



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE MECATRÓNICA

**AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO HIDROPÓNICO
EN UNA GRANJA VERTICAL MEDIANTE COMUNICACIÓN IOT**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTORES: John Bryan Liriano Macías
Steeven Josue Rodríguez Ramírez
TUTOR: MSc. Nino Tello Vega Ureta

Guayaquil-Ecuador

2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **John Bryan Liriano Macías** con documento de identificación N° **0919860262** y **Steeven Josue Rodríguez Ramírez** con documento de identificación N° **0920337490**; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 16 de septiembre del año 2022

Atentamente,



John Bryan Liriano Macías
0919860262



Steeven Josue Rodríguez Ramírez
0920337490

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, **John Bryan Liriano Macías** con documento de identificación N° **0919860262** y **Steeven Josue Rodríguez Ramírez** con documento de identificación N° **0920337490**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **Automatización de un sistema de riego hidropónico en una granja vertical mediante comunicación IOT**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo a final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Guayaquil, 16 de septiembre del año 2022

Atentamente,



John Bryan Liriano Macías
0919860262



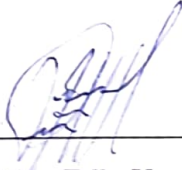
Steeven Josue Rodríguez Ramírez
0920337490

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Nino Tello Vega Ureta**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana , declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **Automatización de un sistema de riego hidropónico en una granja vertical mediante comunicación IOT**, realizado por **John Bryan Liriano Macías** con documento de identificación N° **0919860262** y por **Steeven Josue Rodríguez Ramírez** con documento de identificación N° **0920337490**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 16 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Ing. Nino Tello Vega Ureta, MSc.
0801602160

ÍNDICE

I.	RESUMEN	10
II.	ABSTRACT	11
III.	INTRODUCCIÓN	12
IV.	PROBLEMA	13
	IV-A. ANTECEDENTES	13
	IV-B. IMPORTANCIA	13
	IV-C. ALCANCE	13
V.	JUSTIFICACIÓN	15
VI.	GRUPO OBJETIVO	16
VII.	OBJETIVOS	17
	VII-A. OBJETIVO GENERAL	17
	VII-B. OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
VIII.	MARCO HIPOTÉTICO	18
	VIII-A. HIPÓTESIS	18
IX.	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	18
	IX-A. AGRICULTURA	18
	IX-B. GRANJAS VERTICALES	18
	IX-C. AGRICULTURA VERTICAL	19
	IX-D. HIDROPONÍA	19
	IX-E. TÉCNICA HIDROPÓNICA DE PELÍCULAS NUTRIENTES (NFT)	19
	IX-F. VENTAJAS	20
	IX-G. DESVENTAJAS	20
	IX-H. SOLUCIÓN NUTRITIVA	20
	IX-I. TRANSFORMACIÓN FOTOQUÍMICA	20
	IX-J. FASE LÚMICA	21
	IX-K. FASE OSCURA	21
	IX-L. COLORES EN LAS PLANTAS	22
	IX-M. AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL	23
	IX-N. ARDUINO E INTEL EDISON	23
	IX-Ñ. GROOVE INDOOR ENVIRONMENT KIT FOR EDISON	24
	IX-O. ESCUDO BASE V2	24
	IX-P. SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD	24
	IX-Q. SENSOR DE HUMEDAD	25
	IX-R. SENSOR DE LUZ	25
	IX-S. SENSOR DE UV (RADIACIÓN ULTRAVIOLETA)	26
	IX-T. SENSOR DE MOVIMIENTO PIR	26
	IX-U. CODIFICADOR	27
	IX-V. RETROILUMINACIÓN LCD RGB	27
	IX-W. RELAY	27
X.	PROPUESTA DE SOLUCIÓN	28

XI. METODOLOGÍA	29
XI-A. MARCO METODOLÓGICO	29
XI-B. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	29
XI-C. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL	29
XI-D. INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA	29
XI-E. RECOLECCIÓN DE DATOS	29
XI-F. ETAPA DE DISEÑO	30
XI-G. SELECCIÓN DE MATERIALES	53
XI-H. IMPLEMENTACIÓN	55
XI-I. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	56
XII. RESULTADOS	59
XII-A. GERMINACIÓN DE SEMILLAS	59
XII-B. VALORES DE RIEGO E ILUMINACIÓN	60
XII-C. SOLUCIÓN NUTRITIVA	60
XII-D. INTERFAZ DE VERIFICACIÓN	61
XII-E. DÍAS TRANSCURRIDOS	61
XII-F. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	61
XII-G. HUMEDAD DE INVERNADERO	61
XII-H. TEMPERATURA DEL CULTIVO HIDROPÓNICO	62
XII-I. COMPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE DATOS DE SISTEMAS HIDROPPONICOS CON OTROS SISTEMAS	62
XIII. CRONOGRAMA Y ACTIVIDADES DESARROLLADAS	65
XIV. PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO	66
XV. CONCLUSIONES	67
XVI. RECOMENDACIONES	68
XVII. APÉNDICE	69
XVII-A. PLANOS DE PARTES Y ELEMENTOS DEL CULTIVO	69
XVII-B. FOTOGRAFÍAS DEL CULTIVO	86
XVII-C. CONTROLADOR ARDUINO OPLÀ	95
XVII-D. CÓDIGO DE TARJETA MKR WIFI 1010	96
XVIII. BIBLIOGRAFÍA	100

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Esquema de una granja vertical y vista del interior en una de las granjas de AeroFarms.	19
2.	Esquema de la técnica de película nutrientes.	20
3.	Fotosíntesis.	21
4.	Banda de superficie rugosa.	21
5.	Fase Oscura de la hoja.	22
6.	Iluminación con colores en las plantas.	23
7.	Ilustración del módulo Intel Edison.	23
8.	Grove Indoor Environment Kit for Edison.	24
9.	Base Shield V2.	24
10.	Temperature and Humidity Sensor (High-Accuracy Mini) v1.0.	25
11.	Moisture Sensor.	25
12.	Light Sensor.	26
13.	UV Sensor.	26
14.	PIR Motion Sensor.	26
15.	Encoder.	27
16.	LCD RGB Backlight.	27
17.	Simulación de una empresa en 3D.	27
18.	Granja vertical.	28
19.	Diseño Mecánico Vista Frontal.	30
20.	Diseño Mecánico Vista Superior	31
21.	Diseño Mecánico Vista Lateral.	31
22.	Diagrama del caudal de agua de la granja vertical.	32
23.	Diseño Eléctrico.	32
24.	Placa de Programación Arduino MKR WIFI 1010.	33
25.	Protocolos de Comunicación de la Placa.	34
26.	Diagrama del Arduino MKR WIFI 1010.	34
27.	Puertos detallados del Arduino MKR WIFI 1010	36
28.	Líneas de puertos del microcontrolador	37
29.	Programación de puertos	38
30.	Registros de bits del MKR WIFI 1010	38
31.	Registros DDR	40
32.	Ejemplo de entradas y salidas en bits	40
33.	Configuración del puerto como entrada	41
34.	Árbol de funcionamiento	42
35.	Declaración de variables	43
36.	Uso de #include en la programación	43
37.	Uso de int en la programación	44
38.	Uso de String en la programación	45
39.	Uso de void en la programación	46
40.	Uso de setup() en la programación	47
41.	Uso de loop() en la programación	47
42.	Uso de while en la programación	48
43.	Uso de if...else en la programación	49
44.	Uso de delay() en la programación	50
45.	Uso de analogRead() en la programación	50
46.	Diagrama de flujo de software.	51
47.	Interfaz para pc.	52
48.	Interfaz para dispositivo móvil.	52
49.	Diagrama de red de comunicación.	53

50.	Diseño Mecánico.	55
51.	Diseño Eléctrico - Electrónico.	56
52.	Etapa inicial de la germinación.	59
53.	Solución Nutritiva Y Componentes	60
54.	Dato recibido de la humedad de la granja	61
55.	Dato recibido de la temperatura de la granja.	62

ÍNDICE DE CUADROS

I.	Distribución de pines del conector USB.	35
II.	Distribución de pines del encabezado.	35
III.	Distribución de pines de depuración.	36
IV.	Parámetros Técnicos de bomba de 3/4 HP.	54
V.	Pruebas de funcionamiento de las tres primeras semanas	57
VI.	Pruebas de funcionamiento de la cuarta semana a la novena semana	57
VII.	Pruebas de funcionamiento de la décima semana a la décimo quinta semana	57
VIII.	Pruebas de funcionamiento de la décimo sexta semana a la vigésima segunda semana	58
IX.	Tabla de valores de riego e iluminación.	60
X.	Tabla con Valor de Humedad Promedio.	62
XI.	Tabla con Valor de la Temperatura Promedio.	62
XII.	Tabla con la cantidad de elementos presentes en el suelo.	63
XIII.	Tabla con valores de los elementos presentes en el suelo.	63
XIV.	Tabla con datos de las variables analizadas	64
XV.	Cuadro de actividades	65
XVI.	Cuadro de presupuesto total del proyecto.	66

I. RESUMEN

El aumento de la población mundial afecta varios ámbitos como la seguridad alimentaria, la ocupación territorial, por lo que se debe cambiar la dinámica del comportamiento humano. Esta pregunta puede ser preocupante. De las dos perspectivas, la primera corresponde al vínculo entre seguridad alimentaria. el segundo es la introducción e integración de tecnología (García Barragán, 2021)

El objetivo de esta investigación fue escribir un sistema de monitoreo donde las variables de temperatura ambiente y humedad relativa se almacenan en una plataforma web abierta y el crecimiento de las plantas se expone a una cantidad predeterminada de luz de un color específico durante varias horas. Se registró fotográficamente un prototipo cultivado por hidroponía NFT (Nutrient Film Technic) y lechuga Simpson. Todo esto para brindar una tecnología simple y asequible para la implementación de implantes de dispositivos electrónicos. Se han logrado buenos resultados con la gestión del sistema propuesto, pero se necesita más investigación para concluir que los agricultores pueden utilizar el sistema porque es respetuoso con el medio ambiente, p. a través de un control mejorado, la conservación del agua, el proceso de plantación mientras se controla el uso excesivo de los recursos agrícolas.

Palabras clave: Beneficios, Control, Automatizado, Sensores, Crecimiento, Plantas, NFT.

II. ABSTRACT

The increase of the world population affects several areas such as food security, territorial occupation, and therefore makes it necessary to modify the dynamics of human behaviour, the issue can be worrying, observed from two perspectives, the first one corresponds to the link between food security and the reduction of urban space and the second one is the implementation and integration of technology (García Barragán, 2021). The objective of this study is to program a monitoring system, where the variables of ambient temperature and relative humidity are stored in an open web platform and the growth of plants is subjected to a few hours of light of a specific colour in a predetermined amount in an NFT (Nutrient Film Technic) hydroponics prototype and by growing Simpson lettuce. All this with the aim of implementing electronic device implants looking for a simple and affordable engineering. Favourable results have been obtained in terms of the management of the proposed system, but further studies are needed to think that a farmer can use the system as it respects the environment because by increasing control, water is saved, processes are planted and in turn the excessive use of agricultural inputs is controlled(García Barragán, 2021).

Keywords: NFT, Sensors, automated, control, growth, plants, benefits.

III. INTRODUCCIÓN

El reto de la sociedad actual es vivir y preservar un mundo sostenible para las generaciones futuras; en otras palabras, nosotros como sociedad debemos encontrar un equilibrio entre las demandas económicas, sociales y energéticas sobre los recursos disponibles en la tierra. En este sentido, el efecto de la colonización humana es significativo, aunque se inició hace 50.000 años, siempre se ha descrito como un proceso de rápida urbanización, que ha diezmando las tierras útiles para la agricultura. Se estima que las áreas urbanas en los países en desarrollo aumentarán de 300 000 kilómetros cuadrados en 2000 a 1 200 000 kilómetros cuadrados en 2050.(CARDONA LOZANO, 2017).

Durante la última década, se ha hablado de la agricultura vertical como una tecnología en crecimiento con un gran potencial, así como de innovaciones tecnológicas que pueden aumentar significativamente el rendimiento de alimentos por hectárea de tierra, hasta ahora los principales métodos para aumentar los rendimientos eran la ingeniería genética y el procesamiento industrial utilizando aditivos y productos químicos. El aumento de la producción prometido por las granjas verticales significará la capacidad de brindar seguridad alimentaria a un número creciente de la población mundial, que se espera alcance unos 9 mil millones de personas para 2050. El impacto positivo de la agricultura vertical no se limita a la seguridad alimentaria. Pero también una declaración sobre el medio ambiente y una fuente de esperanza para detener el cambio climático. Quizás la mejor esperanza para proteger muchos ecosistemas. Esto se debe a los cultivos verticales los cuales consumen menos agua y fertilizantes que las granjas existentes; Dado que pueden ubicarse cerca de las ciudades, esto reducirá la contaminación relacionada con el tráfico; y por qué al brindar opciones para evitar la expansión agrícola de frontera, los bosques y selvas de nuestro planeta se pueden preservar (CARDONA LOZANO, 2017).

Actualmente, los agricultores cultivan cultivos con muy poca tecnología; Esto se puede comprobar mediante visitas de campo, y obviamente no cuentan con una instalación técnica de algo tan básico como una conexión a internet. En la mayoría de los casos se determinó que los tomadores de decisiones no tenían experiencia con las estadísticas, quienes manifestaron que se deben hacer ajustes con base a sus percepciones. Para los productores de cultivos, en particular como las hortalizas, las adversidades son cada vez más difíciles de enfrentar, debido al costo de los sistemas tradicionales de riego, el uso excesivo de pesticidas para prevenir plagas y enfermedades, y el alto costo de los fertilizantes. Las bajas tasas óptimas de crecimiento de los cultivos no nos ayudan a competir en el mercado, lo que repercute directamente en menores ingresos y oportunidades (CARDONA LOZANO, 2017).

Este trabajo propone sistemas de programación para monitorear constantes como temperatura y humedad acumulada en espacios abiertos y crecimiento de plantas a la luz. Durante varias horas de color determinado ópticamente en una cantidad predeterminada en una muestra de prueba realizada con hidroponía NFT (Nutrient Film Technic) y con plantas de lechuga Sampson. Todo esto para hacer que la electrónica que busca tecnología sea simple y económica. Se ha logrado resultados positivos en cuanto a la gestión del sistema implementado, pero se necesita más investigación para creer que los agricultores pueden tenerlo a su servicio y pueden ayudar al medio ambiente porque un mayor control reduce el consumo de agua, adelanta las plantas y por lo tanto controla el uso excesivo de insumos agrícolas.

IV. PROBLEMA

Un estudio realizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación en los últimos años ha identificado los principales puntos de crecimiento de la producción agrícola mundial, así como los puntos de descenso de los rendimientos. El estudio ha planteado preocupaciones de que la producción mundial de alimentos y otros productos no crecerá lo suficiente como para proporcionar alimentos sostenibles para las poblaciones futuras. El desenvolvimiento agrícola es uno de los recursos más importantes, que tiene como propósito poder ponerle fin a la pobreza, por ello la agricultura es un aspecto primordial en la historia de la humanidad, ya que, da paso a la evolución del individuo al mejorar su instinto por general un método eficiente de producir alimentos sustentables (Cosechando natural, 2009).

En los últimos años los métodos de producción de la mecanización en el sector agrícola han sido sustituidos por maquinarias automatizadas, la cual, no necesitan mano de obra humana. Sin embargo, actualmente se requiere la optimización de unos de los recursos más importantes como es el agua y suelo, que al pasar los días se puede notar de manera visible que se van agotando y deteriorando, para los años venideros al sector agrícola se le pedirá aumentar la producción un 40 % o quizás un 50 % su producción de alimentos, para poder abastecer a los miles de millones de personas que habitarán el planeta, por este motivo se buscan nuevas alternativas para mejorar la aplicación de los recursos naturales y el resguardo del medio ambiente (Cosechando natural, 2009).

IV-A. ANTECEDENTES

En Ecuador la actividad agrícola o agricultura ha surgido de una forma notable como un agente influyente, tanto así que Ecuador es un país que es reconocido por ser un país agrícola, ya que, cuenta con una amplia extensión de diversos tipos de suelo, también cuenta con diferentes climas para poder cultivar y producir diversos productos. Por ello, se ha trabajado más a fondo en el tema de la automatización en las diversas áreas, pero en el sector de agrícola escasea; para poder llegar a implementarlo en la agricultura se necesita realizar diversas investigaciones.

En la actualidad los equipos tecnológicos de los agricultores son insuficiente, y siguen trabajando la tierra de forma tradicional, y esto se puede corroborar al visitar los campos donde claramente se puede percatar que los sistemas tecnológicos son carentes, en la mayoría de los casos de los cultivos se puede observar que, los encargados de tomar las decisiones con respecto a la siembra son personas que basan los diferentes ajustes a realizar solo con base a su percepción, para plantas como las hortalizas cada vez es más complicado enfrentar las adversidades. El sistema de riego tradicional, el uso de pesticidas y fertilizantes, conllevan un gasto adicional, al cual, ofrecer el producto en el mercado deben elevar el porcentaje de costo, por el cual, no los hace competitivos en el mercado llevando al decrecimiento de sus ingresos y oportunidades.

La provincia del Guayas actualmente cuenta con muy poca tecnología de invernaderos; lo confirmó al visitar tres de ellos y observar que no cuentan con un sistema electrónico de seguimiento y control. Se ha demostrado que en la mayoría de los casos quienes toman las decisiones son quienes tienen la experiencia de qué ajustes hacer, es decir, si cerrar las cortinas y regar manualmente cuando la temperatura en el invernadero es alta.

IV-B. IMPORTANCIA

La propagación de plagas y especímenes son uno de los muchos contratiempos que enfrentan los agricultores de todo el país porque, a medida que crecen sus cultivos, las poblaciones de estos organismos los atacan y matan, causando estragos y daños generalizados en la producción. La república (2014)

IV-C. ALCANCE

Este proyecto ofrece una alternativa a este problema mediante el desarrollo de un sistema automatización. Una vez constatado el prototipo, queda para el siguiente proyecto poner en práctica el sistema desarrollado, es decir un

invernadero de tamaño natural que asegura el beneficio económico y rentabilidad al creador porque las hortalizas producido en invernadero con mayores rendimientos y mejor calidad mientras se controla parámetros apropiados, también hay beneficios ambientales, como la reducción del consumo de agua y Cuidado con la degradación del suelo (Bejarano, 2020).

V. JUSTIFICACIÓN

El deseo inicial de desarrollo de este proyecto nace a partir de la problemática como es el agotamiento del agua, un recurso natural vital para la vida y los cultivos; debemos tener en cuenta que una solución a este problema, hablando específicamente de en el área de la agricultura, es el método vertical fusionándola con la hidroponía, obteniendo así una granja vertical hidropónica, con la ventaja que puede ser diseñado en cualquier espacio incluso en el hogar. Dejando a un lado la agricultura convencional como una opción rentable, se busca en otros medios como son las revistas, noticias, libros, documentos científicos, etc. donde hablan de los beneficios de que se puede obtener implementando las granjas verticales hidropónicas como una opción de gran utilidad en un país como el nuestro, poder tener la opción y la posibilidad de tener estos cultivos en la ciudad y evitar o disminuir algunos costos y pérdida de producción esto se convierte en una gran alternativa.

Aparte del beneficio antes mencionado, tenemos que, los posibles lugares de venta y distribución estén más cerca, disminuyendo así el tiempo de entrega y abaratando costos, este tipo de granjas verticales posee otros beneficios como son: en el área ambiental al reducir las huellas de carbono y la deforestación de áreas de bastos árboles solo para cultivar, la minimización y reutilización del uso de agua, hablando en el tema económico resulta ser más accesible a cualquier persona, se disminuye en un 95 % el uso de pesticidas. En las granjas verticales se obtiene una mayor producción de plantas por metro cuadrado, mejorando la calidad en el producto final.

El desarrollo de este proyecto permitirá evaluar y analizar todos los aspectos de mercado, los aspectos técnicos y económicos de este tipo de granja, todo el análisis obtenido será de ayuda para poder visualizar el costo, la implementación y el análisis de la posible demanda a corto y largo plazo de este proyecto.

Se deben considerar los cultivos sin suelo, la hidroponía (trabajar en agua) o la aeroponía, aunque tienen tiempo para explorar e implementar, son procedimientos de producción agrícola menos conocidos y áreas de captación para muchos que quieren cultivarlos a partir de cultivos. Verduras frescas sin preocuparte por el exceso de fertilizantes, pesticidas, clima, problemas del suelo, etc. (Cosecha natural, 2009), brinda muchos beneficios como:

- Manejo automatizado
- Ahorro en mano de obra
- Ahorro de agua
- Mayor producción en menos espacio
- Menor pérdida en uso de fertilizantes. Solo se utilizan los necesarios
- Ahorro en uso de sustratos
- Mayores ganancias con menor inversión. (Cosechando natural, 2009)

La tendencia actual es mejorar la tecnología a través de la programación automatizada. Como resultado de la producción tecnológica, se han introducido factores de control para ajustar el entorno, y existen en el mercado varios sistemas automatizados para controlar los parámetros climáticos. De esta forma, el uso de invernaderos crea condiciones ambientales que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas, aumentando así su productividad y calidad. (Cosechando natural, 2009).

Entre los parámetros más relevantes en la gestión de invernaderos están los relacionados con el clima, el riego, el CO₂, la humedad, la temperatura, la luminosidad, el pH, y con un regulador se puede conseguir el máximo control del clima, lo que significa un mejor control aumentando la cantidad y calidad de cultivo (Cosechando natural, 2009).

La automatización de invernaderos se ha vuelto muy conocida en varios países debido a que la negligencia de las personas que tienen que monitorear las plantaciones las 24 horas del día causa la mayor parte de las pérdidas de cosechas. (Cosechando natural, 2009).

VI. GRUPO OBJETIVO

El presente proyecto busca atraer a los agricultores dando a conocer un nuevo método de cultivación de hortalizas, mediante el uso de la tecnología, ya que actualmente, la agricultura va en constante crecimiento junto a la automatización de esta; teniendo así, menos pérdidas y un mejor control del cultivo mediante un dispositivo móvil.

VII. OBJETIVOS

VII-A. OBJETIVO GENERAL

Automatizar una granja vertical utilizando software libre con un sistema embebido que controle variables: temperatura, luminosidad, humedad y PH, con la finalidad de optimizar recursos.

VII-B. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar el estudio de los sistemas hidropónicos que permitan optimizar los recursos en la producción de alimentos.
- Desarrollar el sistema mecatrónico que permita el control y monitoreo de variables en una granja hidropónica vertical.
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema mecatrónico para la optimización de recursos.
- Validar comparativamente los resultados obtenidos con otros sistemas de riego.

VIII. MARCO HIPOTÉTICO

VIII-A. HIPÓTESIS

La falta de mecanismos automatizados en la implementación de tecnologías efectivas y funcionales en cultivos hidropónicos, se debe principalmente al desinterés por parte del Estado en mejorar los sistemas de cultivo en el país y por lo tanto depende de las importaciones para mejorar las relaciones internacionales; en segundo lugar, algunos agricultores se niegan a cambiar sus prácticas agrícolas porque no confían en la tecnología moderna y se apegan a los métodos agrícolas tradicionales que no pueden mejorar el rendimiento ni el control de calidad (López, 2019).

IX. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

IX-A. AGRICULTURA

Los orígenes de la agricultura se remontan al Neolítico y, por lo tanto, contribuyen al desarrollo de muchas culturas antiguas. En realidad, no podemos separar los orígenes de la civilización de la agricultura, cuyo objetivo es crear una mejor tecnología con el tiempo. La agricultura participó políticamente en el desarrollo de imperios antiguos reconocidos y fue una parte importante del desarrollo religioso. Históricamente, se sabe que la mitología religiosa está estrechamente asociada con el ciclo de la cosecha, hogar de dioses famosos como Osiris y Ceres. También dio lugar a rituales que reunían a comunidades enteras en los solsticios y equinoccios, que hoy repetimos en muchas ocasiones. (Jaramillo, 2021).

Durante los últimos 20 años, la perspectiva analítica sobre la relación entre la agricultura y el desarrollo económico ha cambiado significativamente. De hecho, la opinión dominante en los años 50 y 60 descansaba sobre la proposición (Bejarano, 1998) por ende la agricultura es una de las más importantes fuentes de ingresos económicos en algunos países, ya que, impulsa el consumo interno de un país y el progreso económico del mismo; por ende, es una función económica que se encuentra dentro del sector primario y en ella se contiene los actos que tienden a modificar el medio ambiente, creando una mayor productividad del suelo y recibiendo alimentos tanto para el consumo directo o para su posterior transformación industrial generándole un valor agregado (Mena, 2017).

IX-B. GRANJAS VERTICALES

Las granjas verticales son granjas modernas reconocidas en el campo de la sustentabilidad, generalmente se ubican en edificios o rascacielos, debido a que se regula y desarrolla el cultivo de cultivos, ya sea agricultura o acuicultura. La definición de granjas verticales se ha investigado por décadas, en los últimos años se han demostrado de una manera viable (Adenaueuer, 2016). Este término se ha vuelto atractivo a los ojos empresariales, ya que están brotando cosechas en menor tiempo; por ejemplo, lo que normalmente toma 30 días en el campo con esta técnica se elabora en 16 días, utilizando un 95 % menos de agua, 50 % menos fertilizante, cero pesticidas, herbicidas y fungicidas o de hacerlo se hace controlado y orgánico (González, 2017).

