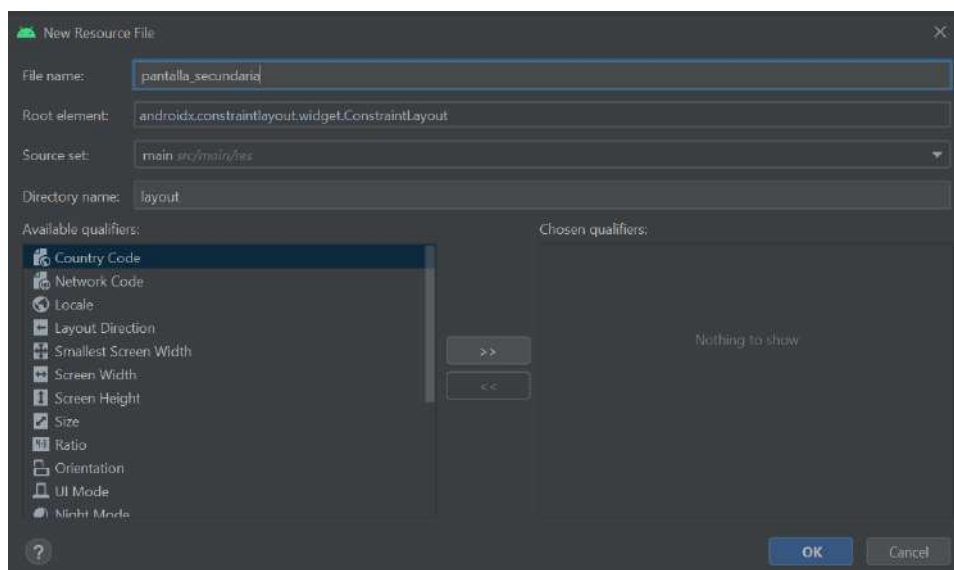


Figura 44. Ingreso de datos del nuevo Layout
Tenelema, 2022

4.6 AndroidManifest.xml

Android Studio posee una carpeta llamado manifests, el cual desde el archivo AndroidManifest.xml se puede conceder permisos para los dispositivos que se realiza la aplicación, como es el caso del proyecto se requiere permiso del Bluetooth en el dispositivo Android.


```

1  <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2  <manifest xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
3    package="com.nibemi.controlrobot">
4
5    <uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH" />
6    <uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH_ADMIN" />
7
8    <uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH_CONNECT" />
9    <uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION" />
10
11    <uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH_SCAN" />
12
13    <uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH_SCAN" />
14

```

Figura 45. Permisos establecidos desde el archivo AndroidManifest.xml
Tenelema, 2022

4.7 Activity_main.xml

Para realizar el diseño se puede llevar a cabo mediante tres formas: por el Code, Split y Desing. Cada uno de ellos muestra el avance del proyecto en tiempo real mediante pantallas.