Según González (2017) empresas en los Estados Unidos prefieren la agricultura en granjas verticales; por ejemplo, empresas como AeroFarms y FarmedHere en Illinois, Vertical Harvest en Wyoming, Green Spirit Farms en Michigan y Alegria Fresh en California; dado que el cambio de estaciones no afecta al producto, esto lo hace una ventaja frente a la agricultura convencional.

En la “Figura 1” nos muestra un esquema donde se puede ver los elementos necesarios para una granja vertical.

Figura 1: Esquema de una granja vertical y vista del interior en una de las granjas de AeroFarms.



IX-C. AGRICULTURA VERTICAL

La agricultura vertical está relacionada con la agricultura vertical porque aquí es donde encarnamos el concepto de agricultura. El modelo se cultivó en un entorno totalmente urbano y en algunos casos en un invernadero de alta tecnología. La agricultura vertical es una forma efectiva de poder llevar la actividad agrícola al máximo, porque el consumo de agua es llevado al mínimo, lo que nos conlleva a disminuir las explotaciones de recursos no renovables como lo son el suelo y el agua; se utilizaría luz artificial por lo que obtendríamos productos frescos, libres de pesticidas, fungicidas o herbicidas, y en comparación con la agricultura convencional, en estos sistemas se simplifican las pérdidas de productos y altos costos al consumidor, dado que se reduce la distancia entre el vendedor y el consumidor (González, 2017). A continuación, se presenta la de técnica de cultivo “La Hidroponía” que es la utilizada en estos sistemas.

IX-D. HIDROPONÍA

La hidroponía es un método de cultivo que proviene desde la antigüedad, hubieron civilizaciones que la usaron como medio de subsistencia según Barbados en el (2005), no obstante la han presentado como un desarrollo científico y tecnológico en el campo agrícola durante los últimos 200 años (Somerville, Cohen, Pantanella, Stankus, Lovatelli, 2014).

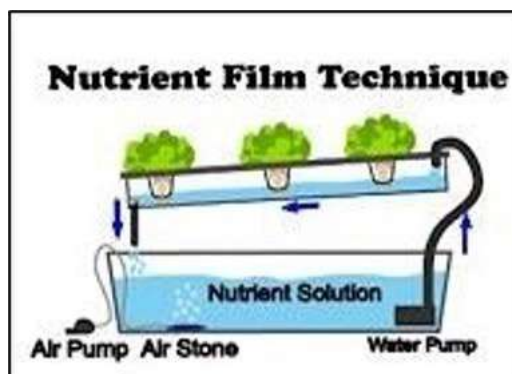
La palabra hidroponía se deriva del griego HIDRO (agua) y PONUS (labor o trabajo) lo que significa trabajo en agua. Sin embargo, en la actualidad se ha utilizado para referirse al cultivo sin suelo (Esteban, 2018), ya que es posible proveerse con algún tipo de material inerte, que nos permitirá alojar las raíces, brindar el soporte necesario y almacenar la humedad en la que se aplica diferentes técnicas de fijación para que las raíces se encuentren en contacto con una solución nutritiva que provea los nutrientes necesarios para el crecimiento de la planta.

Según Lara (1999) una solución nutritiva contiene agua con oxígeno y los nutrimentos esenciales en forma iónica, la influencia que tiene la solución nutritiva en la producción se da gracias a relación que tienen los aniones y los cationes.

IX-E. TÉCNICA HIDROPÓNICA DE PELÍCULAS NUTRIENTES (NFT)

Los cultivos NFT (“Figura 2”) son procedimientos hidropónicos horizontales y verticales que radica en tubos atravesados por una corriente de agua rica en nutrientes poco profunda, la cual se mantiene siempre en contacto directo con las raíces de las plantas (Carrasco Izquierdo, 1996; Zárate Aquino, 2014).

Figura 2: Esquema de la técnica de película nutricional.



IX-F. VENTAJAS

Los sistemas hidropónicos poseen una eficiencia en el uso del agua y requieren de poco espacio para el crecimiento de las raíces (Regalado Arreola, 2013). Esta técnica logra rendimientos valiosos por unidad de área cultivada y elevada producción por planta, lográndose mejores y aumentadas cosechas por año (Resh, 2001). Además, Zárate Aquino (2014) destaca que no depende de fenómenos meteorológicos, nos permite cultivar la misma especie de planta ciclo tras ciclo, presenta un drenaje controlado en el sistema, así mismo se mantiene la humedad de forma uniforme evitando el uso de maquinaria agrícola, creando la posibilidad de automatizar y logrando productos de mayor calidad, celeridad en los tiempos de cosecha, control en la limpieza e higiene de las instalaciones, por tanto no requiere mano de obra calificada sino una preparación oportuna.

IX-G. DESVENTAJAS

Una de las desventajas que afectan a este sistema es la inversión inicial, ya que se necesita de conocimientos especializados para poder poner en marcha el proyecto, las enfermedades y plagas se pueden esparcir rápidamente a todo el cultivo por medio de la solución nutritiva, se requiere de mantenimientos continuos y cuidado de las instalaciones. Además, no está a disposición para todas las plantas (Huerta et al., 2018; Zárate Aquino, 2014).

IX-H. SOLUCIÓN NUTRITIVA

Esta se compone de agua con oxígeno y los macros o micronutrientes esenciales en forma iónica. Algunos compuestos orgánicos como los quelatos de hierro forman parte de la solución por ello se recomienda el análisis químico del agua como segmento fundamental para la formulación de soluciones nutritivas. El análisis químico del agua permite identificar diferentes aspectos como la concentración de nutrientes, presencia de iones específicos tóxicos, dureza, temperatura pH y Conductividad Eléctrica del agua, entre otros. En cultivos caseros, es imprescindible que por lo menos se realice el análisis de pH. Estos factores admiten ajustar las soluciones nutritivas según sea necesario (Zárate Aquino, 2014).

IX-I. TRANSFORMACIÓN FOTOQUÍMICA

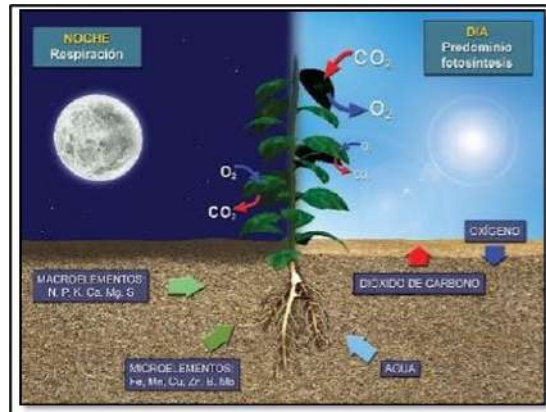
Según Zárate Aquino, 2014 la fotosíntesis es un proceso fisicoquímico en el que las plantas, algas y bacterias fotosintéticas utilizan energía luminosa para transportar la síntesis de compuestos orgánicos, la fotosíntesis consta de dos o dos fases.:

1. La primera etapa dependiente de la luz se llama "fotoquímica" es esencial porque en esta etapa las plantas absorben energía luminosa de longitudes de onda en el espectro visible.

2. La segunda etapa consiste en reacciones oscuras o fijación de dióxido de carbono. Durante este proceso, el sustrato convierte el dióxido de carbono en carbohidratos.

Cuatro pasos principales ocurren durante estos dos pasos: absorción de luz, separación de carga, fijación de carbono y conversión de oxígeno, observar la “Figura 3”. También cabe destacar que la llamada función clorofílica, constituye la correlación base del anabolismo autótrofo, mediante el cual los organismos vivos transforman la energía del sol en energía química que almacenan en forma de adenosín trifosfato. (Ramos Gonzalias, 2015).

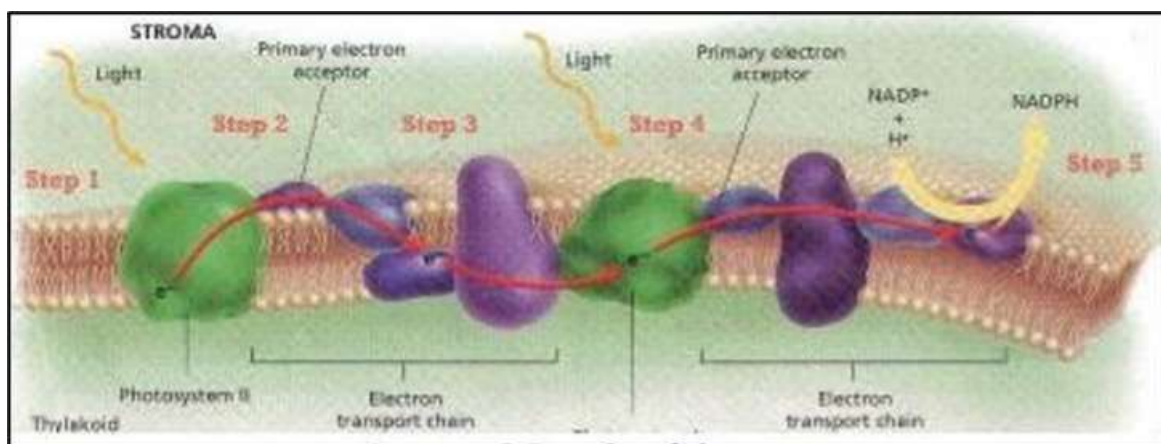
Figura 3: Fotosíntesis.



IX-J. FASE LÚMICA

La fase luminosa, se presenta con un efecto fotoeléctrico en donde la luz que incide (fotones) es impregnada por la clorofila a la que se excita, provocando que está libere electrones cargándose de manera positiva (Etapa absorción). Paralelamente los fotones provocan el rompimiento de la molécula de agua (proceso conocido como fotólisis) en dos subproductos, oxígeno que se libera al medio, y protones (H⁺). (Ramos Gonzalias, 2015).

Figura 4: Banda de superficie rugosa.

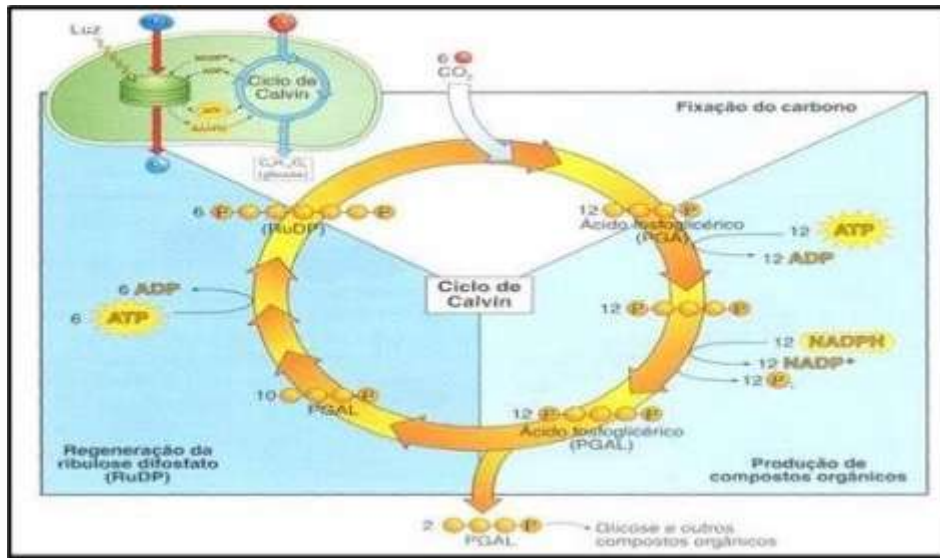


IX-K. FASE OSCURA

La fase oscura como objetivo produce las moléculas energéticas como la glucosa. Este proceso inicia con de una molécula de CO₂ que se adquiere a través de los estomas, existe una molécula llamada rubisco (molécula más

abundante de la tierra) como se muestra en la “Figura 5”, la cual captura el CO₂ que ingresa a los cloroplastos y permite que se transforme después de diversos ciclos en moléculas orgánicas importantes biológicamente hablando. (Benítez, 2015).

Figura 5: Fase Oscura de la hoja.

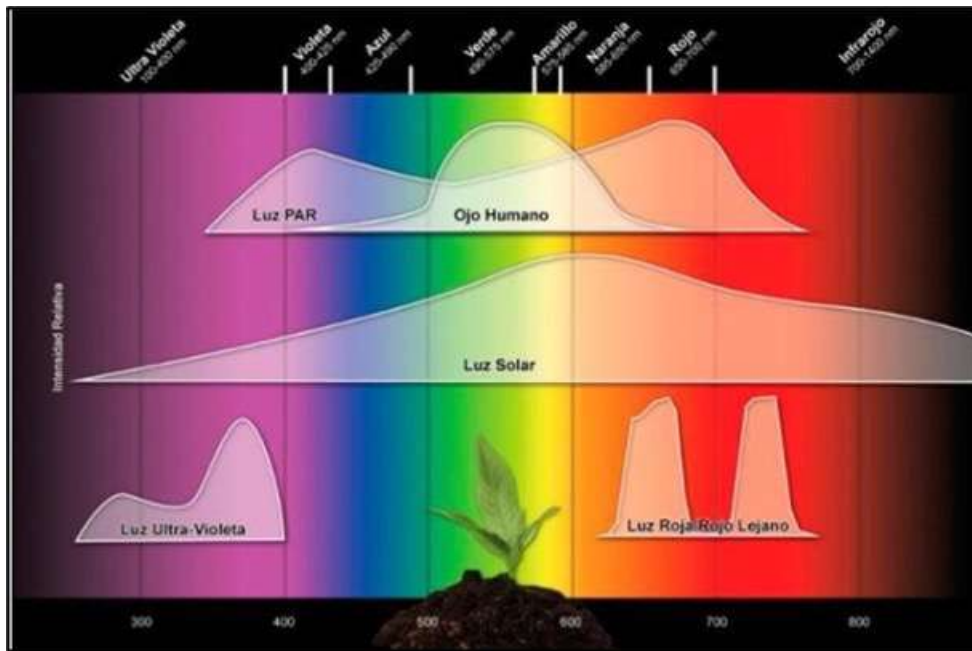


IX-L. COLORES EN LAS PLANTAS

Según Basterrechea (2017) la gama de colores como se aprecia en la “Figura 6”, Consiste en que la luz llega a la planta y nos hace pensar en la calidad. La luz visible es la radiación electromagnética que podemos observar. El color de la luz depende de su longitud de onda, del tamaño de nanómetros (nm, millonésimas de metro) (Ramos Gonzalias, 2015). A continuación describimos el color de la luz y sus beneficios para las plantas:

- Blanco: Usan la luz solar para hacer azúcar, que se convierte en los químicos que usan para alimentarse. Cuanto más rápido es el proceso de fotosíntesis de las plantas, más veces florecen.
- Azul (entre 400 y 500 nm): Es responsable del crecimiento vegetativo (que ocurre después de la germinación hasta la floración). Cuando le damos a una planta solo luz azul, su color se vuelve más corto y oscuro. (Ramos Gonzalias, 2015).
- Rojo/Rojo lejano (600-700 nm): Las plantas interpretan este color como una proporción de color. Esta condición puede afectar el alargamiento del tallo, especialmente con luz directa. Además, la relación rojo-violeta determina la floración de plantas sensibles a la duración del día. Estas plantas más brillantes también son las que crecen mejor con luz directa. (Ramos Gonzalias, 2015).
- Verde: Esta luz estimula la germinación de manera efectiva a través del fitocromo A y B, también establece un grupo activo de fitocromos que pueden ser encendidos por las bombillas verdes que son empleadas para trabajar cuando las luces están apagadas (Ramos Gonzalias, 2015).

Figura 6: Iluminación con colores en las plantas.



IX-M. AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

La automatización nos ayuda a efectuar trabajos de manera autónoma o automática como lo indica en su nombre, estos pueden ser realizados en el área de ejecución, vigilancia o producción que usualmente son realizados de manera de manual por los seres humanos, además nos permite mayor rapidez en estas tareas, así como también tener un control a distancia.

IX-N. ARDUINO E INTEL EDISON

Intel Edison (“Figura 7”), es un patrón de computación de Intel que es factible usarlo con el formato de Arduino. Está centrado en el IoT y wearables. Tiene un sistema linux yocto embebido pero es capaz de ejecutar los Sketch de Arduino que al ser compilados se guardan en un directorio del sistema de ficheros y es ejecutado. También dispone de conectividad Wi-Fi y Bluetooth. Intel (2015)

El Intel Edison es un pequeño modelo implementado por Intel y dirigido a la electrónica embebida. Es un panel pequeño con muchas funciones y no es barato, ya que encontramos un SoC Intel® Atom™ de doble núcleo con WiFi y Bluetooth LE integrado. Una operatividad importante es que dispone de un conector genérico de 70 pines para poder conectar todo tipo de periféricos y placas desarrolladas para esta plataforma. Intel (2015)

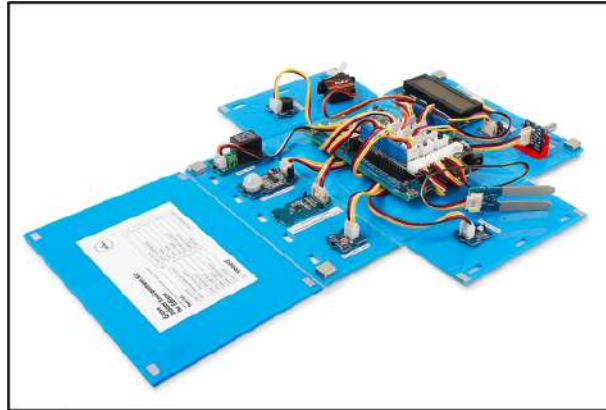
Figura 7: Ilustración del módulo Intel Edison.



IX-Ñ. GROOVE INDOOR ENVIRONMENT KIT FOR EDISON

Grove Indoor Environment Kit (“Figura 8”), para Edison facilita la invención de aplicaciones completas para entornos interiores con Intel Edison y Arduino Breakout Board. Con Base Shield V2, el desarrollador puede conectar rápidamente hasta 11 sensores y actuadores Grove diferentes. Proporcionando un código de demostración genial que se actualizará constantemente, y será muy fácil operar los sensores y actuadores sin ninguna experiencia en programación. Seedstudio (2019).

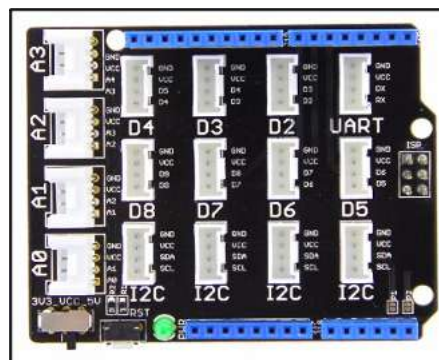
Figura 8: Grove Indoor Environment Kit for Edison.



IX-O. ESCUDO BASE V2

Arduino Uno es la placa Arduino más popular hasta ahora, sin embargo, a veces es frustrante cuando su proyecto requiere muchos sensores o Leds y sus cables de puente están desordenados. El propósito de crear Base Shield como se ve en la “Figura 9”, es ayudar a descomponer la placa de estudio y los cables de puente. ¡Con los conectores grove en la placa base, puede agregar todos los módulos grove al Arduino Uno cómodamente! El pinout de Base Shield V2 es el mismo que el que se usa en Arduino Uno R3. Seedstudio (2019).

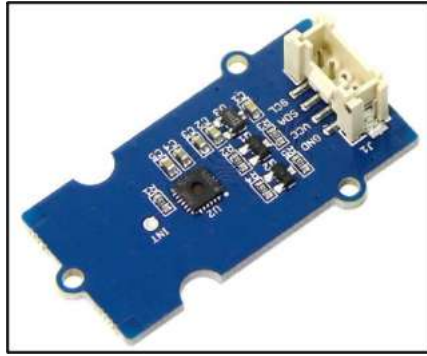
Figura 9: Base Shield V2.



IX-P. SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

Sensor multifuncional (“Figura 10”), que brinda la indagación de la temperatura y la humedad relativa al mismo tiempo. Utiliza un sensor TH02 que puede satisfacer las necesidades de medición de fines generales. Proporciona lecturas confiables cuando la condición de humedad ambiental se encuentra entre 0-80 % RH y la condición de temperatura entre 0-70 °C. Seedstudio (2019).

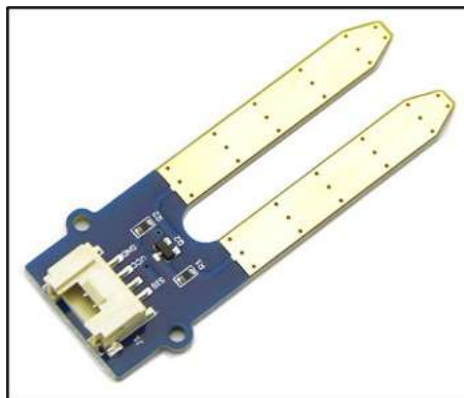
Figura 10: Temperature and Humidity Sensor (High-Accuracy Mini) v1.0.



IX-Q. SENSOR DE HUMEDAD

Este detector de humedad (“Figura 11”) se puede usar para percibir la humedad o juzgar si hay agua alrededor del sensor, deja que la planta de su jardín pueda buscar ayuda humana cuando tenga sed. Con este sensor, puede hacer un pequeño proyecto que puede permitir que la planta le envíe un mensaje como “Tengo sed ahora, por favor dame un poco de agua”. Seedstudio (2019).

Figura 11: Moisture Sensor.

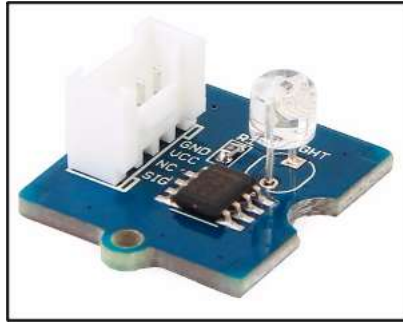


IX-R. SENSOR DE LUZ

Este sensor (“Figura 12”), integra una fotorresistencia (resistencia dependiente de la luz) para localizar la intensidad de la luz. La resistencia de la fotorresistencia disminuye cuando aumenta la intensidad de la luz. Un chip OpAmp dual LM358 a bordo produce un voltaje correspondiente a la intensidad de la luz (es decir, según el valor de resistencia). La señal de salida es un valor analógico, cuanto más brillante es la luz, mayor es el valor.

Este módulo se puede utilizar para construir un interruptor controlado por luz, es decir, apagar las luces durante el día y encender las luces durante la noche. Seedstudio (2019).

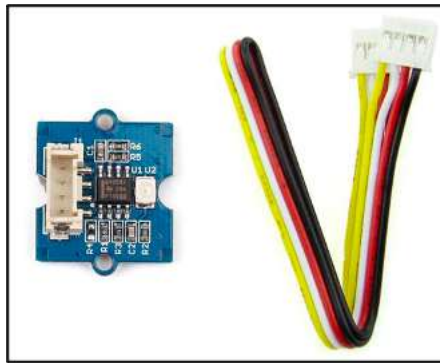
Figura 12: Light Sensor.



IX-S. SENSOR DE UV (RADIACIÓN ULTRAVIOLETA)

El sensor de UV (“Figura 13”), se utiliza para detectar la intensidad de la radiación ultravioleta (UV) incidente. Esta forma de radiación electromagnética tiene longitudes de onda más cortas que la radiación visible. El sensor Grove - UV se basa en el sensor GUVVA-S12D que tiene un amplio rango espectral de 200nm-400nm. El módulo emite una señal eléctrica que varía con la intensidad de los rayos UV. Seedstudio (2019).

Figura 13: UV Sensor.



IX-T. SENSOR DE MOVIMIENTO PIR

Este sensor (“Figura 14”), permite localizar el movimiento, generalmente el movimiento humano en su rango. Cuando alguien se mueva en su rango de detección, el sensor emitirá una salida ALTA en su pin SIG. Seedstudio (2019).

Figura 14: PIR Motion Sensor.



IX-U. CODIFICADOR

Este módulo es un codificador rotatorio incremental (“Figura 15”). recopila la señal de rotación del eje y emite la señal mediante pulso electrónico. Cuando necesite agregar una perilla giratoria a un proyecto, por ejemplo, una perilla de volumen para un altavoz, un panel de selección o una entrada digital. Seedstudio (2019).

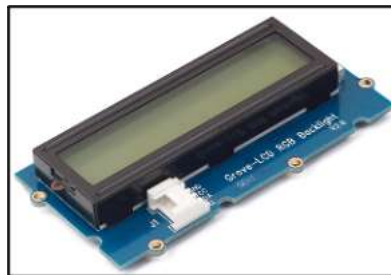
Figura 15: Encoder.



IX-V. RETROILUMINACIÓN LCD RGB

Este LCD como se muestra en la “Figura 16”, permite establecer el color que desee a través de la interfaz simple y concisa. Además, el LCD RGB Backlight admite caracteres definidos por el usuario. Seedstudio (2019).

Figura 16: LCD RGB Backlight.



IX-W. RELAY

El módulo Relay (“Figura 17”), es un interruptor digital normalmente abierto. A través de él, se puede manipular un circuito de alto voltaje con bajo voltaje, digamos 5V en el controlador. Hay un LED indicador en la placa, que se iluminará cuando los terminales controlados se cierren. Seedstudio (2019).

Figura 17: Simulación de una empresa en 3D.



X. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Como propuesta de solución a la problemática objeto de estudio en el proyecto de titulación, se planteó como objetivo implementar una nueva forma de cultivar tanto en espacios reducidos, en interiores y en espacios abiertos, obteniendo así, una mejor calidad en el producto final, optimizando espacios y de fácil manejo para el usuario.

En este apartado se hablará de un planteamiento de solución a la problemática planteada en este proyecto, donde se busca dotar la mejor alternativa a la hora de sembrar lechuga crespa.

En este caso, es necesario dotar de tanques en los cuales se inserte una solución nutritiva adecuada para el crecimiento y desarrollo de la planta y para formar el camino principal de nutrientes, la solución nutritiva puede circular de forma continua.

Los suelos con capacidad agrícola se deterioran continuamente, afectando su viabilidad agrícola, reduciendo el rendimiento y aumentando el costo de producción de los cultivos, dentro del uso progresivo de técnicas alternativas en la producción de hortalizas tenemos los cultivos hidropónicos los cuales no necesitan de mucha área física o de un terreno para producir que con el uso de soluciones nutritivas y sustratos en el cultivo de lechuga crespa beneficia tanto al desarrollo de la producción como al sector agrícola, ya que permite el uso de zonas urbanas para su producción.

Las principales razones por las que el uso de soluciones y medios nutritivos es una alternativa a la producción de lechuga crespa son: cosecha simple, bajos costos de adquisición, bajo riesgo.

Al mismo tiempo, se deduce que el usuario podrá cultivar incluso durante tiempo de sequía y donde podrá monitorear a distancia su cultivo, gracias a que la interfaz es de fácil manejo y amigable con el usuario, además, el material utilizado es reciclado (tubos de pvc) como se muestra en la “Figura 18”. Logrando así, obtener resultados profesionales con excelencia académica y conocimientos de campo.

Figura 18: Granja vertical.



XI. METODOLOGÍA

XI-A. MARCO METODOLÓGICO

El objetivo del estudio será la implementación y construcción de un diseño y control para el estudio de la reutilización del agua para evitar el desperdicio de ella en una granja vertical hidropónica, el cual será apropiado para observación y análisis del comportamiento del crecimiento de las plantas a cultivar en este nuevo ambiente y nuevo sistema. Se recurre a este diseño de granja vertical dado que sus características se adaptan al estudio. El diseño experimental de este tipo de granja hidropónica consiste en la observación del objeto de estudio y en la ejecución de una o más variables independientes bajo situaciones rigurosamente controladas, con la finalidad de comprobar, demostrar o reproducir ciertos fenómenos, con esto se busca manipular con libertad algunas variables independientes para observar el efecto que causaría sobre una variable dependiente (Cárdenas, 2013).

XI-B. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo será enfocado en el estudio mixto de la investigación, ya que se pueden destacar diferentes características y necesidades de la investigación que trata en la combinación de los enfoques cuantitativo y cualitativo, utilizando cada uno para las diferentes actividades a realizar en el proyecto propuesto; aprovechando las similitudes y diferencias que tiene cada una. El enfoque mixto es la incorporación distintos sistemas de procesos críticos y afectivos de una investigación.

La implementación del sistema antes mencionado está basado en el crecimiento de las plantas fuera del suelo, en un contexto de cultivo totalmente regulado y libre de plagas y algún tipo de problema que pueda presentar el suelo, esto estará basado en los parámetros ambientales, el control de los nutrientes, de la luz, ph y temperatura, obteniendo resultados más fructíferos que en los métodos de cultivos tradicionales, que no se usan pesticidas que la mayoría de veces llega a matar todo un cultivo.

Con la construcción de esta granja hidropónica maximizaremos el rendimiento y producción que se puede llegar a obtener, también se mejorara la velocidad de cultivo y la calidad del producto.

XI-C. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

Dentro de la investigación utilizamos el método investigación-acción, ya que con este método se llegó a un enfoque experimental con programas de acción social, esta se desarrolla en secuencia de un método espiral en ciclos consecutivos los cuales incluyen acción, diagnóstico, observación, planificación, evaluación y reflexión, se desarrolla un trabajo con un modelo de investigación educativa para la construcción de un conocimiento preciso y práctico.

XI-D. INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

También hicimos uso de la investigación descriptiva, ya que tiene similitud con características como el comportamiento y estilo de vida de las personas en la comunidad, el enfoque que tiene este proyecto es de tipo cualitativo, ya que se concentra en conocer, analizar y observar las diferentes características culturales, las motivaciones de las personas, el comportamiento y actitudes dentro de la población objetiva.

XI-E. RECOLECCIÓN DE DATOS

La recopilación de datos se realizará por medio de diferentes entrevistas a profundidad con el producto por medio de unos encuestas y cuestionarios realizados bajo la investigación previa del mercado.

Como primera intervención se hará una entrevista con diferentes dueños o propietarios tanto de granjas, fincas e invernaderos con diferentes características, las cuales estarán basados en los diferentes usos del suelo, nutrientes,

también las técnicas que ellos implementen en sus diferentes cultivos.

XI-F. ETAPA DE DISEÑO

MECÁNICO E HIDRAÚLICO

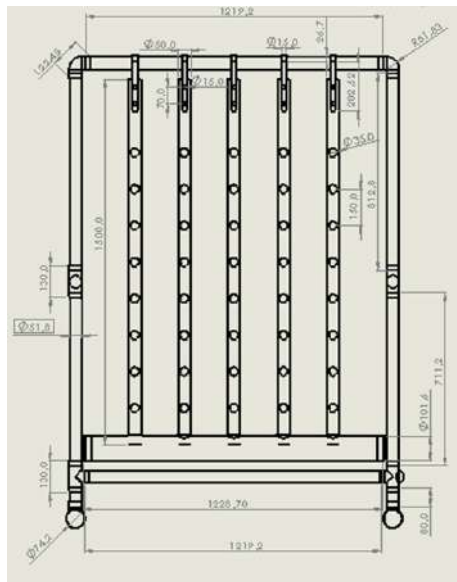
Para la fase de diseño mecánico, se debe considerar que, con un jardín hidropónico vertical, permite rendimientos de alta densidad y ciclos de crecimiento más cortos, reduciendo el consumo de recursos: agua, fertilizante y aire. Ahorro de tiempo, ahorro de mano de obra: Sin malezas o suelo para labrar la consistencia del cultivo con excelentes resultados de sabor. El marco está hecho de PVC estándar de acuerdo con el programa a 3D (diámetro exterior). El marco está hecho de este material por su modularidad (fácil de montar) y facilidad de dimensionamiento (fácil de cortar recto con herramientas básicas). Esto no excluye el uso de otros materiales estructurales como madera, plástico y metal, ya que el marco es estructural y no transporta agua. La tubería de PVC para este proyecto se corta mejor con una sierra de corte. Estos están fácilmente disponibles como una herramienta manual económica o una herramienta eléctrica/eléctrica. La sierra de vaivén proporciona buenos cortes de 90° que aumentan la estabilidad del marco. PVC es un pegamento que utiliza un sistema adhesivo de dos partes.

Se utiliza una multiherramienta oscilante para perforar orificios en un montaje vertical. Se utiliza una pistola de aire caliente eléctrica para dar forma a las cavidades en un torno vertical. El marco de soporte consta de 2 miembros de patas principales conectados por 2 componentes de "varillasuperior" y 2 "puntales". La longitud de la "barrasuperior" y el "bastidortransversal" dictan la capacidad de las torres que soportará su sistema. Hay dos extensiones de pie de PVC de 3" adicionales que pueden brindar apoyo adicional contra los elementos cuando se usan al aire libre. Se pueden omitir para uso en interiores.

PLANOS DEL DISEÑO.

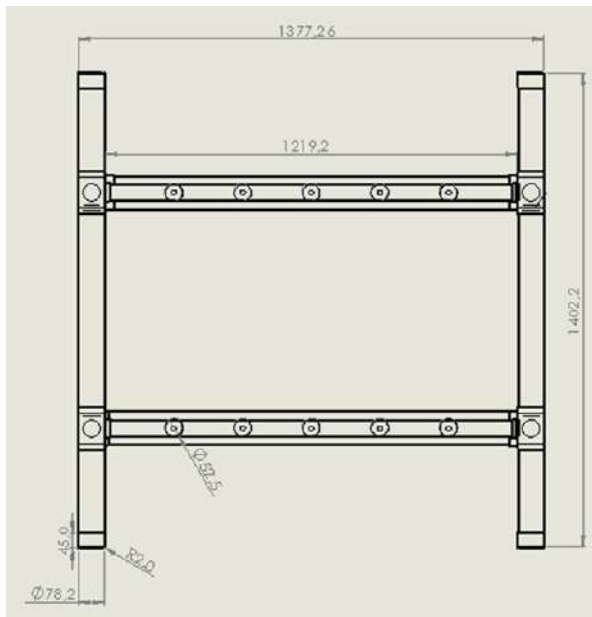
La estructura ("Figura 19"), está fabricada con material reciclado de PVC estándar diámetro externo de 2" y 3" (diámetro exterior). El armazón posee una longitud de 1,37 m x 1,40 m de ancho y una altura de 1,81 m. Se puede visualizar también que dispone de agujeros de 8 cm de diámetro, donde serán insertadas las plantas, y con una separación entre ellos de 15 cm.

Figura 19: Diseño Mecánico Vista Frontal.



En la siguiente gráfica (“Figura 20”) se muestra el diseño mecánico desde la vista superior, con sus respectivas cotas.

Figura 20: Diseño Mecánico Vista Superior



En esta imagen (“Figura 21”) se puede apreciar la granja desde una vista lateral con sus medidas correspondientes.

Figura 21: Diseño Mecánico Vista Lateral.

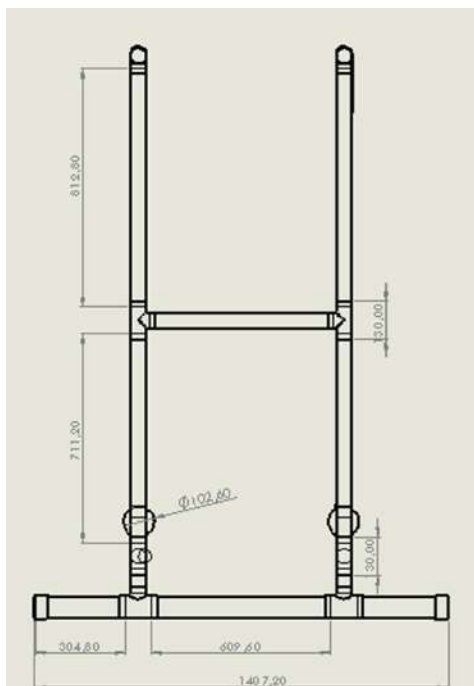
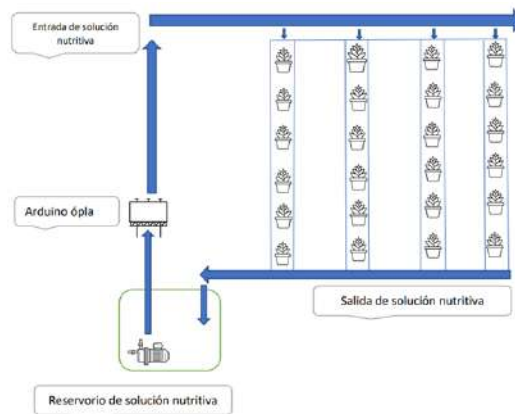


DIAGRAMA DEL CAUDAL DE AGUA

En este apartado se puede observar de forma sintetizada el funcionamiento completo de la granja vertical (“Figura 22”), con sus componentes eléctricos, electrónicos e hidráulico.

Se puede apreciar que el agua se encuentra dentro de un reservorio, la cual, la bomba de agua se encuentra dentro del mismo ya que es sumergible, al activar la bomba se genera una presión, de modo que, el agua asciende por las tuberías hasta llegar a las goteras. Una vez que el agua recorre a través de ellas, desciende de forma vertical, provocando que las plantas se encuentren en siempre húmedas y reciban los nutrientes que en ella se encuentran, al llegar al final del descenso el agua es recogida por un reservorio que encuentra por debajo de las plantas, y que desemboca en el depósito principal.

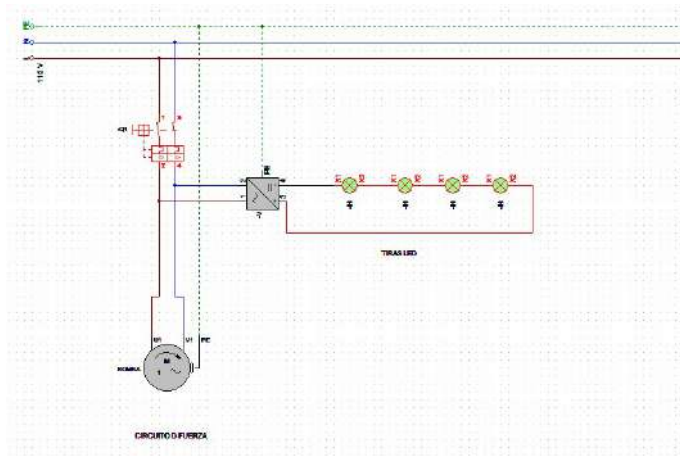
Figura 22: Diagrama del caudal de agua de la granja vertical.



DISEÑO ELÉCTRICO

Se realizó el diagrama eléctrico del sistema en cadesimu (“Figura 23”), donde una vez energizado el sistema la bomba de agua se enciende iniciando así la circulación de agua por todo el sistema, irrigando todo el sistema hasta llegar a las plantas, al mismo tiempo se pueden encender las tiras led, las cuales, brindan de luminosidad a las plantas.

Figura 23: Diseño Eléctrico.



El programa en modo de simulación, muestra el estado de los componentes individuales eléctrico cuando está activado (“Figura 23”), al igual que, resalta los conductores eléctricos sometidos al paso de una corriente eléctrica.

Gracias a esta simulación se pudo verificar el correcto funcionamiento. Con la librería actual se dispuso de lo siguiente:

- Alimentación AC.
- Bomba de agua eléctrica.
- Luces de tiras LED.

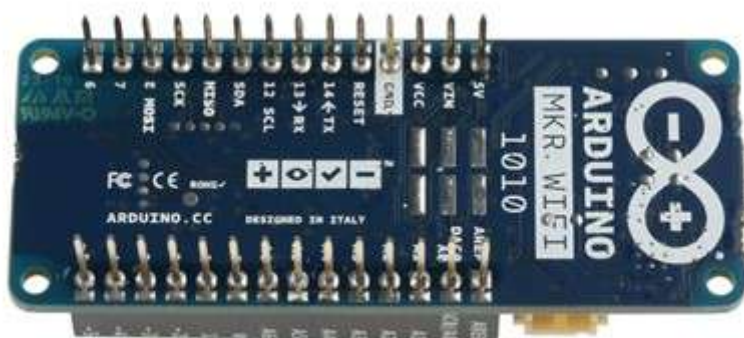
El circuito antes mostrado tiene como objetivo encender a los 2 equipos mediante el uso de un Arduino MKR WIFI 1010! que se pueden encontrar en el tablero de control principal, incorporando elementos primordiales como un breaker que es el encargado de suministrar el voltaje de 110 a los componentes presentes, además, evita daños en la bomba, luces LED y no pone en riesgo al usuario, además se agregó una pantalla LED que tiene como propósito mostrar las variables en tiempo real.

DISEÑO ELECTRÓNICO

Arduino MKR WiFi 1010

Se trata de una placa pequeña (“Figura 24”), potente con conectividad WiFi y Bluetooth, que combinada con una arquitectura de bajo consumo, con compatibilidad con batería de 3,7V, la convierte en una solución práctica y económica de ahorro para diferentes proyectos IoT. También es compatible con Arduino IoT Cloud, el chip criptográfico ATECC508 que almacena claves criptográficas en hardware, proporcionando un altísimo nivel de seguridad para este tipo de productos. (Arduino, 2022)

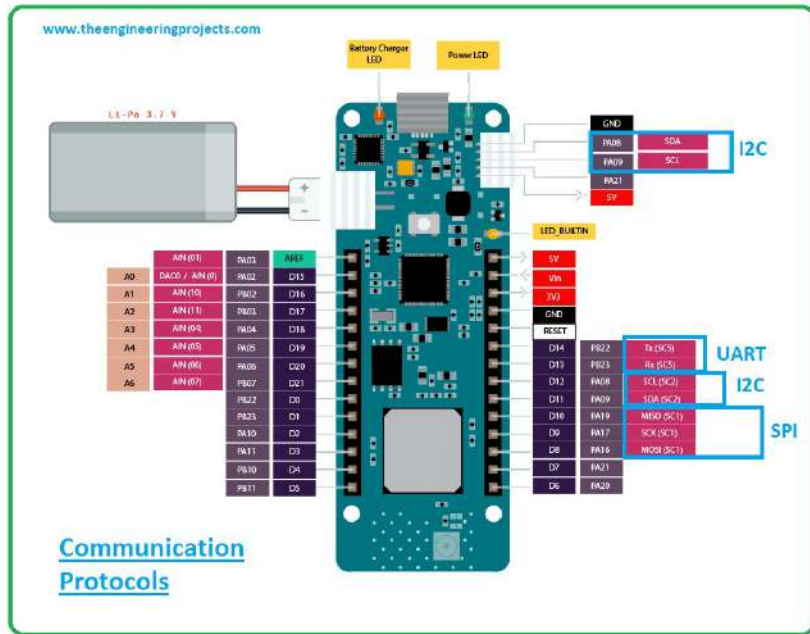
Figura 24: Placa de Programación Arduino MKR WIFI 1010.



En la (“Figura 25”) se muestra todas las secciones clasificadas donde se encuentran los pines del microcontrolador, los 38 pines presentes van conectados directamente al Arduino Oplá, insertando los pines de salida del MKR WIFI 1010 en los pines de entrada del Arduino ya antes mencionado.

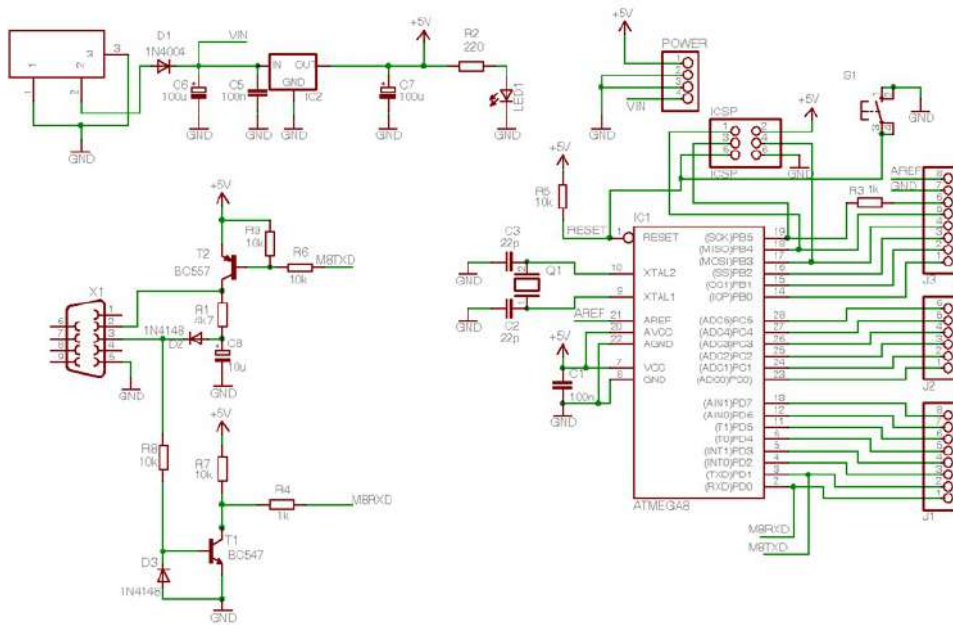
Cada salida digital, analógica y de poder, se debe insertar en el mismo número de entrada que se encuentran en el circuito de control.

Figura 25: Protocolos de Comunicación de la Placa.



En la “Figura 26” se puede observar que el diagrama contiene varias entradas y salidas, tanto analógicas como digitales, las cuales se detallan en las tablas que se encuentran a continuación.

Figura 26: Diagrama del Arduino MKR WIFI 1010.



En la “Tabla I” se muestra los pines con su respectiva numeración, identificación, tipo y descripción de cada uno de ellos.

Cuadro I: Distribución de pines del conector USB.

Distribución de pines del conector USB			
Pin	Función	Tipo	Descripción
1	VUSB	Poder	Entrada de fuente de alimentación. La salida es la placa alimentada a través de VUSB del encabezado
2	D-	Diferencial	Datos diferenciales USB -
3	D+	Diferencial	Datos diferenciales USB +
4	ID	Análogo	Selecciona la funcionalidad de host/dispositivo
5	GND	Poder	Suministro de tierra

Esta “Tabla II” indica los pines que se encuentran en el encabezado, describiendo a cada uno de ellos.

Cuadro II: Distribución de pines del encabezado.

Distribución de pines del encabezado			
Pin	Función	Tipo	Descripción
1	AREF	Análogo	Referencia análoga
2	A0/DAC0	Análogo	Entrada ADC/salida DAC, se puede utilizar como GPIO
3	A1	Análogo	Entrada ADC, se puede utilizar como GPIO
4	A2	Análogo	Entrada ADC, se puede utilizar como GPIO
5	A3	Análogo	Entrada ADC, se puede utilizar como GPIO
6	A4/SDA	Análogo	Entrada ADC, I2C SDA, se puede utilizar como GPIO
7	A5/SCL	Análogo	Entrada ADC, I2C SCL, se puede utilizar como GPIO
8	A6	Análogo	Entrada ADC, se puede utilizar como GPIO
9	D0	Digital	GPIO, se puede utilizar como PWM
10	D1		GPIO, se puede utilizar como PWM
11	D2/PWM	Digital	GPIO, se puede utilizar como PWM
12	D3/PWM	Digital	GPIO, se puede utilizar como PWM
13	D4/PWM	Digital	GPIO, se puede utilizar como PWM
14	D5/PWM	Digital	GPIO, se puede utilizar como PWM
15	D6	Digital	GPIO, se puede utilizar como PWM
16	D7	Digital	GPIO, se puede utilizar como PWM
17	D8/MOSI	Digital	SPI MOSI, se puede utilizar como GPIO, se puede utilizar como PWM
18	D9/SCK	Digital	SPI SCK, se puede utilizar como GPIO, se puede utilizar como PWM
19	D10/MISO	Digital	SPI MOSI, se puede utilizar como GPIO,
20	D11/SDA	Digital	I2C SDA, se puede utilizar como GPIO
21	D12/SCL	Digital	I2C SCL, se puede utilizar como GPIO
22	D13/RX	Digital	USART RX, se puede utilizar como GPIO
23	D14/TX	Digital	USART TX, se puede utilizar como GPIO
24	RESETN	Digital	Pulsador de Reset
25	GND	Poder	Alimentación de tierra
26	+3V3	Salida de poder	
27	VIN	Entrada de poder	Entrada de alimentación Vin
28	+5V	Salida de poder	Alimentación de tierra

La “Tabla III” señala los pines que se encuentran en la parte de depuración de la placa enlistando a cada uno.

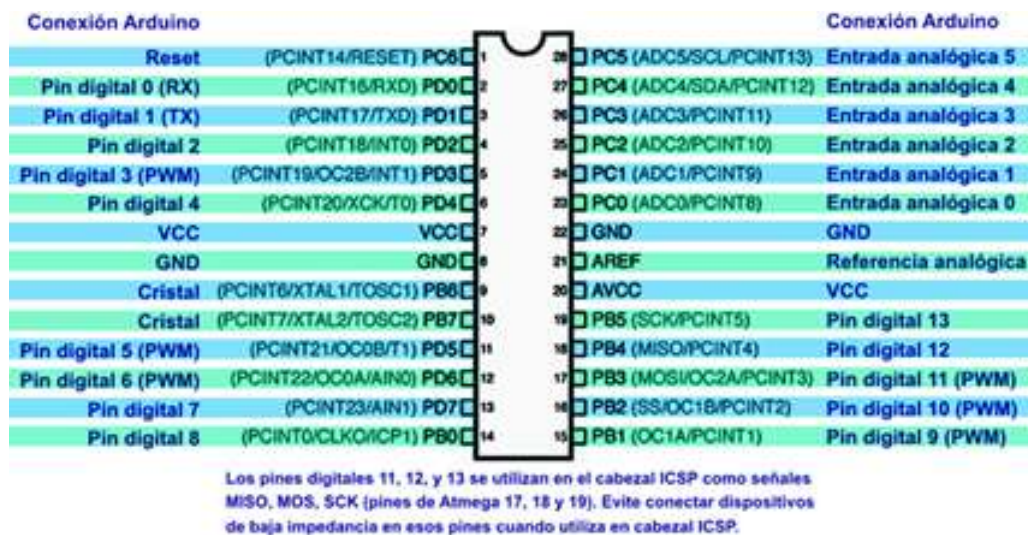
Cuadro III: Distribución de pines de depuración.