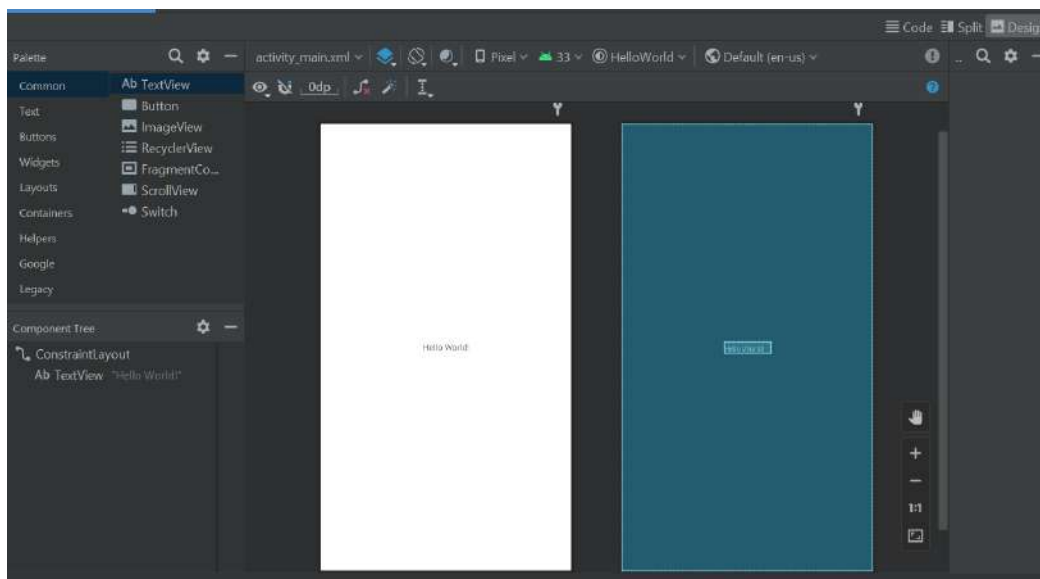


Figura 46. Panel de Activity_main.xml
Tenelema, 2022

4.8 Java

En la carpeta java se realiza la codificación de los botones creados en el layout, de tal manera se junta el diseño y la acción que se desea realizar.

```

1  package com.nibemi.controlrobot;
2
3  import androidx.appcompat.app.AppCompatActivity;
4
5  import android.content.Intent;
6  import android.os.Bundle;
7  import android.util.Log;
8  import android.view.View;
9  import android.widget.Button;
10 import android.widget.TextView;
11
12 public class AutomaticoActivity extends AppCompatActivity {
13
14     User user = new User();
15     BluetoothControl bluetoothControl;
16     TimerLectura timerLectura;
17     Button btn_arriba, btn_abajo, btn_derecha, btn_izquierda;
18     Button btn_iniciar, btn_detener, btn_regresar;

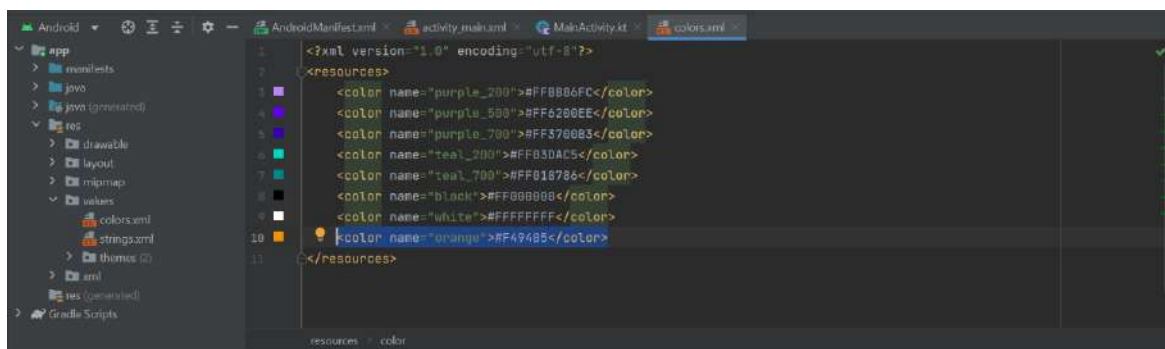
```

Figura 47. Librerías implementadas desde la carpeta Java
Tenelema, 2022

De la misma forma se puede importar librerías para el funcionamiento del código.

4.9 Colors.xml

Es importante identificar los botones mediante los colores que permita al usuario tener una mejor comprensión de las funciones del aplicativo. Para ello se dirige a la carpeta res -> values -> colors.xml, el cual desde allí podemos ingresar nuevos colores mediante los siguientes comandos: `<color name = " Orange" > #F49405`
`</color>`.



```

1  <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2  <resources>
3      <color name="purple_200">#FFB8B6FC</color>
4      <color name="purple_500">#FF6288EE</color>
5      <color name="purple_700">#FF378823</color>
6      <color name="teal_200">#FFB3DAC5</color>
7      <color name="teal_700">#FFB18786</color>
8      <color name="black">#FF000000</color>
9      <color name="white">#FFFFFFFF</color>
10     <color name="orange">#F49405</color>
11 </resources>

```

Figura 48. Colores disponibles desde la carpeta Colors.xml
Tenelema, 2022

Desde el archivo colors.xml podemos observar todos los colores que tenemos disponibles para el uso de la aplicación.

4.10 Crear nuevo simulador

Para llevar a cabo la ejecución de nuestra aplicación es necesario tener instalado simuladores que permitan la ejecución. Para crear un simulador se debe seguir los siguientes pasos: se dirige a Device Manager -> Create device -> definir las características del pixel (en este caso se está aplicando Pixel 4) -> Next -> seleccionar el sistema operativo de Android -> Next -> Verificamos la configuración -> Finish.