Distribución de pines de depuración			
Pin	Función	Tipo	Descripción
1	+3V3	Salida de poder	
2	SWD	Digital	Datos de depuración de un solo cable
3	RESETN	Entrada digital	Reinicio del procesador
4	SWCLK	Entrada digital	Reloj de depuración de un solo cable
5	GND	Poder	

Programación de puertos

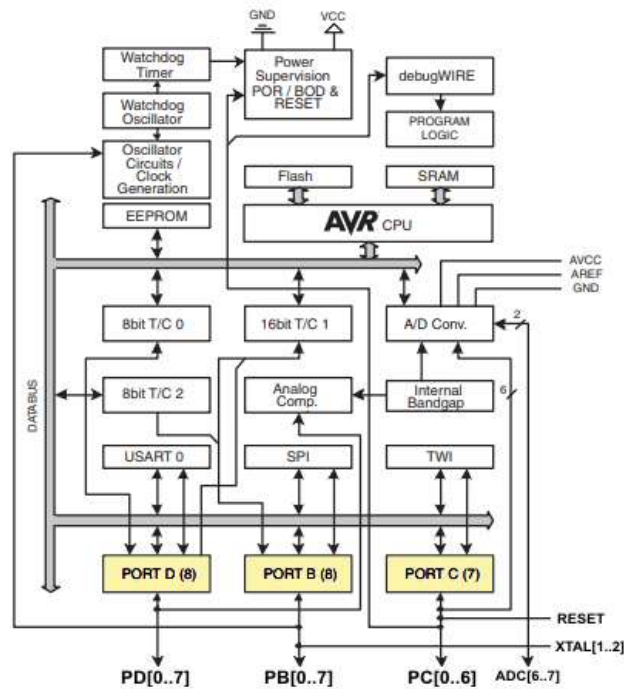
En principio, es importante recordar que los puertos de un microcontrolador de 8 bits tienen el mismo número de entradas/salidas, es decir, 8 cables. Esto nos llevaría a creer que un MKR WIFI 1010 con tres puertos (B, C y D), (“Figura 27”), tiene $3 \times 8 = 24$ líneas de E/S disponibles. Pero como veremos, esa no es la forma de usarlo en Arduino.

Figura 27: Puertos detallados del Arduino MKR WIFI 1010



La mayoría de los bits de puerto de microcontrolador son multipropósito (“Figura 28”), lo que significa que funcionan según su configuración. Las diferentes líneas de puerto proporcionan funciones importantes en el funcionamiento del Arduino, y estas funciones no son líneas generales de entrada/salida.

Figura 28: Líneas de puertos del microcontrolador



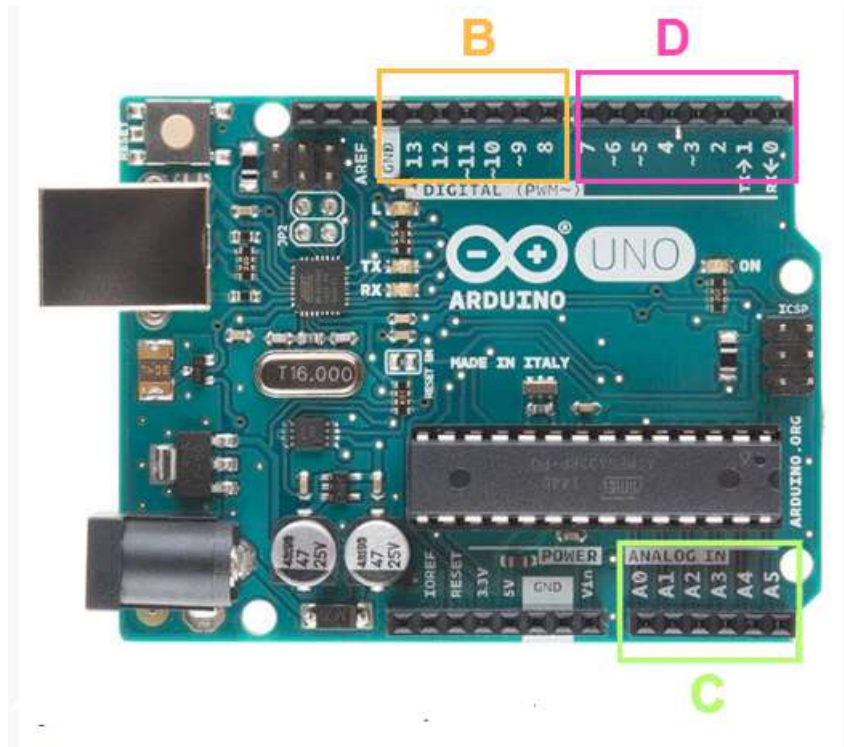
PORTB (Puerto B), (“Figura 29”), tiene dos líneas de entrada/salida para conectar el cristal. Estos pines PORTB bit-6 y PORTB bit-7 pueden estar inactivos si el chip está configurado para usar un oscilador interno, pero no podemos usar esta opción en Arduino porque ya tiene un sistema basado en velocidad de cristal. 16 MHz, más cristales están soldados a estos pines en la placa.

PORTC (“Figura 29”), tiene dos bits no disponibles, un bit 6 de PORTC se usa como entrada RESET y el otro bit (7) no está conectado a MKR WIFI 1010 con cápsula PDIP insertada. en el conector Arduino Uno R3 porque no hay suficientes cables en su paquete de 28 pines. Para los chips de paquete de montaje en superficie TQFP de 32 pines (como el Arduino Nano y algunos clones de Arduino Uno), las dos líneas que faltan son para convertidores de analógico a digital (ADC6 y ADC7) en lugar de pin de entrada/salida digital.

Dos bits PORTD, (“Figura 29”), PORTD bit-0 y PORTD bit-1, se utilizan durante la programación de Arduino porque están conectados a la interfaz USB y también tienen pines TX y RX para la comunicación en serie. Estos pines se pueden usar para la comunicación serial asíncrona con el exterior y también se pueden usar como entrada o salida si no están programados. Sin embargo, no deben tener ningún conector instalado al programar el Arduino. Por lo tanto, el número de 24 entradas/salidas que proporcionarían tres puertos de 8 bits no está disponible.

El MKR WIFI 1010, como cualquier otro microcontrolador, tiene registros para cada puerto que determinan si cada bit del puerto debe usarse como entrada o salida, y una función diferente en diferentes casos. El ATmega328P tiene 3 puertos: PORTB, PORTC y PORTD, por lo que hay 3 bancos de registros de configuración, uno para cada puerto. Arduino MKR WIFI 1010 Bancos y Puertos.

Figura 29: Programación de puertos



Puertos de Arduino MKR WIFI 1010

El MKR WIFI 1010 tiene tres registros de 8 bits como se muestra en la “Figura 30”, para controlar estos tres puertos:

- DDRx (en este caso, x es B, C o D) determina si un bit es una entrada (establecido en 0) o una salida (establecido en 1).
- PORTx controla si el pin es alto o bajo. Si es una entrada, también determina si hay una resistencia pull-up a Vcc.
- PINx le permite leer el estado de los pines del puerto (solo lectura).

Figura 30: Registros de bits del MKR WIFI 1010

PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0
DDRD	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0
PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0
PORTC	-	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0
DDRC	-	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0
PINC	-	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0
PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0
DDRB	DDB7	DDB6	DDB5	DDB4	DDB3	DDB2	DDB1	DDB0
PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0

Ventajas de usar registros:

- Cada instrucción de máquina requiere ciclos de reloj de 16 MHz, y las funciones `digitalRead()` y `digitalWrite()` constan de múltiples instrucciones de máquina, lo que puede afectar negativamente a aplicaciones altamente sensibles al tiempo. El uso de los registros `PORTx` puede hacer el mismo trabajo con muchos menos ciclos de reloj. (Arduino, 2022)
- Si necesita cambiar el estado de varios pines al mismo tiempo, en lugar de hacerlo uno por uno con un bucle `for`, lo que llevaría mucho tiempo, es posible escribir directamente en el registro y configurar los valores de varios pines a la vez. (Arduino, 2022)
- Si su código alcanza el límite de memoria de programa disponible (memoria flash), puede usar este método para hacer que su código use menos bytes de programa. (Arduino, 2022)

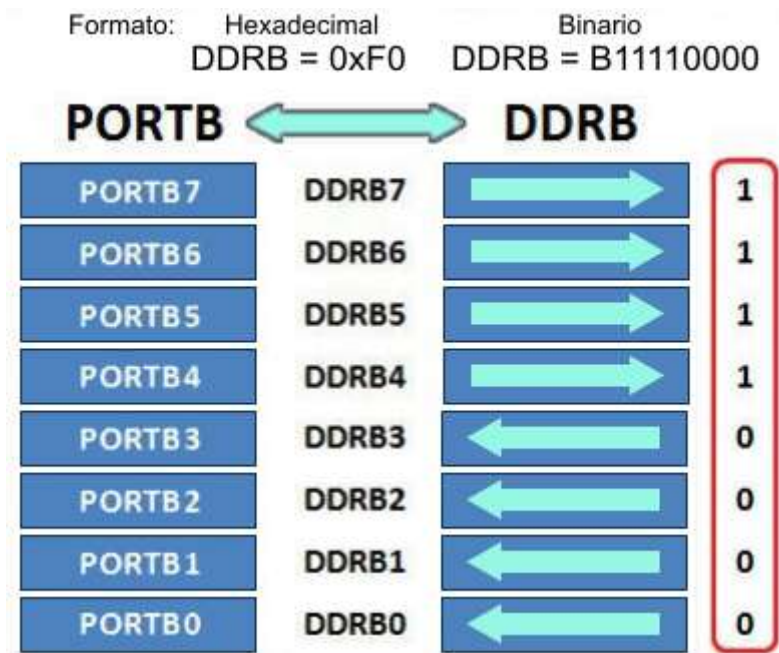
Desventajas de usar registros:

- El código no es fácil de entender para los principiantes.
- Es mucho más fácil generar errores que son difíciles de depurar. Por ejemplo, `DDRD = B11111111` Todos los pines D0 a D7 están configurados como salidas, incluido el pin D0 (RX), lo que hará que el puerto serie deje de funcionar.(Arduino, 2022)
- En las bibliotecas, la manipulación directa de los registros es muy recomendable para la eficiencia.(Arduino, 2022)

Registros DDRx: pines definidos como entrada o salida

Usar registros DDR nos da la ventaja de declarar un pin como entrada o salida usando solo una instrucción, mientras que usar `pinMode()` requiere 8 instrucciones (“Figura 31”).(Arduino, 2022)

Figura 31: Registros DDR



El ejemplo de la “Figura 32” define los 4 bits bajos o menos significativos (0 a 3) como entrada y los 4 bits altos o más significativos (4 a 7) como salida.(Arduino, 2022)

Figura 32: Ejemplo de entradas y salidas en bits

```

1 DDRB = B11110000; // PORTB7-PORTB4 como salidas, PORTB0-PORTB3 como entradas.
2 DDRD = B11111111; // PORTD0-PORTD7 como salidas.
3 DDRB = B00000000; // PORTB0-PORTB7 como entradas.
4 DDRB = B00000111; // PORTB0-PORTB2 salidas, PORTB3-PORTB7 como entradas.
5 PORTD = B11111111; // PORTD0-PORTD7 en ALTO (HIGH).
6 PORTD = B00000000; // PORTD0-PORTD7 en BAJO (LOW).
7 PORTB = B00000101; // PORTB0 y PORTB2 en ALTO (HIGH), PORTB1, PORTB3-PORTB7 en BAJO
8 byte variable = PIND; // Guarda en una variable 'byte' el estado de PORTD0-PORTD7.
  
```

Usando estos registros también podemos controlar las resistencias pull-up internas utilizadas, básicamente no deja que los pines de entrada floten, ya que, esto causará ruido eléctrico. Hay dos formas de resolver este problema: poner una resistencia externa de 10K en Vcc (5V) o usar una resistencia pull-up dentro de la microcomputadora para polarizar la entrada de la misma manera, lo que simplifica el circuito. (Arduino, 2022)

Para habilitar las resistencias pull-up, primero debe configurar el puerto como entrada, (“Figura 33”), (bit 0) usando el registro DDRx y luego escribir un 1 en el registro PORTx.(Arduino, 2022)

Figura 33: Configuración del puerto como entrada



```
1 DDRD = B00000000; // Configura los pines del puerto PORTD (D0-D7) como entradas.  
2 PORTD = B00001111; // Habilitar las pull-ups de los pines D0-D3.
```

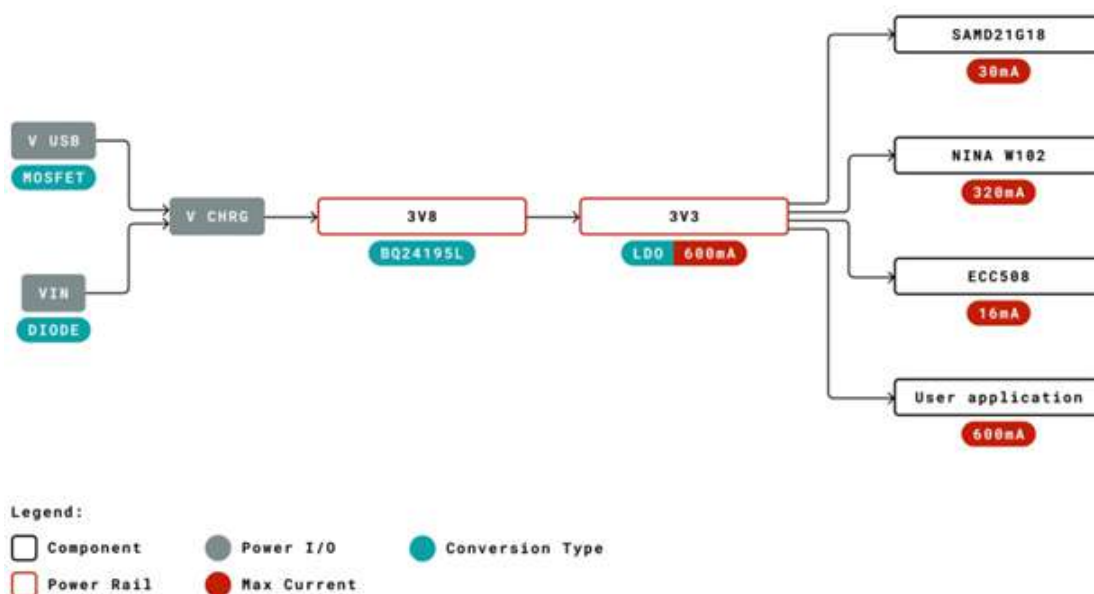
Esto es equivalente a llamar a las funciones de Arduino `digitalRead()` y `digitalWrite()` varias veces. Sin embargo, usar el acceso directo al puerto ahorra espacio flash porque cada operación requiere unos pocos bytes de instrucción para leer el estado del puerto, y también obtiene mucha velocidad porque las funciones de Arduino pueden tardar más de 40 ciclos de reloj en leer o escribir un bit. en el puerto.(Arduino, 2022)

Su puerto USB se utiliza para suministrar alimentación (5V) a la tarjeta. Tiene un circuito de carga Li-Po que permite que Arduino MKR WiFi 1010 funcione con batería o una fuente de alimentación externa de 5 V que carga la batería Li-Po mientras funciona con alimentación externa. El traslado de una fuente a otra es automático.(Arduino, 2022)

APLICACIONES

1. **Bluetooth:** el conjunto de chips de comunicación de MKR WiFi 1010 es bastante único. en el mundo de las plataformas de microcontroladores porque puede ser tanto un cliente BLE y Bluetooth® como un dispositivo host.(Arduino, 2022)
2. **WiFi:** la conexión WiFi se realiza con el módulo u-blox, NINA-W10, chipset de baja potencia que opera en la banda de frecuencia de 2,4 GHz.(Arduino, 2022)
3. **IoT:** ya sea que esté buscando construir una red de sensores conectada al enrutador de su oficina o hogar (“Figura 34”), si se crear un dispositivo BLE el cual envíe datos a un dispositivo celular, MKR WiFi 1010 es la solución única para muchos básicos. Escenarios de aplicaciones de IoT.(Arduino, 2022)

Figura 34: Árbol de funcionamiento



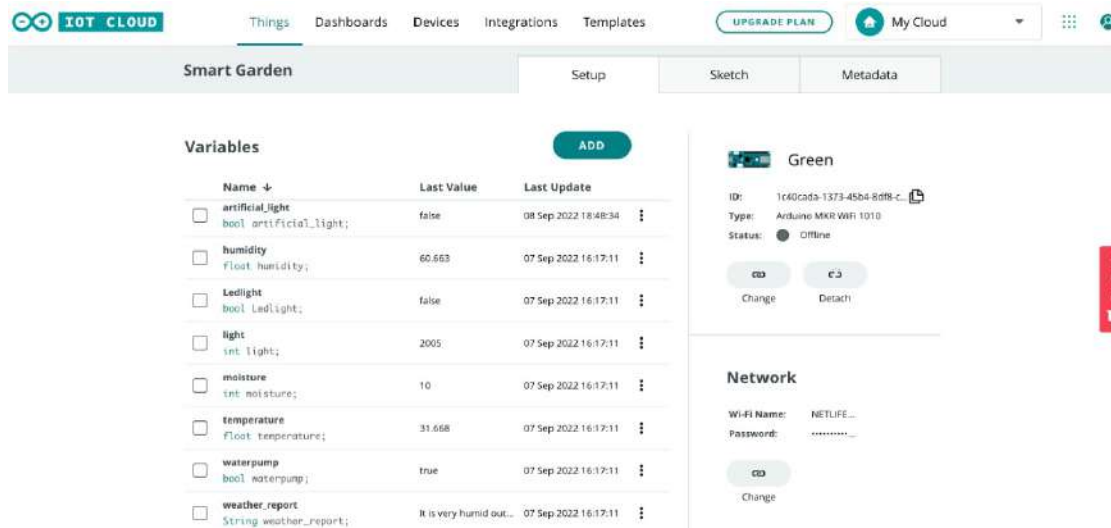
SOFTWARE DE CONTROL

En este proyecto se implementó un programa en el cual se pueda medir diferentes variables tales como: luz, humedad en el ambiente, temperatura y humedad en el cultivo, además con la ayuda de 2 relays pudimos controlar el encendido y apagado de la bomba de agua y luces led, que sirven como luz artificial para las plantas en caso de encontrarse en un ambiente cerrado.

Las variables que se muestran en la “Figura 35”, y que se implementaron son las siguientes:

1. **Variable booleana:** Es una variable lógica, que tiene únicamente dos valores, true o false. Se utilizó este tipo de variables con el fin de facilitar la escritura y el razonamiento del programa, ya que nos permitió tomar decisiones con sus estados.
2. **Variable flotante:** Se utilizó para números en los que se necesitó más de precisión, porque guardan valores de magnitudes continuas, por ejemplo: la variable temperatura es una magnitud continua.
3. **Variable entera:** Los int (enteros) son el tipo de datos primario para el almacenamiento de números. En el Arduino MKR WIFI 1010 esta variable int ayudó a almacenar un valor.
4. **Variable string:** Es un tipo de variable que es usado para guardar cadenas de caracteres. Fue de mucha utilidad cuando se quiso formar el mensaje de texto con respecto al clima, para luego ser enviados por el puerto serial.

Figura 35: Declaración de variables



Lenguaje de programación

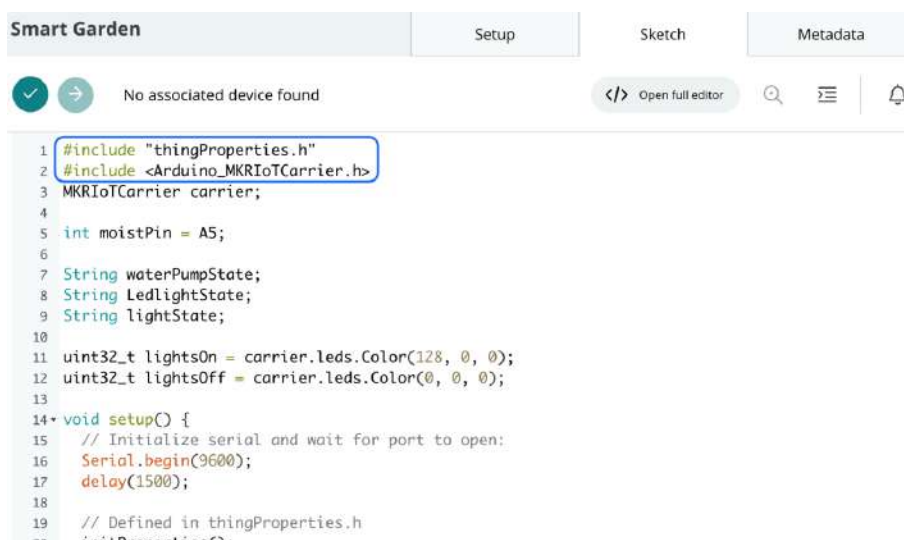
[Further Syntax] - #include

#include (“Figura 36”), se usó para incluir bibliotecas externas en un boceto. Brindó a los programadores acceso a una extensa biblioteca C estándar (un conjunto de funciones preconstruidas), así como bibliotecas escritas específicamente para Arduino.

Esta es la página de referencia principal para la biblioteca AVR C (AVR se refiere al chip Atmel en el que se basa Arduino).

Se debió tomar en cuenta que #include es similar a #define sin el terminador de punto y coma, y si se agrega un punto y coma, el compilador generará mensajes de error crípticos.

Figura 36: Uso de #include en la programación



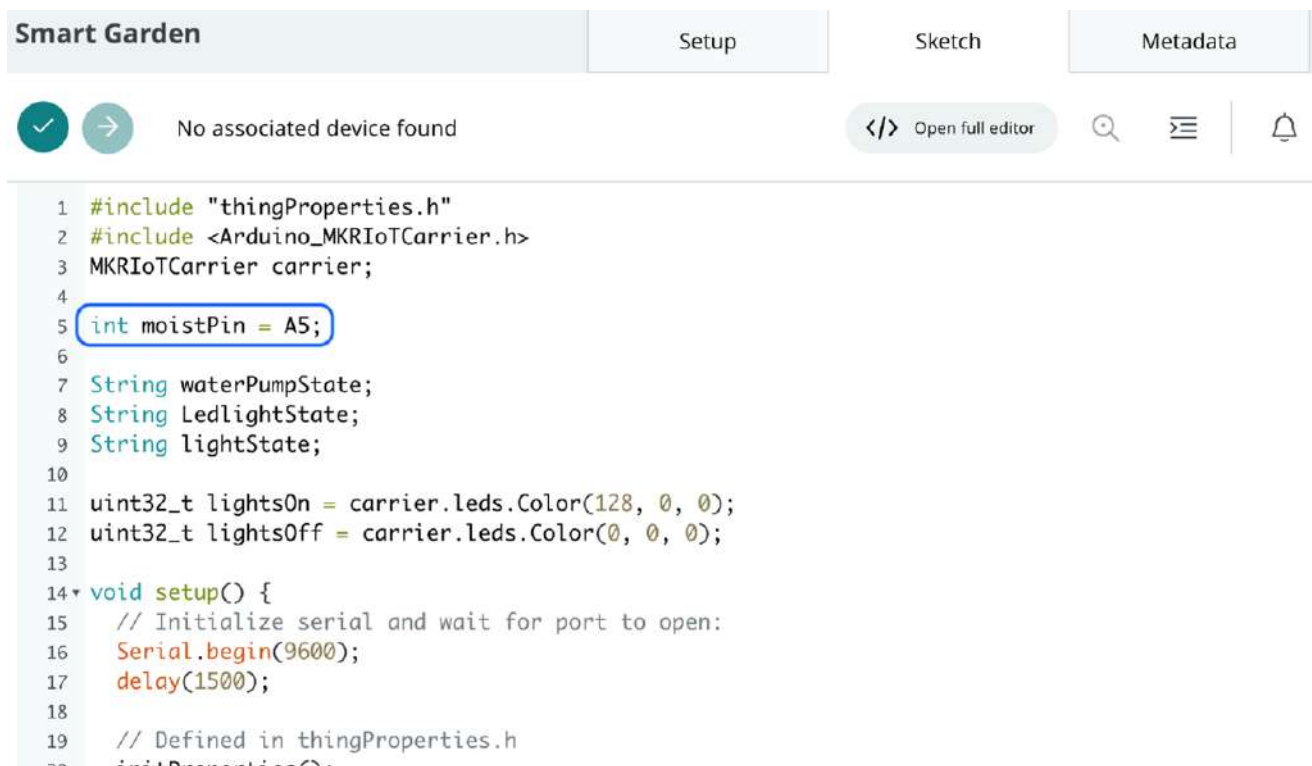
[Tipo de datos] - int()

Es el principal tipo de datos para almacenar números. En Arduino, int, (“Figura 37”), almacena un valor de 16 bits (2 bytes). Esto da un rango de -32,768 a 32,767 (el mínimo es -2^{15} , el máximo es $2^{15} - 1$). En las placas Arduino Due y SAMD (como MKR1010 y Zero), int almacena valores de 32 bits (4 bytes).

int() almacena números negativos usando una técnica llamada (matemáticas de complemento a 2). El bit más alto marca el número como negativo, mientras que, los restantes se cambian y se acrecentan en 1.

El Arduino maneja números negativos, por lo que las operaciones aritméticas funcionan de manera transparente como se esperó. Sin embargo, al momento de usar el controlador de cambios correctos puede producir distintas complicaciones inesperadas.

Figura 37: Uso de int en la programación



```
1 #include "thingProperties.h"
2 #include <Arduino_MKRIoTCarrier.h>
3 MKRIoTCarrier carrier;
4
5 int moistPin = A5;
6
7 String waterPumpState;
8 String LedlightState;
9 String lightState;
10
11 uint32_t lightsOn = carrier.leds.Color(128, 0, 0);
12 uint32_t lightsOff = carrier.leds.Color(0, 0, 0);
13
14 void setup() {
15   // Initialize serial and wait for port to open:
16   Serial.begin(9600);
17   delay(1500);
18
19   // Defined in thingProperties.h
20   initProperties();
```

[Tipo de datos] - String

La red de texto puede ser representada de dos maneras. Puede usar el tipo de datos String (“Figura 38”), que forma parte de la versión 0019 del kernel, o crear una cadena terminada en nulo a partir de un tipo de matriz char. Esta página describe el último método. Para obtener más información acerca de los objetos de cadena, consulte Los objetos de cadena ofrecen más funcionalidad a costa de más memoria.

Terminación Nula

Terminan con un carácter nulo (código ASCII 0). Esto permite que funciones como Serial.print() le digan dónde está el final de la cadena. De lo contrario, continuarán leyendo el siguiente byte de la memoria que en realidad no

forma parte de la cadena.

Esto significa que su cadena debe tener un espacio más que el texto que desea incluir. Entonces, Str2 y Str5 deberían tener ocho caracteres, aunque "arduino" solo tiene siete: la última posición se llena automáticamente con ceros. Str4 contendrá automáticamente ocho caracteres, uno de los cuales será un cero adicional. En Str3 se incluyó explícitamente el propio carácter nulo. (Arduino, 2022)

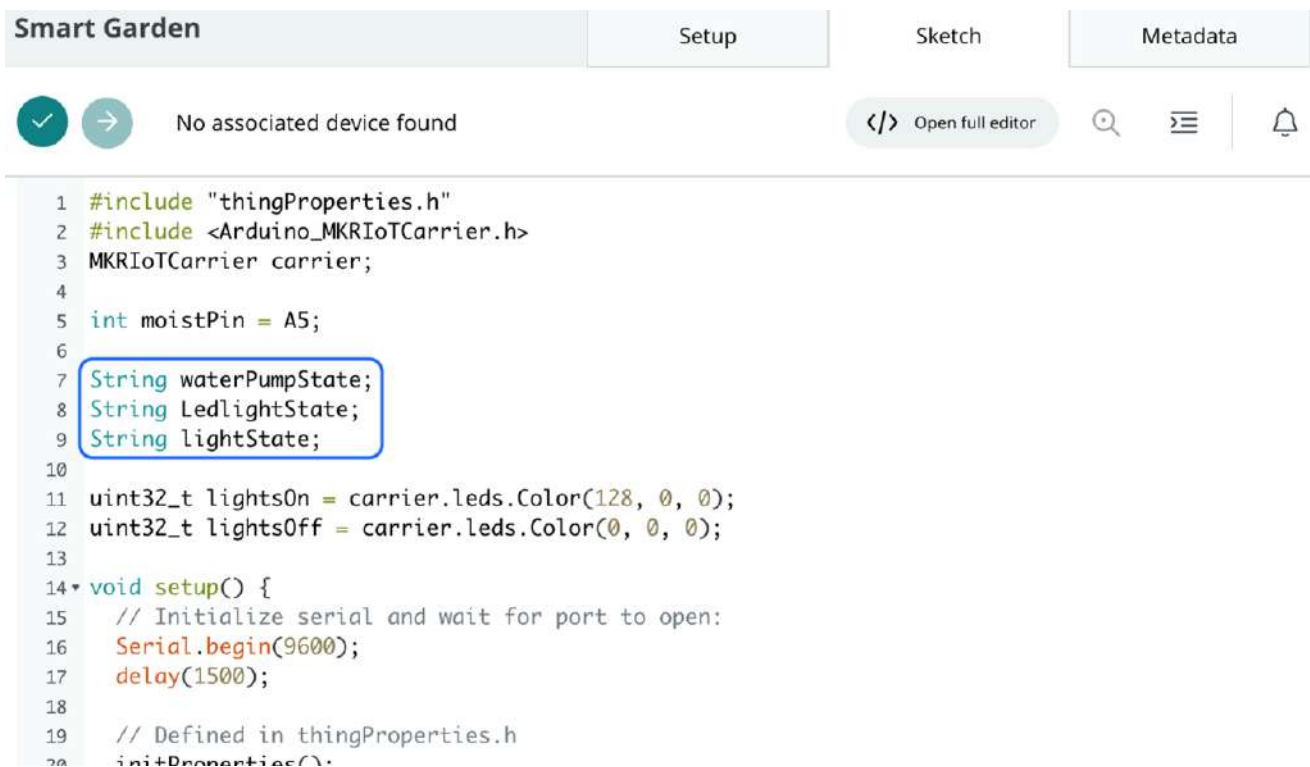
Tenga en cuenta que puede haber cadenas sin caracteres nulos (por ejemplo, si especificó Str2 como 7 en lugar de 8). Esto rompe la mayoría de las funciones que funcionan con cadenas, por lo que no debe hacerlo a propósito. Pero si nota que algo se comporta de manera extraña (usando caracteres que no son cadenas), ese podría ser el problema. (Arduino, 2022)

Matrices de cadena

La configuración de una serie de cadenas suele ser conveniente cuando se trabaja con grandes cantidades de texto, como proyectos con pantallas LCD. Dado que las cadenas son matrices en sí mismas, este es en realidad un ejemplo de una matriz bidimensional.

Todos los nombres de matrices son punteros, por lo que, se debe componer matrices. Los punteros son una de las partes más esotéricas de C para que los principiantes entiendan. (Arduino, 2022)

Figura 38: Uso de String en la programación

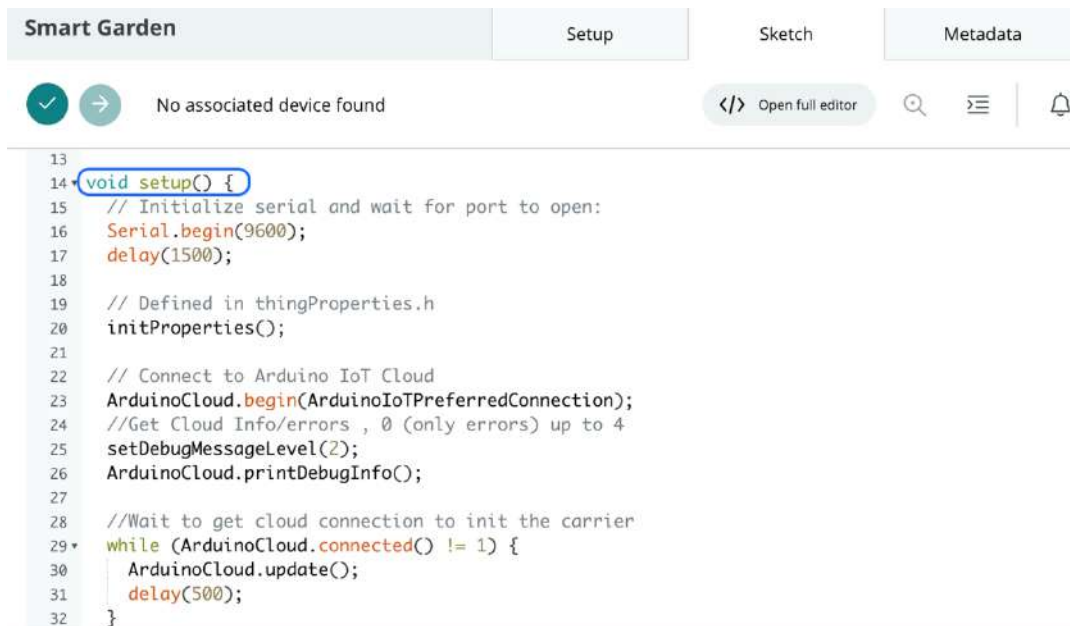


```
Smart Garden Setup Sketch Metadata
No associated device found Open full editor
1 #include "thingProperties.h"
2 #include <Arduino_MKRIoTCarrier.h>
3 MKRIoTCarrier carrier;
4
5 int moistPin = A5;
6
7 String waterPumpState;
8 String LedlightState;
9 String lightState;
10
11 uint32_t lightsOn = carrier.leds.Color(128, 0, 0);
12 uint32_t lightsOff = carrier.leds.Color(0, 0, 0);
13
14 void setup() {
15   // Initialize serial and wait for port to open:
16   Serial.begin(9600);
17   delay(1500);
18
19   // Defined in thingProperties.h
20   initProperties();
```

[Tipo de datos] - Void

La palabra clave void (“Figura 39”), se usa solo para declaraciones de funciones. Especifica que la función no debe devolver información a la función que llama.

Figura 39: Uso de void en la programación



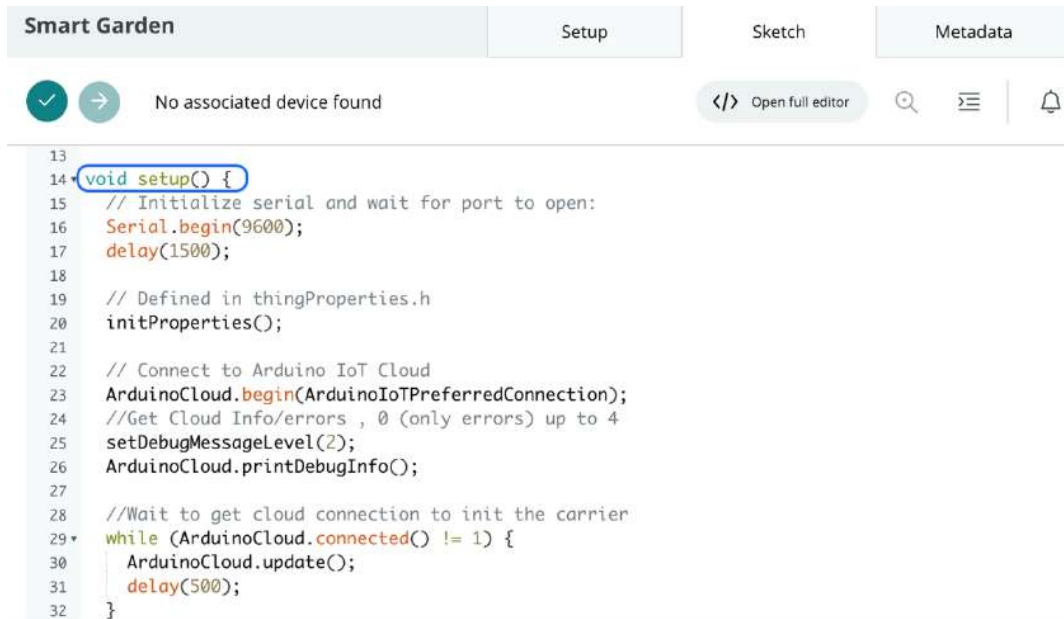
The screenshot shows the Arduino IDE interface. At the top, there are tabs for 'Smart Garden', 'Setup', 'Sketch', and 'Metadata'. Below the tabs, there is a status bar that says 'No associated device found'. The main area displays the code for the 'setup()' function, which is highlighted with a blue box. The code is as follows:

```
13
14 void setup() {
15 // Initialize serial and wait for port to open:
16 Serial.begin(9600);
17 delay(1500);
18
19 // Defined in thingProperties.h
20 initProperties();
21
22 // Connect to Arduino IoT Cloud
23 ArduinoCloud.begin(ArduinoIoTPreferredConnection);
24 //Get Cloud Info/errors , 0 (only errors) up to 4
25 setDebugLogLevel(2);
26 ArduinoCloud.printDebugInfo();
27
28 //Wait to get cloud connection to init the carrier
29 while (ArduinoCloud.connected() != 1) {
30   ArduinoCloud.update();
31   delay(500);
32 }
```

[Sketch] - setup()

La función setup() (“Figura 40”), se llama cuando se inicia el boceto. Se usa para inicializar variables, corregir modelos, comenzar a usar bibliotecas, etc. La función de configuración () se ejecuta solo una vez cada vez que se enciende o reinicia la placa Arduino.(Arduino, 2022)

Figura 40: Uso de setup() en la programación

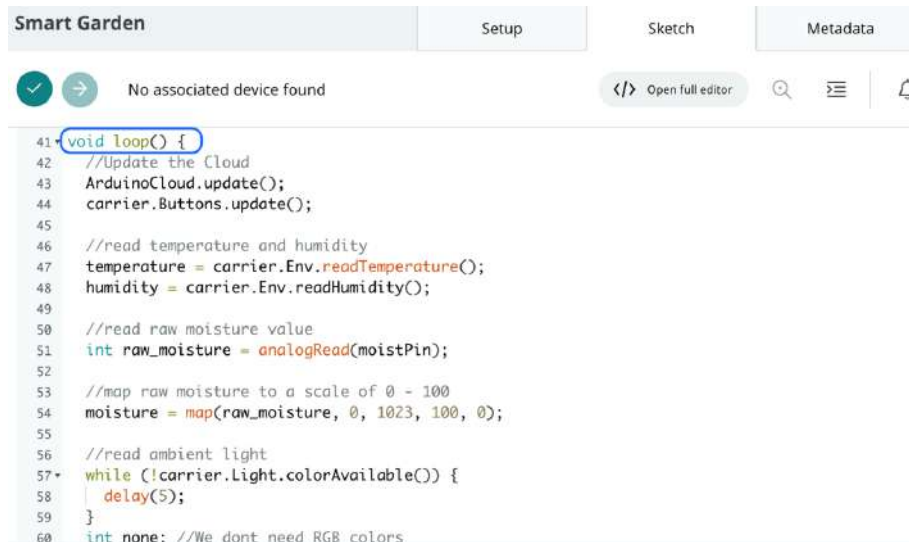


```
Smart Garden Setup Sketch Metadata
No associated device found </> Open full editor
13
14 void setup() {
15   // Initialize serial and wait for port to open:
16   Serial.begin(9600);
17   delay(1500);
18
19   // Defined in thingProperties.h
20   initProperties();
21
22   // Connect to Arduino IoT Cloud
23   ArduinoCloud.begin(ArduinoIoTPreferredConnection);
24   //Get Cloud Info/errors , 0 (only errors) up to 4
25   setDebugMessageLevel(2);
26   ArduinoCloud.printDebugInfo();
27
28   //Wait to get cloud connection to init the carrier
29   while (ArduinoCloud.connected() != 1) {
30     ArduinoCloud.update();
31     delay(500);
32   }
```

[Sketch] - loop()

Después de crear una función setup() que inicializa y establece los valores iniciales, la función loop() (“Figura 41”), como sugiere el nombre, continúa en bucle para que su programa pueda cambiar y reaccionar. Úselo para controlar activamente la placa Arduino.(Arduino, 2022)

Figura 41: Uso de loop() en la programación



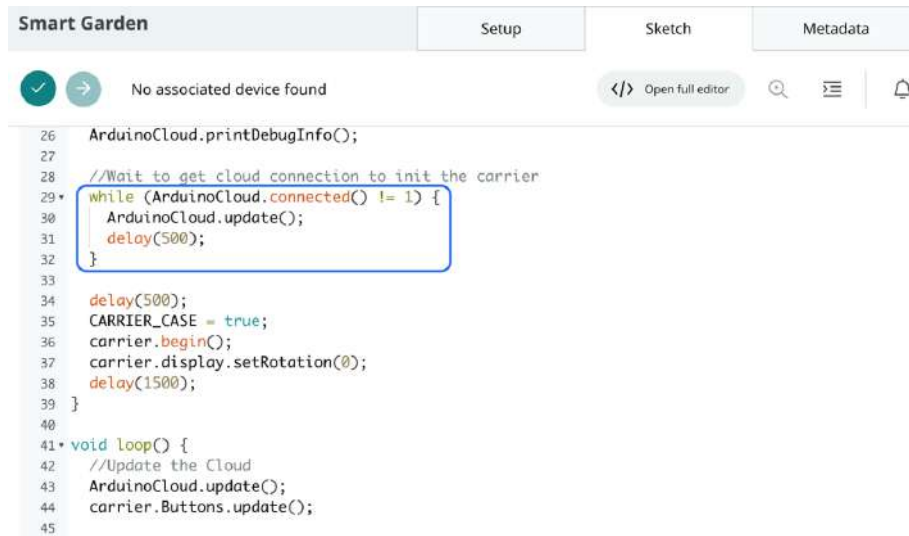
```
Smart Garden Setup Sketch Metadata
No associated device found </> Open full editor
41 void loop() {
42   //Update the Cloud
43   ArduinoCloud.update();
44   carrier.Buttons.update();
45
46   //read temperature and humidity
47   temperature = carrier.Env.readTemperature();
48   humidity = carrier.Env.readHumidity();
49
50   //read raw moisture value
51   int raw_moisture = analogRead(moistPin);
52
53   //map raw moisture to a scale of 0 - 100
54   moisture = map(raw_moisture, 0, 1023, 100, 0);
55
56   //read ambient light
57   while (!carrier.Light.colorAvailable()) {
58     delay(5);
59   }
60   int none: //We dont need RGB colors
```

[Estructura de control] - while()

El ciclo while (“Figura 42”), continúa el ciclo indefinidamente hasta que la expresión entre paréntesis () devuelve falso. La variable para medir debe cambiar a algún valor, de lo contrario, el ciclo while nunca terminará. Esto puede

estar en su código, como incrementar una variable, o en condiciones externas, como probar un sensor.

Figura 42: Uso de while en la programación



The image shows a screenshot of an IDE window titled "Smart Garden". At the top, there are tabs for "Setup", "Sketch", and "Metadata". Below the tabs, there is a status bar that says "No associated device found" and a button "Open full editor". The main area contains C++ code for an Arduino sketch. The code is as follows:

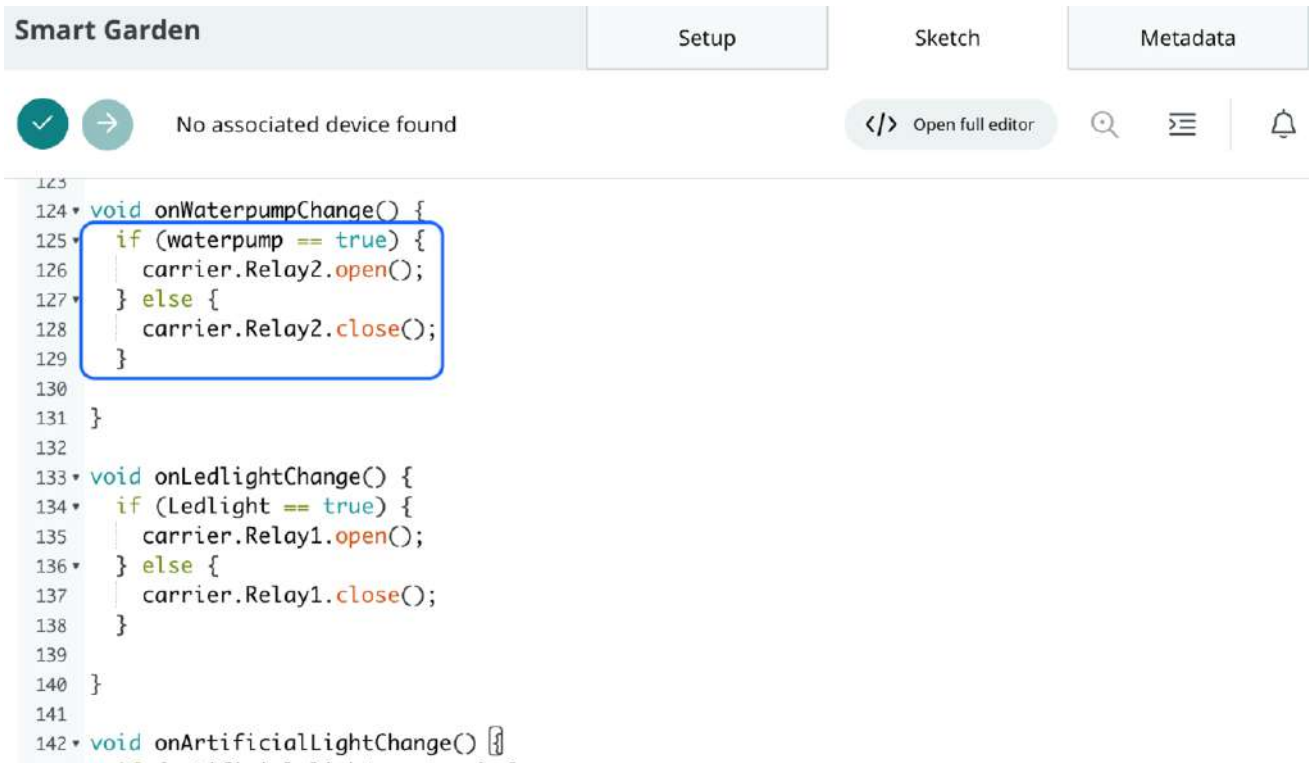
```
26 ArduinoCloud.printDebugInfo();
27
28 //Wait to get cloud connection to init the carrier
29 while (ArduinoCloud.connected() != 1) {
30     ArduinoCloud.update();
31     delay(500);
32 }
33
34 delay(500);
35 CARRIER_CASE = true;
36 carrier.begin();
37 carrier.display.setRotation(0);
38 delay(1500);
39 }
40
41 void loop() {
42     //Update the Cloud
43     ArduinoCloud.update();
44     carrier.Buttons.update();
45 }
```

The while loop on lines 29-32 is highlighted with a blue box.

[Estructura de control] - if... else

Una sentencia if prueba una condición y ejecuta un conjunto de sentencias de procedimiento o sentencias si la condición es verdadera (“Figura 43”).

Figura 43: Uso de if...else en la programación



```
123
124 void onWaterpumpChange() {
125     if (waterpump == true) {
126         carrier.Relay2.open();
127     } else {
128         carrier.Relay2.close();
129     }
130 }
131 }
132
133 void onLedlightChange() {
134     if (Ledlight == true) {
135         carrier.Relay1.open();
136     } else {
137         carrier.Relay1.close();
138     }
139 }
140 }
141
142 void onArtificialLightChange() {
```

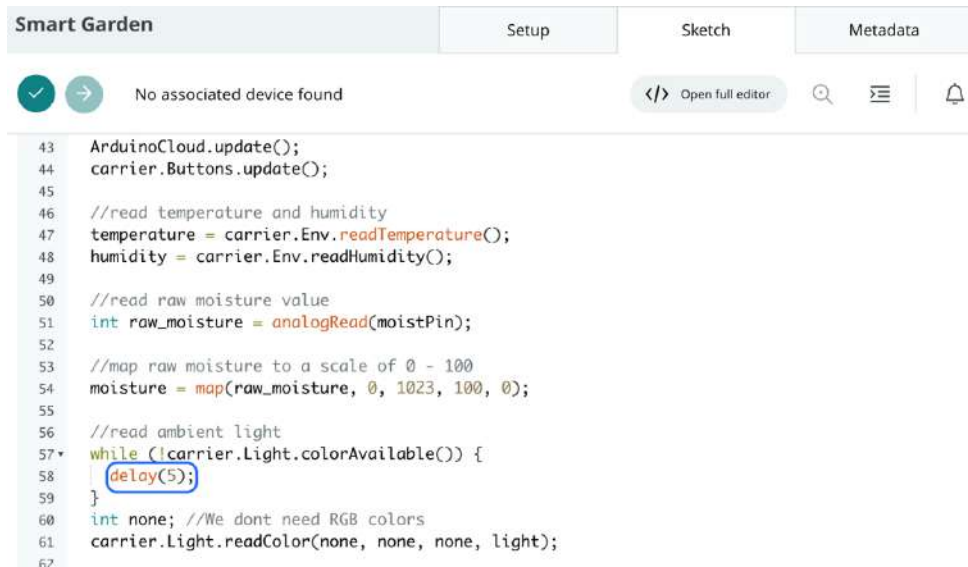
[Time] - Delay()

Detiene el programa durante el tiempo (en milisegundos) especificado como argumento. (Hay 1000 milisegundos en un segundo).

Aunque es fácil crear LED parpadeantes usando la función de retraso(), y muchos bocetos usan un pequeño retraso para realizar tareas como cambiar interruptores, existe un inconveniente significativo al usar retraso() en bocetos. No se pueden realizar otras lecturas del sensor, cálculos matemáticos ni operaciones con pines durante la función de retardo, que detiene la mayoría de las demás operaciones. Consulte la función millis() y el diagrama a continuación para ver una forma alternativa de controlar el tiempo. Los programadores profesionales generalmente evitan usar delay() para registrar eventos de más de 10 ms, a menos que el boceto de Arduino sea muy simple.(Arduino, 2022)

Pero cuando la función delay(), (“Figura 44”), controla el chip MKR WIFI 1010, algo sucede porque la función delay() no desactiva las interrupciones. Escriba la comunicación en serie que ocurre en el pin RX, guarde el valor PWM (escritura analógica) y el estado del pin, la interrupción funcionará bien.