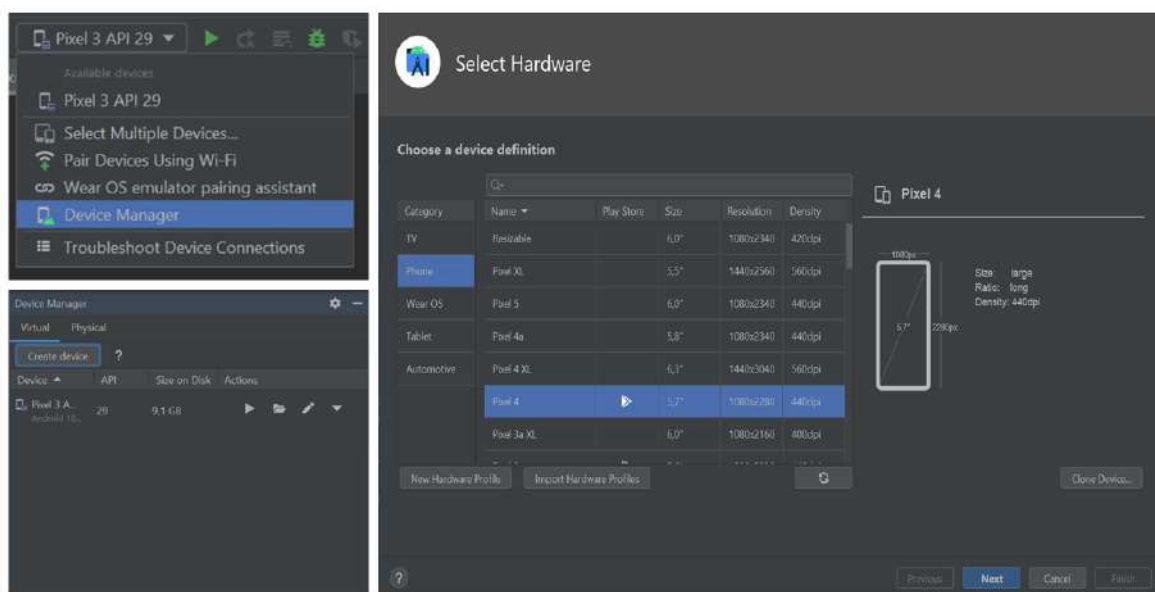


Figura 49. Pasos para crear simulador con sistema Android Tenelema, 2022

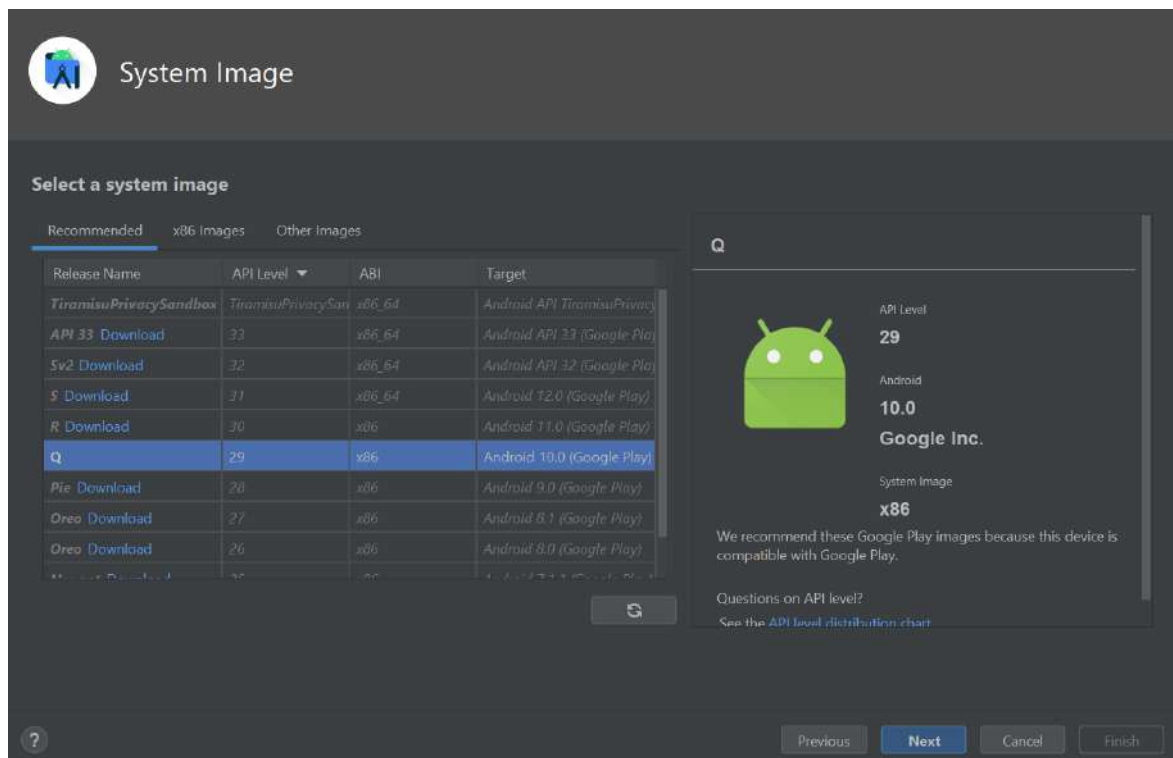


Figura 50. Elección de sistema operativo Android Tenelema, 2022

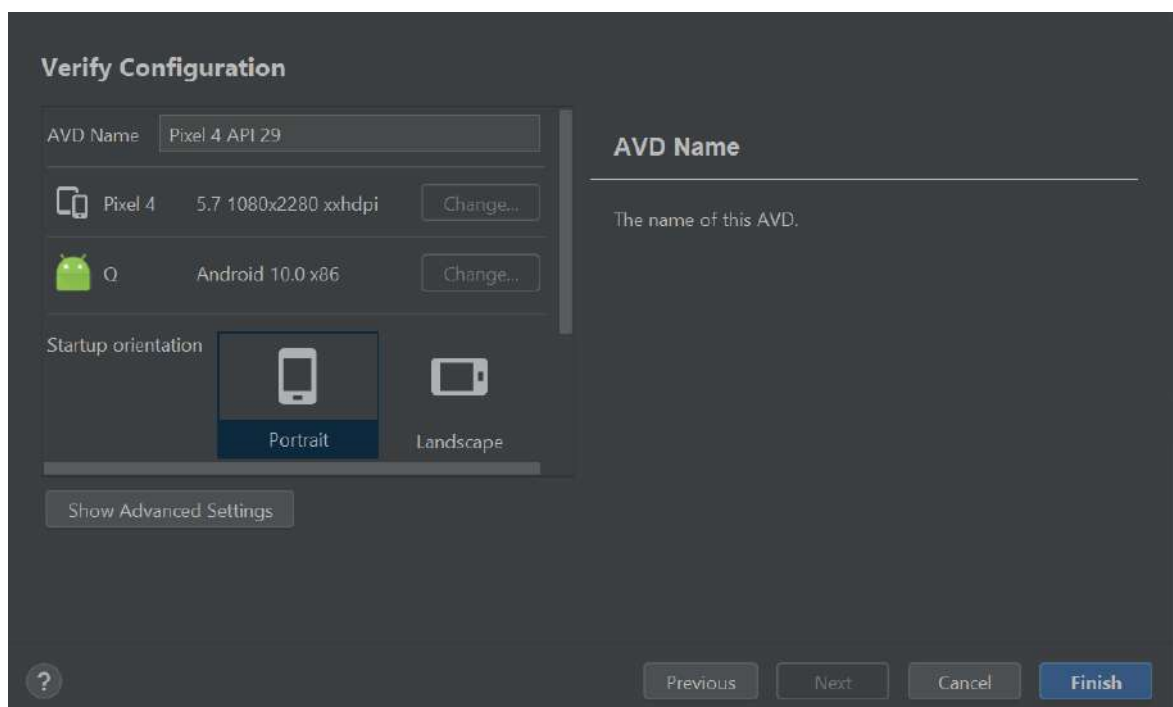


Figura 51. Verificación de la configuración y finalización Tenelema, 2022

5. Contenido técnico del hardware

5.1 Sensor infrarrojo de detector de obstáculo

Tabla 37. Sensor infrarrojo

	Voltaje	Corriente	Terminales de	Otros
		de trabajo	conexión	
	3.3V - 5V	18mA – 20 mA	OUT: Señal del medio GND: Negativo (-) VCC: Positivo (+)	Angulo de detección 35°

Especificaciones del sensor
Tenelema, 2022

5.2 Motor de 320W con engranaje

Tabla 38. Motor de 320W

	Voltaje	Corriente	Terminales	Otros
		de trabajo	de conexión	
	24 V DC	230 mA - 245 mA	De acuerdo a los adaptadores	Modelo: SCD2-030ABB Ratio: 19:1

Especificaciones de motor
Tenelema, 2022

5.3 Motor DC con reductor

Tabla 39. Motor DC

	Voltaje	Corriente	Terminales	Otros
		de trabajo	de conexión	
	12 V	140 mA	Positivo (+)	Diámetro eje: 6mm
			Negativo (-)	Velocidad sin carga: 16 rpm

Especificaciones de Motor DC
Tenelema, 2022

5.4 Servo motor 25KG

Tabla 40. Servo motor

	Voltaje	Corriente	Terminales	Otros
		de trabajo	de conexión	
	5V-7.4V	20 mA	OUT: Señal	Resistente al
		25 mA	del medio	agua 180 ° giro
			GND:	Torque con
			Negativo (-)	engranaje alto
			VCC:	
			Positivo (+)	