Figura 44: Uso de delay() en la programación



```
43 ArduinoCloud.update();
44 carrier.Buttons.update();
45
46 //read temperature and humidity
47 temperature = carrier.Env.readTemperature();
48 humidity = carrier.Env.readHumidity();
49
50 //read raw moisture value
51 int raw_moisture = analogRead(moistPin);
52
53 //map raw moisture to a scale of 0 - 100
54 moisture = map(raw_moisture, 0, 1023, 100, 0);
55
56 //read ambient light
57 while (!carrier.Light.colorAvailable()) {
58   delay(5);
59 }
60 int none; //We dont need RGB colors
61 carrier.Light.readColor(none, none, none, light);
62
```

[Analog I/O] - analogRead()

Lee el valor del pin analógico especificado. La placa Arduino contiene convertidores de analógico a digital de 6 canales (8 Mini y Nano, 16 Mega) de 10 bits, (“Figura 45”). Esto significa que asigna un voltaje de entrada de 0 a 5 voltios a valores enteros de 0 a 1023. Esto proporciona una resolución entre lecturas de 5 voltios/1024 unidades, o 0,0049 voltios (4,9 mV) por unidad. El rango de entrada y la resolución se pueden variar usando analogReference().(Arduino, 2022)

Se tarda unos 100 microsegundos (0,0001 segundos) en leer la entrada analógica, por lo que la velocidad de lectura máxima es de unas 10.000 lecturas por segundo.(Arduino, 2022)

Figura 45: Uso de analogRead() en la programación



```
43 ArduinoCloud.update();
44 carrier.Buttons.update();
45
46 //read temperature and humidity
47 temperature = carrier.Env.readTemperature();
48 humidity = carrier.Env.readHumidity();
49
50 //read raw moisture value
51 int raw_moisture = analogRead(moistPin);
52
53 //map raw moisture to a scale of 0 - 100
54 moisture = map(raw_moisture, 0, 1023, 100, 0);
55
56 //read ambient light
57 while (!carrier.Light.colorAvailable()) {
58   delay(5);
59 }
60 int none; //We dont need RGB colors
61 carrier.Light.readColor(none, none, none, light);
62
```

SOFTWARE

Este diagrama (“Figura 46”) describe el proceso, sistema o algoritmo de como funciona el software. Se utilizó para documentar, verificar, planificar, mejorar y comunicar procesos complejos en un diagrama claro y comprensible. Se utilizó rectángulos, óvalos, rombos y muchas otras formas para definir las características de los pasos, así como direcciones de conexión que establecen la secuencia y el flujo.(Arduino, 2022)

Figura 46: Diagrama de flujo de software.



Para realizar este proyecto se tomaron en cuenta varias variables de instrumentación. Donde en primer lugar se inició software.

Una vez que se ingresó al software, se procede con la medición, donde la magnitud eléctrica obtenida del sensor pasa a un conversor Analógico Digital (CAD), una vez convertida la señal analógica a digital esta se envía al Arduino.

Teniendo todas las conexiones físicas necesarias del sistema se procedió a realizar lo que sería el software. Se desarrolló el código de tal manera que primero se ocupe del software para que adquiriera los datos, luego el procesamiento de la información y al final la salida visual de las variables.

El tratamiento de datos consistió en tomar los diez bits provenientes del CAD, se encuestó el valor para saber si es de interés y luego que genere la acción a realizar.

INTERFAZ DE COMUNICACION.

En la programación principal se inició incluyendo los paquetes de "thingProperties.h" y se llamó a la placa con la que se trabajó "Arduino_MKRIoTCarrier.h", luego de que, se llamaran a las variables ya antes mencionadas, para iniciar con la programación se digitó el void setup(), que sirvió para establecer configuraciones en la placa como son:

- Conexión a internet
- Tiempo de respuesta
- Bucles

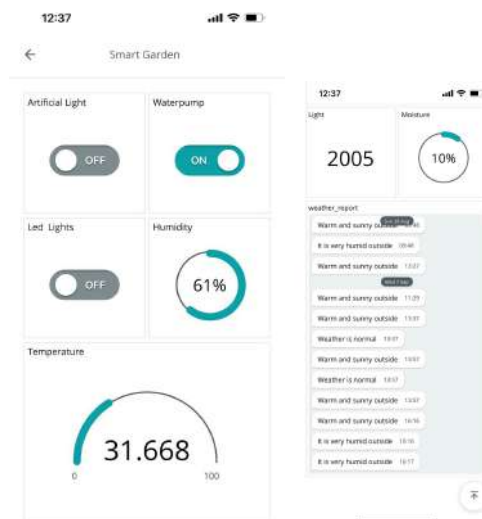
Gracias a ésta función se pudo controlar, automatizar y leer las variables que fueron declaradas.

También se diseñó una interfaz para pc ("Figura 47") y dispositivos móviles ("Figura 48"), donde se podrá visualizar de forma numérica y escrita todas las variables presentes en el programa, además, de controlar el encendido y apagado de la bomba, luces artificiales led y luces led ya incluidas en el arduino, obteniendo como resultado lo siguiente:

Figura 47: Interfaz para pc.

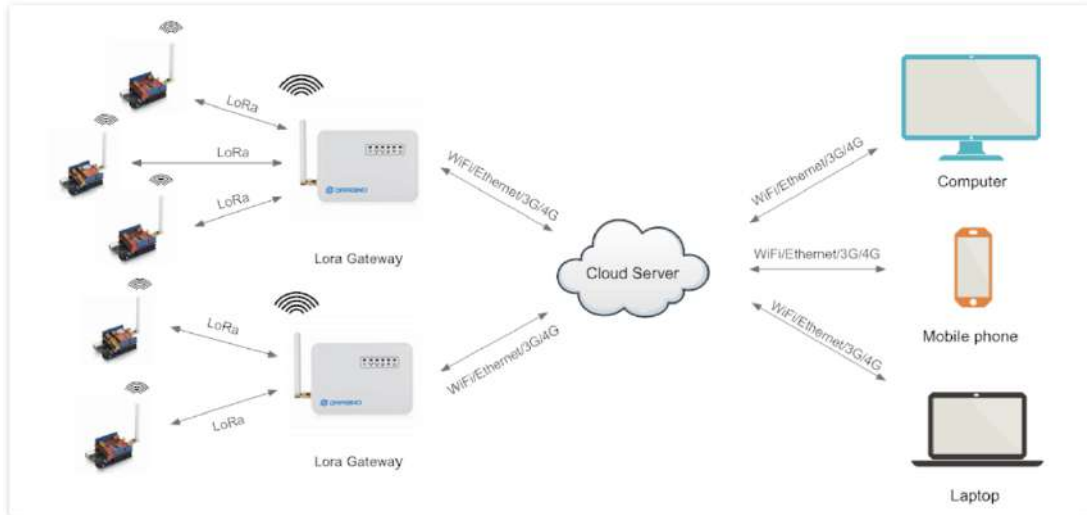


Figura 48: Interfaz para dispositivo móvil.



The Things Gateway (“Figura 49”) permitió que los sensores y computadoras integradas se conecten a internet. Con un proceso fácil de anclarse a la red, se creó el aspecto más sustancial de la red de datos IoT. Se activó la puerta de enlace en solo 5 minutos y creó su propia red local. Con la facultad de servir a miles de nodos, la puerta de enlace es el componente principal de la red conectada.(Arduino, 2022)

Figura 49: Diagrama de red de comunicación.



XI-G. SELECCIÓN DE MATERIALES

COMPONENTES HIDRAÚLICOS

En este apartado se presenta la selección de cada uno de los componentes hidráulicos, los cuales, se implementarán en el proyecto de investigación.

TUBERÍAS Y ACCESORIOS

El tipo de tuberías y accesorios que se usó en este proyecto se basa en el flujo máximo que pasara a través de las tuberías que es de 2000 l/h por lo cual se llegó a la elección de instalar en toda la estructura tuberías de 2” pulgadas de material de pvc rígido, así mismo los accesorios que se usaron son: te y codo de 90 con un diámetro de 2” pulgada para las tuberías primarias, secundarias y terciarias.

CAUDAL

El área que se utilizará para el cultivo será 45 metros cuadrados , por lo cual, tomamos como referencia en las especificaciones de la bomba que el caudal es de 33.33 litros/min.

BOMBA

Para la selección de la bomba que se usará para el proyecto de investigación se tomo en cuenta diversos factores:

$$Pm = \frac{Q}{75 \times \eta} \quad (1)$$

$$Pm = \frac{(33,33[L/m]) \times 1}{75 \times 0,6} \quad (2)$$

$$Pm = 0,74[HP] \quad (3)$$

$$Pm = 0,55[kW] \quad (4)$$

$$(5)$$

Donde:

Pm: Potencia mecánica de la bomba en caballos de fuerza.

Q: Caudal en litros por minuto

H: Altura geométrica y pérdidas por fricción

η : Eficiencia de la bomba, se coloca 60 % para el cálculo teórico.

El dato teórico que se obtuvo como resultado fue de 0.74 HP, en lo cual, la altura fue de 2 metros para tener como factor de seguridad una cota. Con los resultados de los cálculos teóricos se optó por elegir una bomba sumergible de 3/4 HP de marca SOBO , a continuación, se muestra una tabla con los parámetros técnicos de la bomba seleccionada.

Con los datos técnicos obtenidos de la bomba seleccionada se realizan los siguientes cálculos:

$$\eta = \frac{Pm}{Pe} \times 100 \% \quad (6)$$

$$\eta = \frac{(0,55kW)}{1kW} \times 100 \% \quad (7)$$

$$\eta = 55 \% \quad (8)$$

$$(9)$$

Cuadro IV: Parámetros Técnicos de bomba de 3/4 HP.

Parámetros	Bomba 3/4 HP
Caudal	5 - 33 l/min
Voltaje	110 V
Frecuencia	60 Hz
Potencia Mecánica	0.75 HP
Potencia Eléctrica	1 kW
Altura Máxima	2 metros
Precio	\$ 39.90

Donde:

η : Eficiencia de la bomba seleccionada. Pm: Potencia mecánica dada en kW. Pe: Potencia eléctrica dada en kW.

A continuación, se procede a realizar el cálculo para la intensidad nominal dada en la bomba:

$$In = \frac{Pe}{V \times \cos\phi} \quad (10)$$

$$In = \frac{(1kW)}{110[V] \times 0,79} \quad (11)$$

$$In = \frac{(1kW)}{86,9} \quad (12)$$

$$In = 11,5[A] \quad (13)$$

$$(14)$$

XI-H. IMPLEMENTACIÓN

ESTRUCTURA

Análisis: Como se visualiza en la “Figura 50” podemos cultivar un total de 80 plantas en un espacio de 1,60 m largo x 2,05 m de ancho, mientras que, en un terreno con las mismas dimensiones podemos tener una capacidad de máximo hasta 20 plantas, lo cual, nos lleva a poder determinar que tenemos una optimización del 400 % en cuánto a uso del suelo.

En otro punto, tenemos la calidad de la planta, ya que, al encontrarse únicamente con agua llena de nutrientes no sufrirá de plaga, eliminando así el uso de plaguicidas y cosechando de forma más natural con una alta calidad.

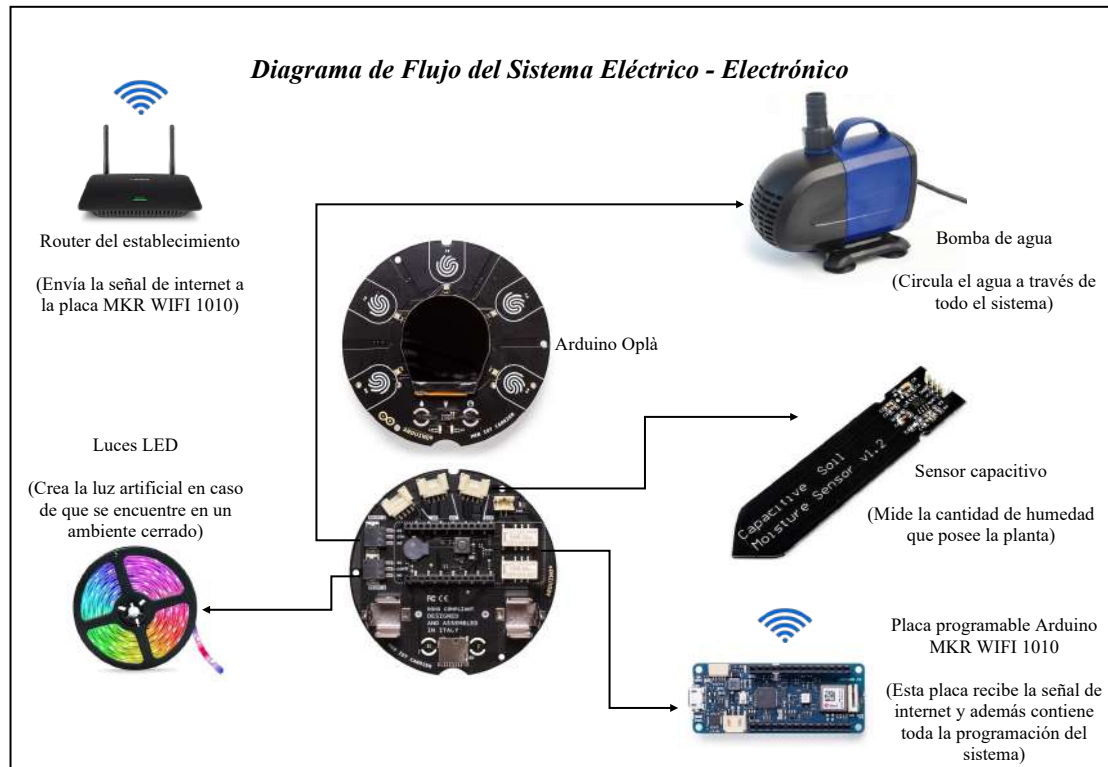
Figura 50: Diseño Mecánico.



SISTEMA ELECTRÓNICO

El sistema electrónico (“Figura 51”) en este proyecto es manejado gracias a la ayuda del internet, dándonos así, la facilidad de poder manejarlo desde cualquier parte en donde nos encontremos, sea nuestra propia casa o trabajo, es manejado desde nuestro celular o computadora, donde se le envía la señal tanto para encender como para el apagado del mismo, una vez encendido empieza el sistema de riego en donde la placa en este caso el Arduino Ópla comienza a recabar las diferentes variables como la humedad, temperatura.

Figura 51: Diseño Eléctrico - Electrónico.



Análisis: A partir de este diseño podemos concluir que, el irrigar las plantas es más fácil, ya que, todo el sistema es monitoreado a través de cualquier dispositivo móvil, laptop, tablet o cualquier aparato electrónico que posea una conexión a internet.

Se puede concluir a partir de las pruebas realizadas que, es una manera práctica de poder controlar el todas las variables como: la humedad, la temperatura, el tiempo de irrigación, la cantidad de luz que reciben las plantas.

XI-I. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

En la “Tabla XVI” se puede apreciar las diferentes pruebas realizadas con diversos materiales, en primer lugar utilizamos una esponja de color negro para que la esponja mantenga siempre con humedad a las lechugas y así pueda continuar con su ciclo de crecimiento, con el tiempo nos dimos cuenta que la esponja no absorbía el agua, por lo cual, las lechugas no recibía agua constantemente y por ello se comenzaron a secar.

Cuadro V: Pruebas de funcionamiento de las tres primeras semanas

Solución nutritiva – Lechuga Crespa				
Semanas	PH	Nivel de SN (cm)	SN consumido (L)	T solución (°C)
1ra semana	2,65	2,0	2,2	32
2da semana	3,15	3,0	3,2	34
3ra semana	3,33	2,0	2,2	32

Cuadro VI: Pruebas de funcionamiento de la cuarta semana a la novena semana

Solución nutritiva – Lechuga Crespa				
Semanas	PH	Nivel de SN (cm)	SN consumido (L)	T solución (°C)
4ta semana	3,15	2,5	2,2	32
5ta semana	3,10	2,0	2,8	34
6ta semana	4,30	3,0	3,0	34
7ma semana	3,45	3,0	3,5	32
8va semana	4,33	3,3	2,8	34
9na semana	3,15	3,0	3,3	32

Luego se decidió implementar otra alternativa durante las semanas expuestas en la “Tabla VI”, para la cual, se retiraron las dichas esponjas, y se procedió a colocar una base plástica con material reciclado, en este caso vasos plásticos, a los cuales se les realizó agujeros a su alrededor para luego proceder a colocar algodón en su base y así al momento que el agua empiece a circular la planta se mantenga siempre humedecida (“Tabla VII”), con este método se pudo notar que las lechugas volvían a hidratarse y posteriormente a retomar su ciclo de crecimiento (“Tabla VIII”).

Cuadro VII: Pruebas de funcionamiento de la décima semana a la décimo quinta semana

Solución nutritiva – Lechuga Crespa				
Semanas	PH	Nivel de SN (cm)	SN consumido (L)	T solución (°C)
10ma semana	3,4	2,8	2,2	32
11ª Undécima semana	3,8	2,6	2,8	34
12ª Duodécima semana	4,3	3,0	3,0	34
13ª Decimotercera semana	3,4	3,3	3,5	32
14ª Decimocuarta semana	4,5	3,8	2,8	34
15ª Decimoquinta semana	4,0	3,0	3,3	32

Cuadro VIII: Pruebas de funcionamiento de la décimo sexta semana a la vigésima segunda semana

Solución nutritiva – Lechuga Crespa				
Semanas	PH	Nivel de SN (cm)	SN consumido (L)	T solución (°C)
16ª Decimosexta semana	3,4	2,8	2,2	32
17ª Decimoséptima semana	3,8	2,6	2,8	34
18ª Decimooctava semana	4,3	3,0	3,0	34
19ª Decimonovena semana	3,4	3,3	3,5	32
20ª Vigésima semana	4,5	3,8	2,8	34
21ª Vigésima primera semana	4,0	3,0	3,3	32
22ª Vigésima segunda semana	3,4	2,8	2,2	32

Para la operación del proyecto, se utiliza una placa ARDUINO ÓPLA, junto con su propia placa IDE (Interfaz de desarrollo) integrada para programar el microcontrolador, compilar y transcódicar el al chip.

El trabajo de ARDUINO ÓPLA es la recopilación a cada sensor sobre el valor de PH del agua que está monitoreando, luego, dependiendo del PH promedio obtenido en un tiempo determinado, el procedimiento programado mostrará el mensaje. información a través de la pantalla LCD, si el PH obtenido no está dentro del rango recomendado para el cultivo, aparecerá un mensaje de advertencia en la pantalla LCD y detendrá el flujo de agua, esto deja al propietario del cultivo en capacidad de monitorear lo que está sucediendo, estas medidas buscan proteger los cultivos cuya falta de El control del PH puede causar daños hasta en las plantaciones. Para encender y apagar la bomba se utiliza un sistema de relé, un sistema de relé analógico adaptado al programa desarrollado.(Arduino, 2022)

Otra tarea de ARDUINO ÓPLA es obtener valores de temperatura, los datos obtenidos en este sensor son procesados en la placa, así como de acuerdo con el rango recomendado, donde sugiere que la temperatura fluctúa en el rango de 16 hasta 25°C para crecimiento óptimo de la planta, ante una situación adversa en este escenario, se emite un mensaje de advertencia en el LCD indicando que el responsable está monitoreando las condiciones presentes.(Arduino, 2022)

XII. RESULTADOS

En esta sección hablaremos sobre los planteamientos de la solución a la problemática propuesta en este proyecto, el cual, se basa en buscar la mejor alternativa al momento de cultivar. En este caso se deben incluir reservorios con solución nutritiva, lo cual, es adecuado para el crecimiento, desarrollo y es la vía principal de nutrición de las plantas, esta solución puede circular de forma continua o intermitente ya que se utiliza canales semiprofundos.

La solución nutritiva se compone de agua con oxígeno y los macros o micronutrientes esenciales en forma iónica. Algunos compuestos orgánicos como los quelatos de hierro forman parte de la solución. El análisis químico del agua permite identificar diferentes aspectos como la concentración de nutrientes, presencia de iones específicos tóxicos, dureza, temperatura, pH y Conductividad Eléctrica del agua, entre otros. En cultivos caseros, es imprescindible que se realice el análisis de pH. Estos factores permiten ajustar las soluciones nutritivas según sea necesario.(Arduino, 2022)

XII-A. GERMINACIÓN DE SEMILLAS

Análisis: El sustrato utilizado para la germinación de semillas fue en tierra de sembrado, con un germinador de 100 cavidades con las semillas sembradas, de las cuales solo el 50 % germinaron de manera exitosa como se muestra en la “Figura 52”.(Sembrando, 2020)

Figura 52: Etapa inicial de la germinación.



XII-B. VALORES DE RIEGO E ILUMINACIÓN

Análisis: El sistema de riego actual más utilizado para lechugas es el riego por goteo. Los riegos deben ser frecuentes (3-5 riegos al día) y con cantidad abundante de agua. Basado en las pruebas ya realizadas se obtuvo los siguientes datos en la “Tabla IX”. Es importante asegurarse de que la rejilla esté seca en la superficie, para evitar enfermedades o lesiones en el cuello y las hojas.

Recordar que la solución nutritiva debe tener rangos de pH entre 5.5 y 6.5 y con una conductividad eléctrica entre 700 y 1500ppm.

Cuadro IX: Tabla de valores de riego e iluminación.

Tabla de valores para el riego y la iluminación		
	Cantidad	Tiempo
Riego	3 a 5 veces al día	30 min
Nutriente A	2 ml	15 días
Nutriente B	1 ml	15 días
Nutriente C	1 ml	15 días
Niveles de Ph	entre 5.5 y 6.5	siempre
Iluminación	3 a 5 veces al día	30 min
Luz Roja	Longitud de onda entre 630 y 660 nm	siempre
Luz Verde	Longitud de onda entre 510 y 550 nm	siempre
Luz Azul	Longitud de onda entre 430 y 470 nm	siempre

XII-C. SOLUCIÓN NUTRITIVA

Análisis: Esta solución (“Figura 53”) debe ser colocada cada 15 días, al reservorio del agua, mezclando 2 ml de la solución A, 1 ml de la solución B y 1 ml de la solución C, en caso de que el agua se encuentre muy ácida o muy alcalina debemos utilizar el regulador de ph hasta llegar al rango de entre 5.5 y 6.5.

Figura 53: Solución Nutritiva Y Componentes

(a) Solución Nutritiva



(b) Componentes de la solución nutritiva

SOLUCION NUTRITIVA	
Sal	Cantidades (gramos)
Nitrato de Calcio	99
Sulfato de Magnesio	49,5
Nitrato de Potasio	9,13
Dihidrogeno Fosfato de Potasio	13,6
Sulfato de Potasio	45,13
Quelato de hierro	3
Sulfato de Manganeso	0,19
Ácido Bórico en polvo	0,25
Sulfato de zinc	0,03
Sulfato de cobre	0,007
Molibdato de Sodio	0,0012

Aclaración: Las cantidades de sal son para 100 litros de agua.

XII-D. INTERFAZ DE VERIFICACIÓN

La interfaz permite controlar el seguimiento de varios datos adquiridos por la plataforma. Para ello se han creado diferentes variables en la plataforma con sus respectivas gráficas y se colocan en un lugar fácil de visualizar desde una computadora o smartphone. CULTIVO CON HIDRÁULICA A TRAVÉS DE AUTOMATIZACIÓN Y FUNDAMENTO IOT Una de las ventajas de la plataforma es que permite conocer los valores máximos, mínimos y promedio de los datos recibidos de cada sensor en cuanto a las diferentes variables de la interfaz durante la prueba.

XII-E. DÍAS TRANSCURRIDOS

El número de días transcurridos para la prueba, comenzando con el módulo hidropónico encendido y terminando con apagado, esto crea un período de 50 días. Durante este intervalo, recibe datos de programación del Arduino oplá. Por lo tanto, esta GUI revela los días que han pasado desde que se habilitó el módulo hidropónico.

XII-F. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Esta variable en la solución de nutrientes permite monitorear cómo los nutrientes "A", "B" y "C" se disuelven en un conjunto por hora usando un contador cero a 5 mS/cm.

XII-G. HUMEDAD DE INVERNADERO

Ésta variable se utiliza para monitorear la configuración de humedad del sistema cada hora ("Figura 54"), arrojando un porcentaje de 0 a 100 °C.

Figura 54: Dato recibido de la humedad de la granja



Valores Recibidos

La humedad es uno de los factores más importantes, al traspasar las hortalizas (Lechugas), ya que, para que estas puedan crecer necesitan estar en una zona húmeda, en la tabla a continuación se mostrará los valores máximos y mínimos que pueden medirse, y el valor promedio que se determinó después de varias pruebas de rigor.

Cuadro X: Tabla con Valor de Humedad Promedio.

Valores	Variable de humedad
Valor máximo	100°C
Valor promedio	61°C
Valor mínimo	0°C

XII-H. TEMPERATURA DEL CULTIVO HIDROPÓNICO

La variable se utiliza para monitorear la temperatura del sistema cada hora (“Figura 55”), arrojando una media entre 0 y 100 °C.

Figura 55: Dato recibido de la temperatura de la granja.



Valores Recibidos

La temperatura es otro de los factores más importantes, ya que, para poder mantener el crecimiento constante de la lechuga, se necesita una temperatura promedio de 31°C, como se muestra en la tabla a continuación:

Cuadro XI: Tabla con Valor de la Temperatura Promedio.

Valores	Variable de temperatura
Valor máximo	100°C
Valor promedio	31°C
Valor mínimo	0°C

XII-I. COMPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE DATOS DE SISTEMAS HIDROPPONICOS CON OTROS SISTEMAS

Durante la implementación del proyecto, el programa trazó contra los valores recibidos por la variable, también conocidas como las variables independientes preestablecidas. Estos gráficos se pueden recopilar diariamente o durante un período definido por el usuario, según las necesidades. El período de tiempo utilizado para la prueba fue de 148 días, del 22 de mayo de 2022 al 11 de septiembre del 2022, promediando los valores recibidos por día para graficar el período requerido.

En la siguiente tabla obtenida de "Sabada, Del Castillo, Astiz, Sanz de Galdeano, Uribarri, Aguado, 2022", se comparó la cantidad de cada elemento presente en la solución macro para el cultivo, y se obtuvo como resultado que la cantidad encontrada en la "Tabla XII" y en la "Figura 53", donde el sistema hidropónico necesita de mayor elementos ya que no contiene tierra para cultivar.

Cuadro XII: Tabla con la cantidad de elementos presentes en el suelo.

Nitrógeno Total	143,0 g
Nitrógeno Orgánico	5,7 g
Fósforo	20,0 g
Potasio	50,0 g
Magnesio	4,5 g
Azufre	4,0 g
Zinc	0,75 g
Hierro	2,0 g
Manganeso	2,0 g
Cobre	0,05 g
Molibdeno	0,05 g
Calcio	3,0 g
Boro	2,0 g
Biocatalizador de Carbono (BC)	120 g
Metabolitos Microbianos Precusores Fitohormonales (MMPF)	5,0 g
Elementos Energéticos Celulares (EEC)	50 ml
Optimizadores de Asimilación Mineral Vegetal (OAMV)	30 ml

En la ("Tabla XIII") obtenida de "Vademécum A. E., 2020", aplicada en un sistema de riego por aspersión, se determinó que las cantidades de los elementos diluidas en el agua, se encuentran dentro de los rangos normales. Además el rango del PH se encuentra dentro del rango obtenido durante las pruebas. Se procedió a realizar la comparación de esta tabla con la "Tabla VII".

Cuadro XIII: Tabla con valores de los elementos presentes en el suelo.

ELEMENTO	UNIDAD DE MEDIDA (mMo/l)
HCO ₃ ⁻	0.5
NO ₃ ⁻	10
SO ₄ ⁼	2.5
H ₂ PO ₄ ⁻	2.5
Ca ⁺⁺	5
Mg ⁺⁺	2.5
K ⁺	6
Ce	6
PH	5.9

La “Tabla XIV” extraída de Raymond, D. 2021.^{en} un sistema de riego por aspersión, demuestra que, los datos arrojados durante las pruebas coinciden con los valores que se tuvieron durante el ensayo, y que las cifras mostradas en la “Tabla X” y en la “Tabla XI” coinciden parcialmente, pero se encuentran dentro del rango de lo normal.

Cuadro XIV: Tabla con datos de las variables analizadas

REQUERIMIENTOS	
Clima:	Húmedo
Temperatura:	14°C – 19°C
Luz:	Media
Humedad:	70% - 90%
Suelo:	Francos, ricos en materia orgánica.
pH:	6.7 – 7.4

XIII. CRONOGRAMA Y ACTIVIDADES DESARROLLADAS

En el cronograma de actividades que se muestra en el “Cuadro XV”, puede observarse que detallan cada una de las actividades realizadas durante el proceso del proyecto, además se visualiza el tiempo empleado, el estado en que se encuentran y el número de horas empleadas en cada una de ellas.

Cuadro XV: Cuadro de actividades

SEDE:	GUAYAQUIL	ESTUDIANTE - AUTOR (1)		STEEVEN JOSUE RODRIGUEZ RAMIREZ																		
CAMPUS:	CENTENARIO	ESTUDIANTE - AUTOR (2)		JOHN BRYAN LIRIANO MACIAS																		
CARRERA:	MECATRÓNICA																					
PERIODO:	2021 - 2022																					
TEMA DE TRABAJO DE TITULACIÓN		APLICACIÓN DEL SISTEMA IOT EN EL MONITOREO DE LAS VARIABLES EN UNA GRANJA VERTICAL CON SISTEMA HIDROPÓNICO																				
TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN		ING. NINO VEGA, Msc.																				
N°	Actividades	Fecha inicio	Fecha final	Horas	Estado	Meses/Semanas																
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
						1,2	3,4	1,2	3,4	1,2	3,4	1,2	3,4	1,2	3,4	1,2	3,4	1,2	3,4	1,2	3,4	
Selección de tema																						
1	Revisión de tema	2021/10/04	2021/10/08	16	Completado																	
2	Confirmación de tema	2021/10/11	2021/10/15	16	Completado																	
Inicio de anteproyecto																						
3	Planificación de investigación	2021/10/18	2021/10/22	16	Completado																	
4	Origen, Causa, Efecto y Problemática	2021/10/25	2021/10/29	16	Completado																	
5	Objetivos - Investigación	2021/11/01	2021/11/05	16	Completado																	
6	Estado del arte	2021/11/08	2021/11/12	16	Completado																	
7	Base de datos - Artículos	2021/11/15	2021/11/19	16	Completado																	
8	Plantamiento del problema	2021/11/15	2021/11/26	32	Completado																	
Marco teórico referencial																						
9	Búsqueda y elaboración del marco teórico	2021/11/15	2021/11/26	32	Completado																	
10	Marco teórico referencial	2021/11/22	2021/11/26	20	Completado																	
11	Marco metodológico	2021/11/22	2021/11/26	36	Completado																	
12	Justificación del proyecto	2021/11/22	2021/12/03	16	Completado																	
13	Hipótesis	2021/12/06	2021/12/10	16	Completado																	
14	Propuesta de solución	2021/12/06	2021/12/23	36	Completado																	
15	Referencias	2021/12/20	2021/12/23	16	Completado																	
Trabajo consolidado																						
16	Análisis de presupuesto	2022/01/03	2022/01/07	16	Completado																	
17	Importación de equipos a ensamblar	2022/01/03	2022/01/14	32	Completado																	
18	Cronograma de actividades	2022/01/10	2022/01/14	16	Completado																	
19	Presupuesto	2022/01/10	2022/01/14	16	Completado																	
20	Primera revisión del consolidado	2022/01/10	2022/01/21	32	Completado																	
21	Primera corrección del consolidado	2022/01/21	2022/01/28	32	Completado																	
22	Segunda revisión del consolidado	2022/01/24	2022/01/28	16	Completado																	
23	Segunda corrección del consolidado	2022/01/24	2022/01/28	16	Completado																	
24	Carta de aceptación del tutor	2022/01/24	2022/01/28	2	Completado																	
25	Solicitud de aprobación	2022/01/24	2022/01/28	2	Completado																	
26	Compra de materiales y equipos	2022/01/29	2022/03/29		Completado																	
27	Ensamblaje y aplicación de los equipos	2022/03/30	2022/04/15		Completado																	
28	Pruebas de funcionamiento	2022/04/16	2022/08/17		Completado																	
29	Análisis de resultado	2022/08/18	2022/08/31		Completado																	
30	Discusión, conclusión y anexos	2022/09/01	2022/09/09		Completado																	
31	Presentación del proyecto	2022/09/14			Completado																	

XIV. PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO

El presupuesto que se encuentra establecido para la implementación del presente proyecto, se basa unicamente en el cronograma de actividades, la cual, generan los costos del esbozo y que se detallan a continuación en el “Cuadro XVI”.

Cuadro XVI: Cuadro de presupuesto total del proyecto.

Ítems	Cantidad	Descripción	Característica	Procedencia	Precio Unitario incluido I.V.A	Precio Total incluido I.V.A
1	1	Placa Intel Edison	Número de modelo del producto: EDI:ARDUIN AL.K Peso del producto: 1.1 pounds Dimensiones del producto: 6.14 x 3.43 x 1.57 pulgadas Dimensiones del artículo Largo x Ancho x Altura: 6.14 x 3.43 x 1.57 pulgadas Número de procesadores: 2 Tamaño de memoria flash: 4096 Modificador desconocido Voltaje: 1.8 Voltios Fabricante: Intel	U.S.A	\$109,95	\$109,95
2	1	Envío de U.S.A a Ecuador (Placa)	////////////////////////////////////	U.S.A	\$56,50	\$56,50
3	1	Grove Indoor Environment Kit for Intel® Edison	Escudo base V2 x1 Grove - Sensor de temperatura y humedad (alta precisión y mini) x1 Grove - Sensor de humedad x1 Grove - Sensor de luz x1 Grove-Sensor UV x1 Grove - Sensor de movimiento PIR x1 Grove - Codificador x1 Arboleda - Botón x1 Grove - Retroiluminación LCD RGB x1 Arboleda - Relévo x1 Arboleda - Servo x1 Grove - Zumbador x1 Adaptador de conector de 9V a barril x1 Cable Grove 26AWG x10 Cable USBx1	U.S.A	\$85,70	\$85,70
4	10 sobres	Semillas para hidroponía	Tipo de producto vegetal o animal: Vegetal Marca: HOME GROWN Característica del material: Heirloom	ECUADOR	\$19,95	\$19,95
5	1	Envío de U.S.A a Ecuador (Kit)	////////////////////////////////////	U.S.A	\$11,74	\$11,74
6	20 m	Tubos plásticos PVC para agua de 1/2"	////////////////////////////////////	ECUADOR	\$4,26	\$85,20
7	30 m	Tubos plásticos PVC para agua de 3/4"	////////////////////////////////////	ECUADOR	\$3,60	\$108,00
8	20 m	Tira de luz LED	Tamaño: 6.6 x 32.8 ft. Tipo de color: RGB. Cantidad de LED: 600 Método de control: Caja de control remoto	ECUADOR	\$2,25	\$45,00
9	1	Bomba de agua sumergible	Marca: SOBO Modelo: WP-500 Potencia Máx: 3000 L/h Altura Máx: 2.40 mts Power: 60W Voltaje: 110V/60Hz Temperatura máx: 35° C. Dimensiones: 140 x 80 x 100 mm	ECUADOR	\$44,90	\$44,90
10	3	Solución nutritiva concentrada para cultivo	////////////////////////////////////	ECUADOR	\$19,99	\$59,57
11	1	Accesorios electrónicos en general	Cautín, pasta de soldar estaño, desarmadores, cinta aislante, etc.	ECUADOR	\$130,00	\$130,00
12	1	Transporte en general	////////////////////////////////////	ECUADOR	\$180,00	\$180,00
13	1	Impresión de documentación	////////////////////////////////////	ECUADOR	\$135,00	\$135,00
14	1	Sueldos	////////////////////////////////////	ECUADOR	\$550,00	\$2200,00
15	70	Alimentación	////////////////////////////////////	ECUADOR	\$3,00	\$210,00
16	70	Pruebas de funcionamiento	////////////////////////////////////	ECUADOR	\$25,00	\$1750,00
TOTAL						\$5231,51

XV. CONCLUSIONES

1. Una vez realizado el estudio del sistema hidropónico, se concluyó que los datos arrojados en la “Tabla IX”, determinaron que para el reservorio principal del agua que se llenó con 40 litros, y que recirculó a través del sistema durante un periodo de 15 días, optimizó el uso de este recurso en un 300 %. Así mismo, el uso de los nutrientes se consumió por el mismo periodo de tiempo.
2. Con el sistema de control automatizado manejando la bomba de agua y la cantidad de luz que necesitan la plantas, se llegó a la conclusión que el microcontrolador manejaba los tiempos de forma autónoma durante 30 minutos y aplicando esta dosis 5 veces al día.
3. Durante las pruebas de rigor en el inicio del proyecto se utilizó una esponja de color negro, en modo que está repelía el agua y no se humedecía lo necesario, provocando que las plantas se secaran. Esto llevó a cabo que se cambiara el material por un contenedor de plástico relleno de algodón, que permitió que la hortaliza tenga una mejor hidratación y absorción de nutrientes.
4. En la tabla obtenida de ”Sabada, Del Castillo, Astiz, Sanz de Galdeano, Uribarri, Aguado, 2022”, se comparó la cantidad de cada elemento presente en la solución macro para el cultivo, y se obtuvo como resultado que la cantidad encontrada en la “Tabla XII” y en la “Figura 53”, donde el sistema hidropónico necesita de mayor elementos, ya que, no contiene tierra para cultivar. Además en la “Tabla XIV” extraída de Raymond, D. 2021.^{en} un sistema de riego por aspersión, demuestra que, los datos arrojados durante las pruebas coinciden con los valores que se tuvieron durante el ensayo, y que las cifras mostradas en la “Tabla X” y en la “Tabla XI” coinciden parcialmente, pero se encuentran dentro del rango de lo normal. Por último, la “Tabla XIV” extraída de Raymond, D. 2021.^{en} un sistema de riego por aspersión, demuestra que, las cifras encontradas durante las pruebas tienen coincidencia con los datos que se tuvieron durante el ensayo, y que los valores mostrados en la “Tabla X” y en la “Tabla XI” se encuentran dentro de del margen.

XVI. RECOMENDACIONES

Profundizar en un prototipo ya propuesto con gestión completa de las variables.

Usar piezas más económicas para ensamblar la programación ya establecida para reducir costos y duplicar este modelo automatizado en el futuro, o automatizar modelos existentes y aprovechar Internet para que la gente local los use, haciendo que el sistema técnico sea accesible fácilmente.

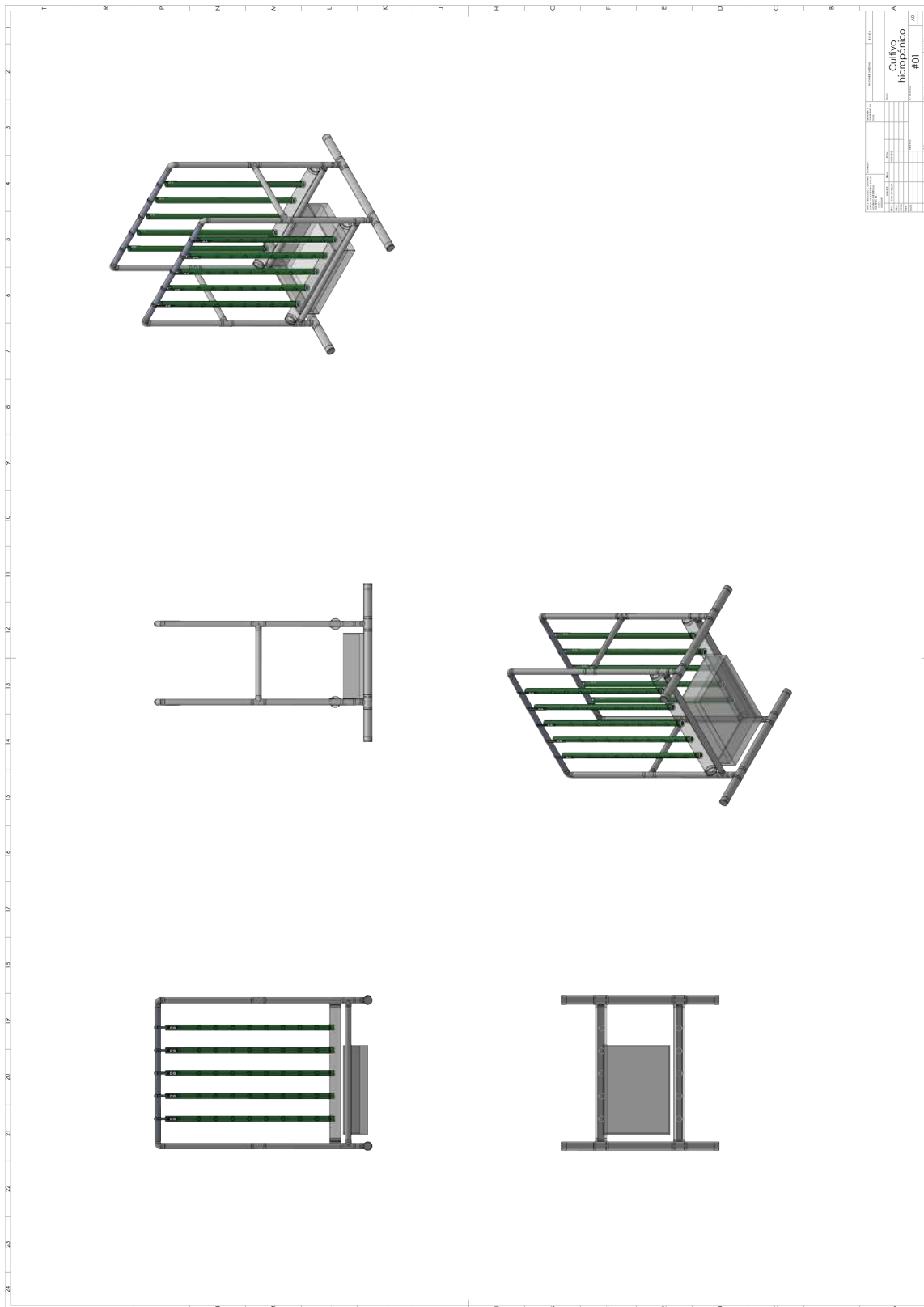
El muestreo o monitoreo de temperatura permitió determinar el tiempo de temperaturas mínimas y máximas, lo que ayudó a determinar el tiempo de recirculación del agua en el sistema.

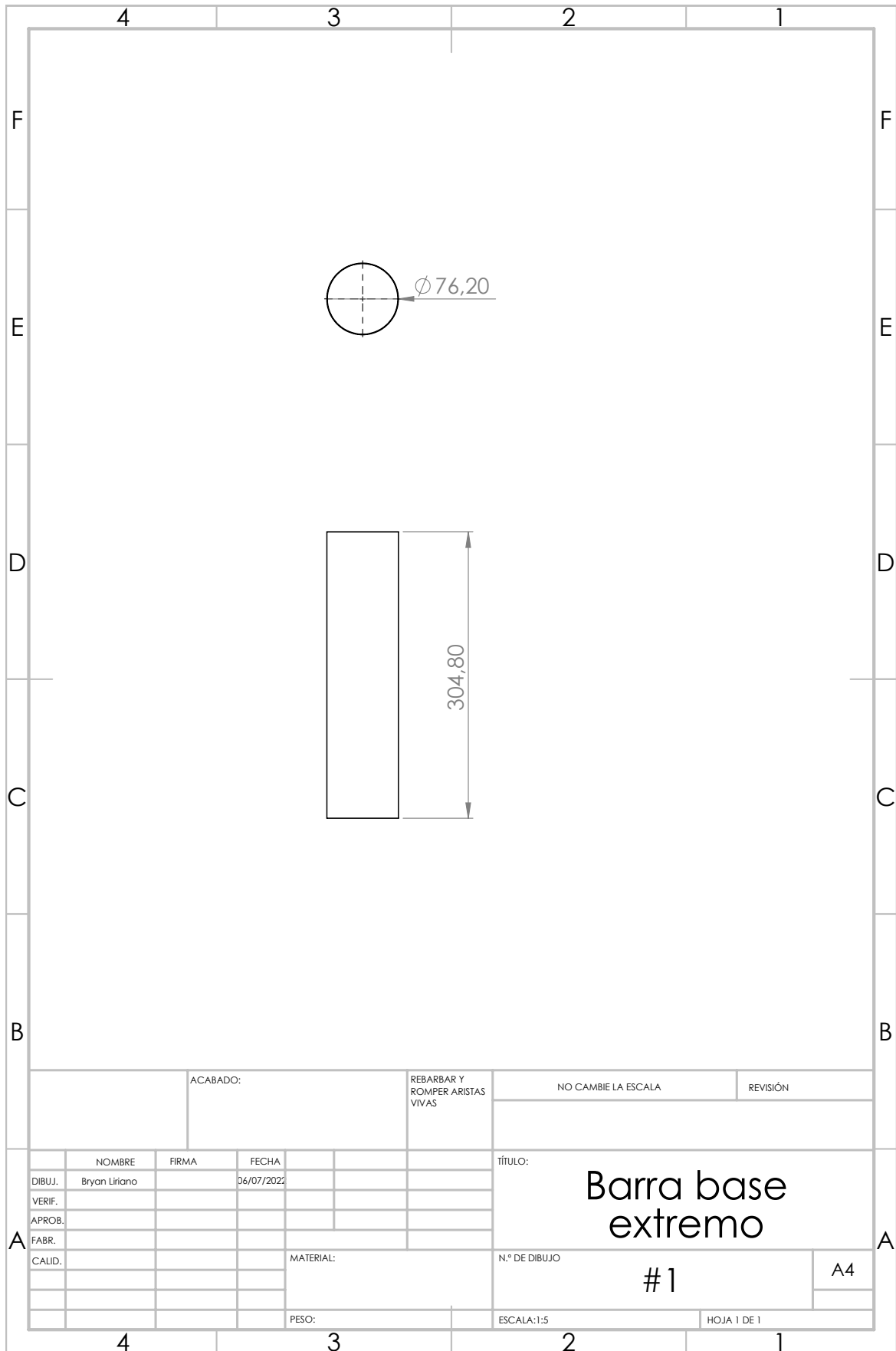
Realizar investigaciones sobre sistemas a gran escala que presenten beneficios desde una perspectiva productiva y económica, controlar parámetros relativos, calcular beneficios ambientales, cuantificar reducciones en el consumo de agua y cuantificar a largo plazo el deterioro del suelo.

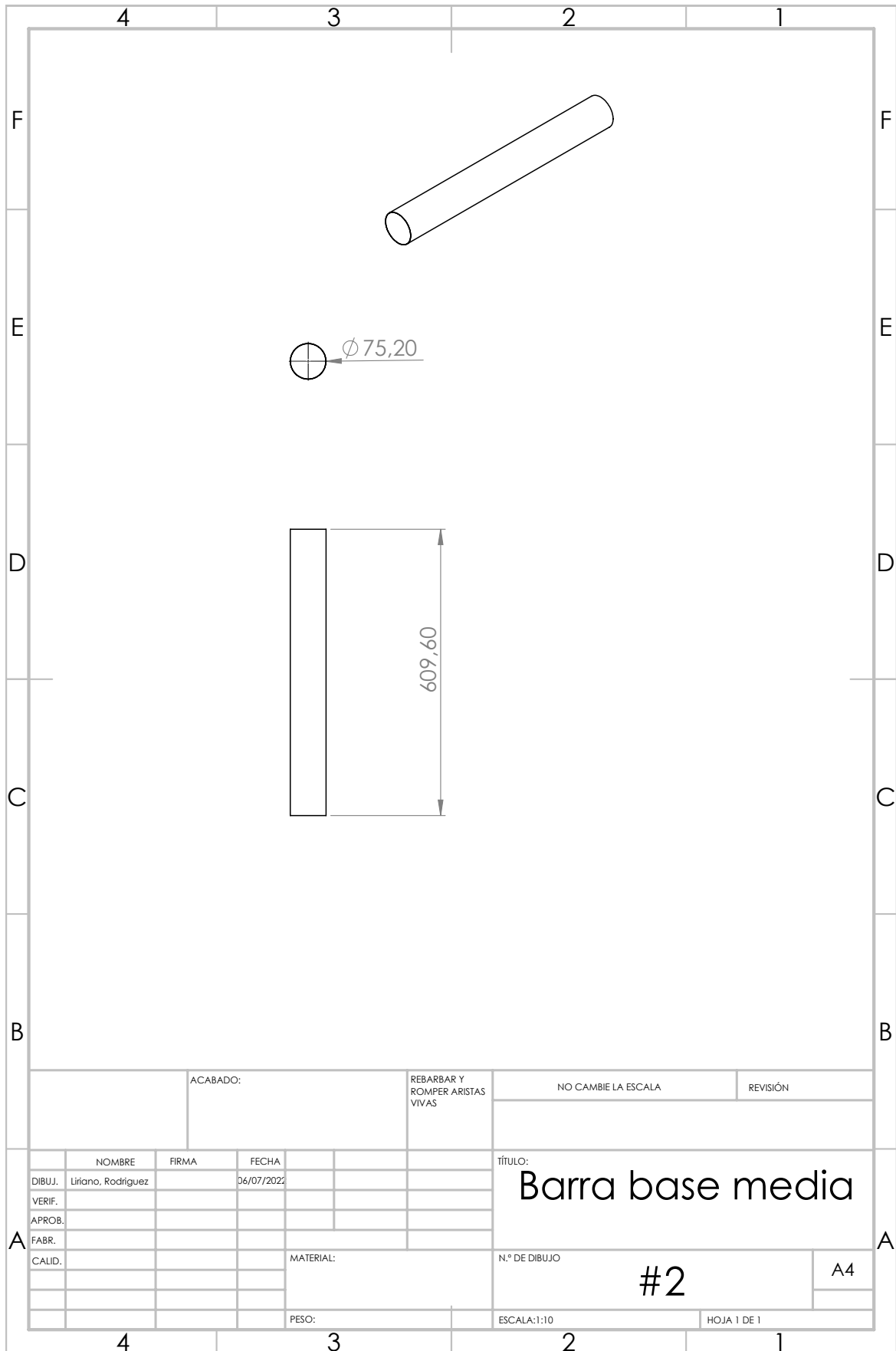
Mediante el uso de este método, los productores reducen el tiempo de cosecha, la pérdida de plantas, el tiempo.