Especificaciones servo motor 25kg
Tenelema, 2022

5.5 Arduino mega 2560

Tabla 41. Arduino Mega 2560

	Voltaje	Corriente	Terminales	Otros
		de trabajo	de conexión	
	7V-12V	30 mA –	54 pines de	Microcontrolado
		55 mA	entrada/salid	r ATmega2560
			a (14 son de	256k de
			salidas PWM)	memoria flash
			16 entradas	Velocidad de
			análogas	reloj de 16Mhz

Especificaciones del controlador Arduino
Tenelema, 2022

5.6 Bluetooth HC-05

Tabla 42. Modulo HC-05

	Voltaje	Corriente	Terminales de	Otros
		de trabajo	conexión	
	3.6V-6V	50mA	STATE:	Alcance 10 mt
			Conectar led de	Velocidad de
			salida para	transmisión:
			visualizar la	1200bps hasta
			comunicación	1.3Mbps
			RX: Recepción	
			de datos a un	
			voltaje de 3,3V	
			TX: Transmisión	
			de datos	

	GND: Negativo
	(-)
	VCC: Positivo
	(+)
	EN: Modo
	configuración

Especificaciones modulo HC-05
Tenelema, 2022

5.7 Relay 01 Canal

Tabla 43. Relay de 1 canal

	Voltaje	Corriente de trabajo	Terminales de conexión	Otros
	5V	10A/250VAC, 10A/30VDC	OUT: Señal del medio	Encendido/apagado de equipos de potencia (electrodomesticos)
			GND: Negativo (-)	
			VCC: Positivo (+)	
				Funciona perfectamente con Arduino, Pic o raspberry

Especificaciones del Relay
Tenelema, 2022

5.8 Baterías

Tabla 44. Batería de 12V

	Voltaje	Corriente	Terminales	Otros
		de trabajo	de conexión	
	12V	80 amp	Negativo (-)	15 placas
			Positivo (+)	810 CCA
				Largo: 260 mm
				Ancho: 170 mm
				Alto: 200 mm

Especificaciones de la batería
Tenelema, 2022

5.9 Controladores IBT-2

Tabla 45. Drivers IBT-2

	Voltaje	Corriente	Terminales	Otros
		de trabajo	de conexión	
	6V - 27V	43A	Arduino:	Driver de motores
			5V	BTS7960 de alta
			GND	potencia hasta
			(44) PWM	43 ^a compatible
			(42) LPWM	con Arduino.
			(40) RPWM	
			Motor:	
			Positivo (B+)	
			Negativo (B-)	
			M (+) M (-)	

Especificaciones de los Drivers
Tenelema, 2022

5.10 Paneles solares

Tabla 46. Panel solar de 20W

	Voltaje	Corriente	Terminales	Otros
		de trabajo	de conexión	
	18.82V	20 W	Conectores en Y MC4	Celdas de 156 mm x 156 mm
				Frente vidrio templado de 3.2mm
				Caja de conexión IP65
				Voltaje máximo del sistema 600VDC

Especificaciones del panel solar de 20W
Tenelema, 2022

5.11 Controlador de carga

Tabla 47. Controlador de carga

	Voltaje	Corriente	Terminales de	Otros
		de trabajo	conexión	
	12V-24V	10A	Panel, batería, actuador:	Pantalla LCD
			Positivo (+)	ajustable con dual USB salida
			Negativo (-)	para cargar Tablet iOS, Android
				Celulares

Especificaciones del controlador de carga
Tenelema, 2022

5.12 Pantalla LCD de 16 x 2

Tabla 48. Pantalla LCD

	Voltaje	Corriente	Terminales	Otros
		de trabajo	de conexión	
	3.3V - 5V	10A	Adaptador	16 caracteres x 12
			I2-C	líneas
				180 ° de visión
				Modos en paralelo
				(8bit y 4bit)

Especificaciones de la pantalla LCD

Tenelema, 2022

5.13 Limitaciones técnicas

Tabla 49. Limitaciones del prototipo

Característica	Trabajo	Distancia	Ambiente
Baterías	30 - 60 minutos	-	Lluvia
	> 30 minutos	-	Sol > 20°
Bluetooth	-	10 - 20 mt	Lluvia, sol
Paneles solares	40 W	-	> 17°
Prototipo	> 5°	10 - 20 mt	Sol, Lluvia

Alcance del sembrador robótico

Tenelema, 2022