XVII. APÉNDICE

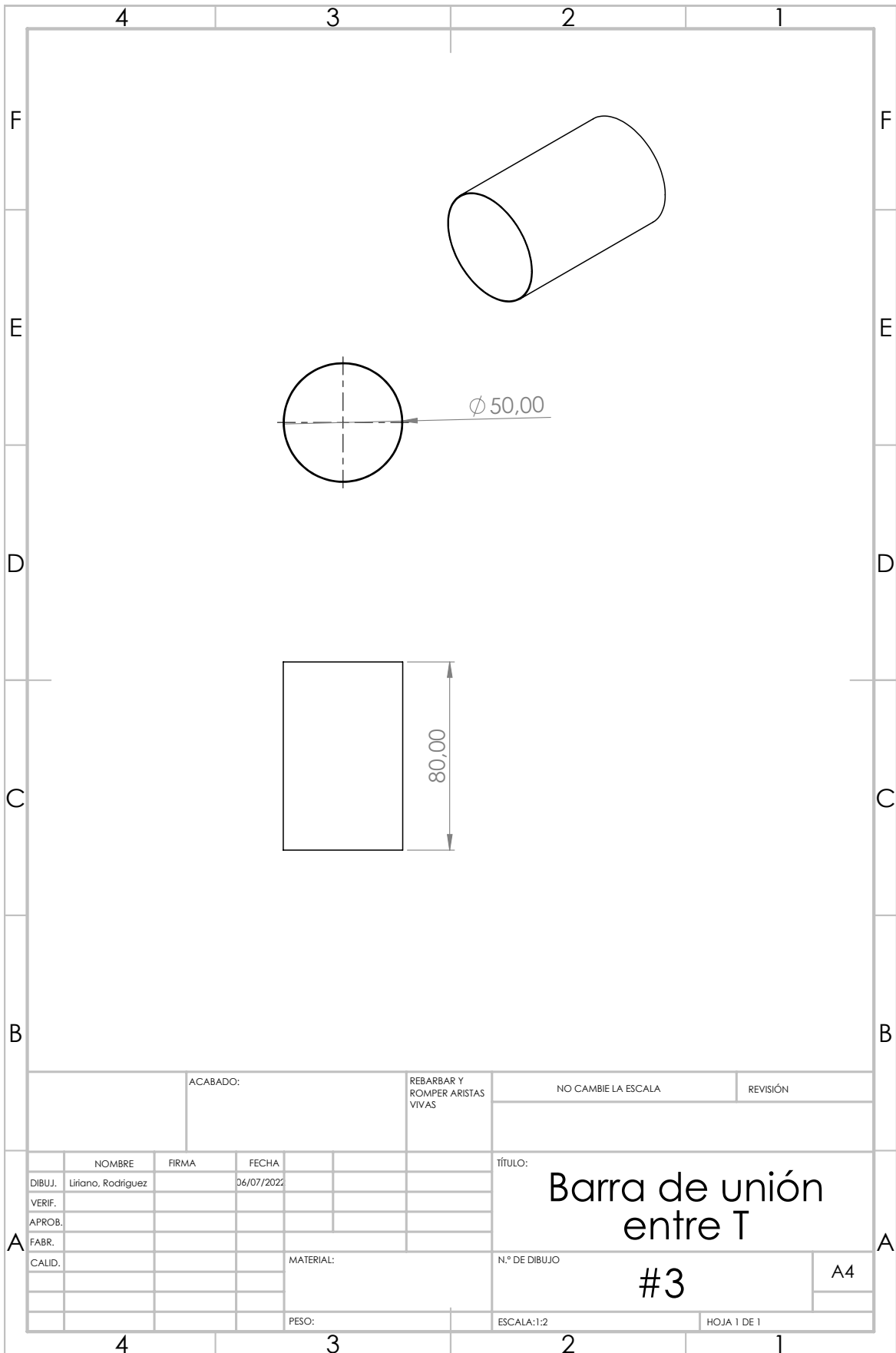
XVII-A. PLANOS DE PARTES Y ELEMENTOS DEL CULTIVO



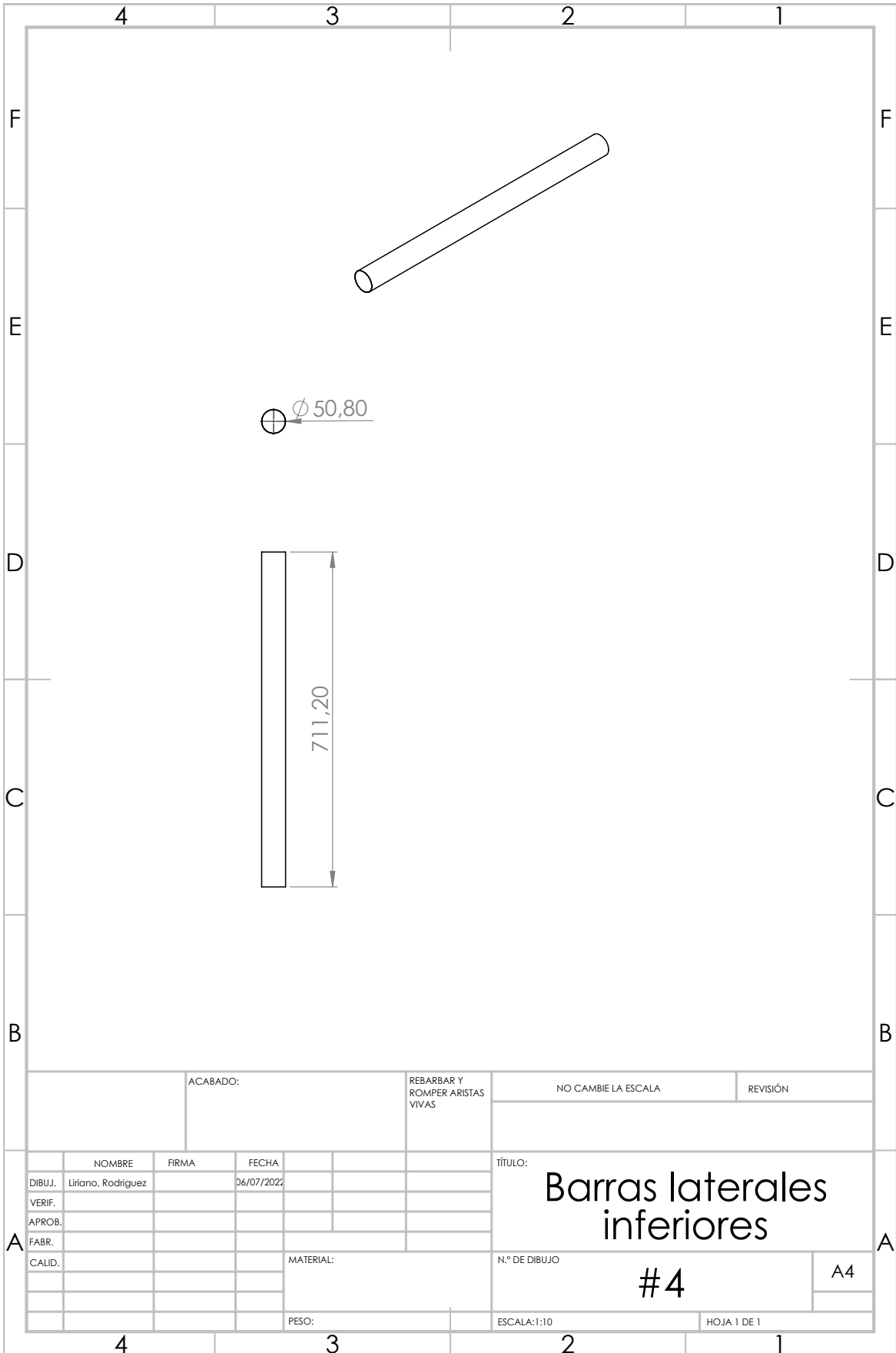




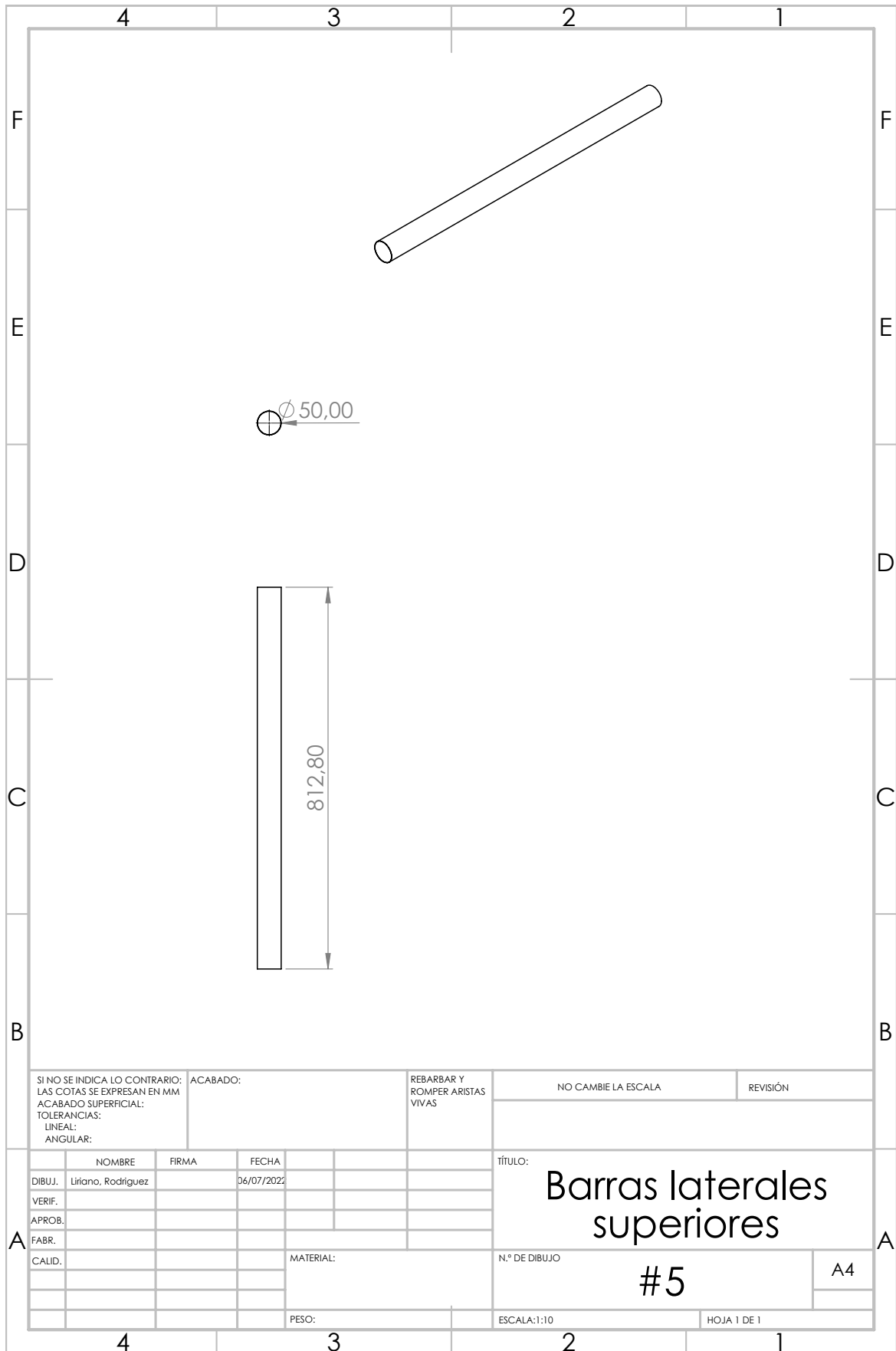
ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>Liriano, Rodriguez</td> <td></td> <td>06/07/2022</td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CALID.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	Liriano, Rodriguez		06/07/2022	VERIF.				APROB.				FABR.				CALID.				TÍTULO: <h1>Barra base media</h1>			
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																												
DIBUJ.	Liriano, Rodriguez		06/07/2022																												
VERIF.																															
APROB.																															
FABR.																															
CALID.																															
MATERIAL:				N.º DE DIBUJO		A4																									
PESO:				ESCALA:1:10		HOJA 1 DE 1																									



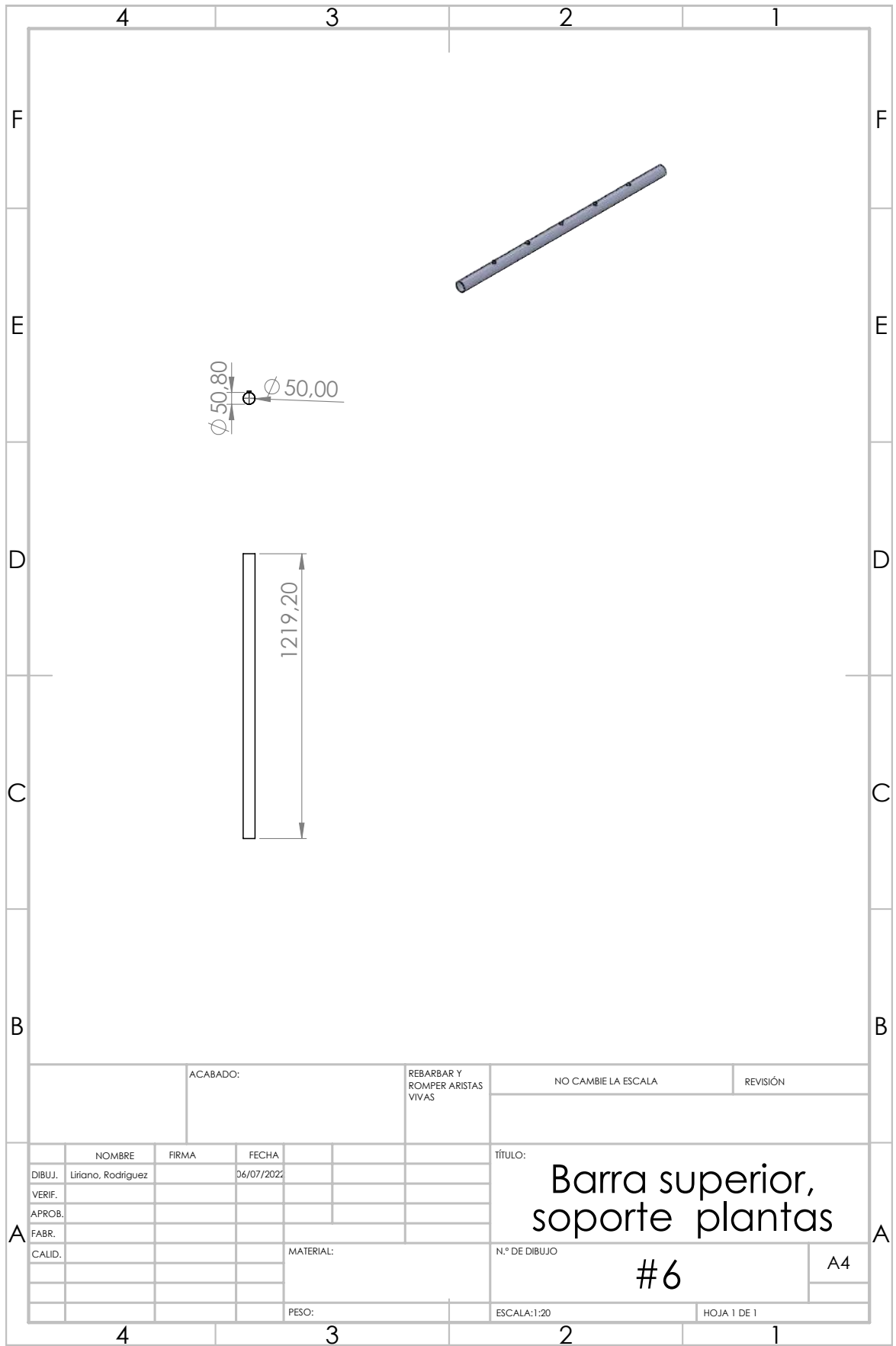
		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:					
DIBUJ.	Liriano, Rodriguez		06/07/2022	<h1>Barra de unión entre T</h1>					
VERIF.									
APROB.									
FABR.									
CALID.				MATERIAL:	N.º DE DIBUJO			A4	
					<h1>#3</h1>				
				PESO:				ESCALA: 1:2	



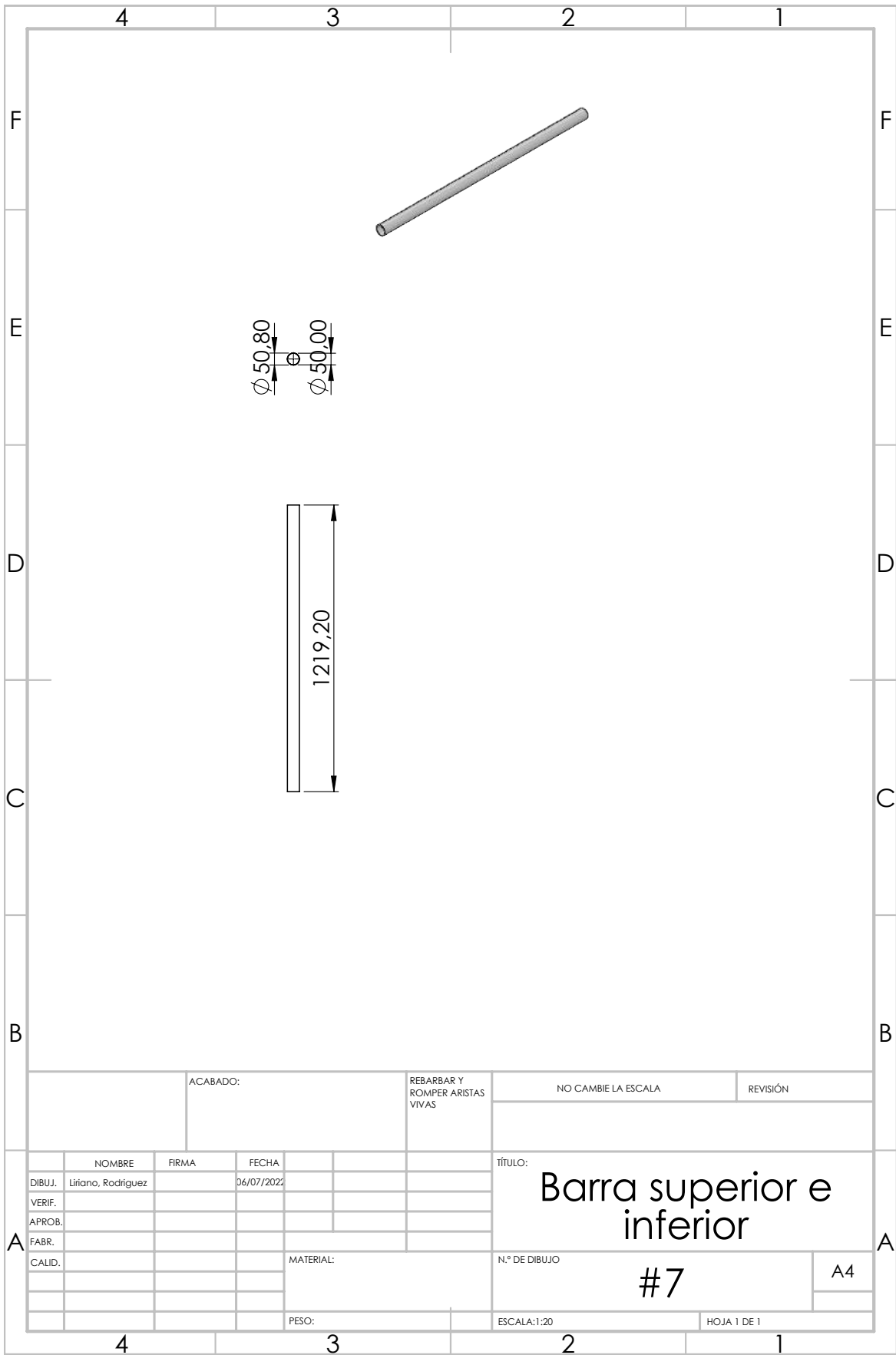
ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:	
DIBUJ. Liriano, Rodriguez				06/07/2022		<h1>Barras laterales inferiores</h1>	
VERIF.							
APROB.							
FABR.							
CALID.				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
						#4	
				PESO:		ESCALA:1:10	
						HOJA 1 DE 1	



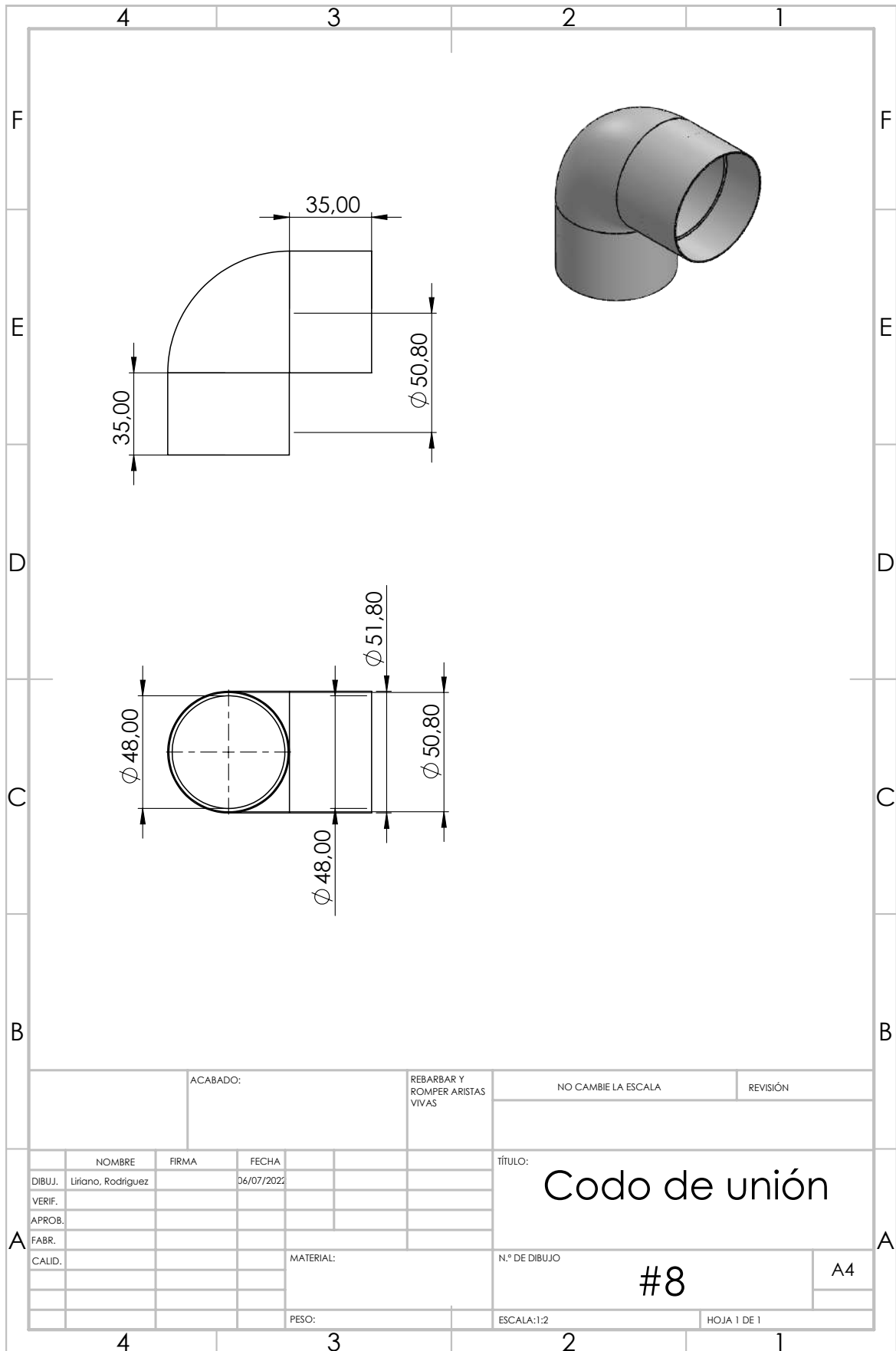
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ.		FIRMA		FECHA		TÍTULO: Barras laterales superiores			
VERIF.									
APROB.									
FABR.									
CALID.									
				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO		A4	
				PESO:		ESCALA:1:10		HOJA 1 DE 1	



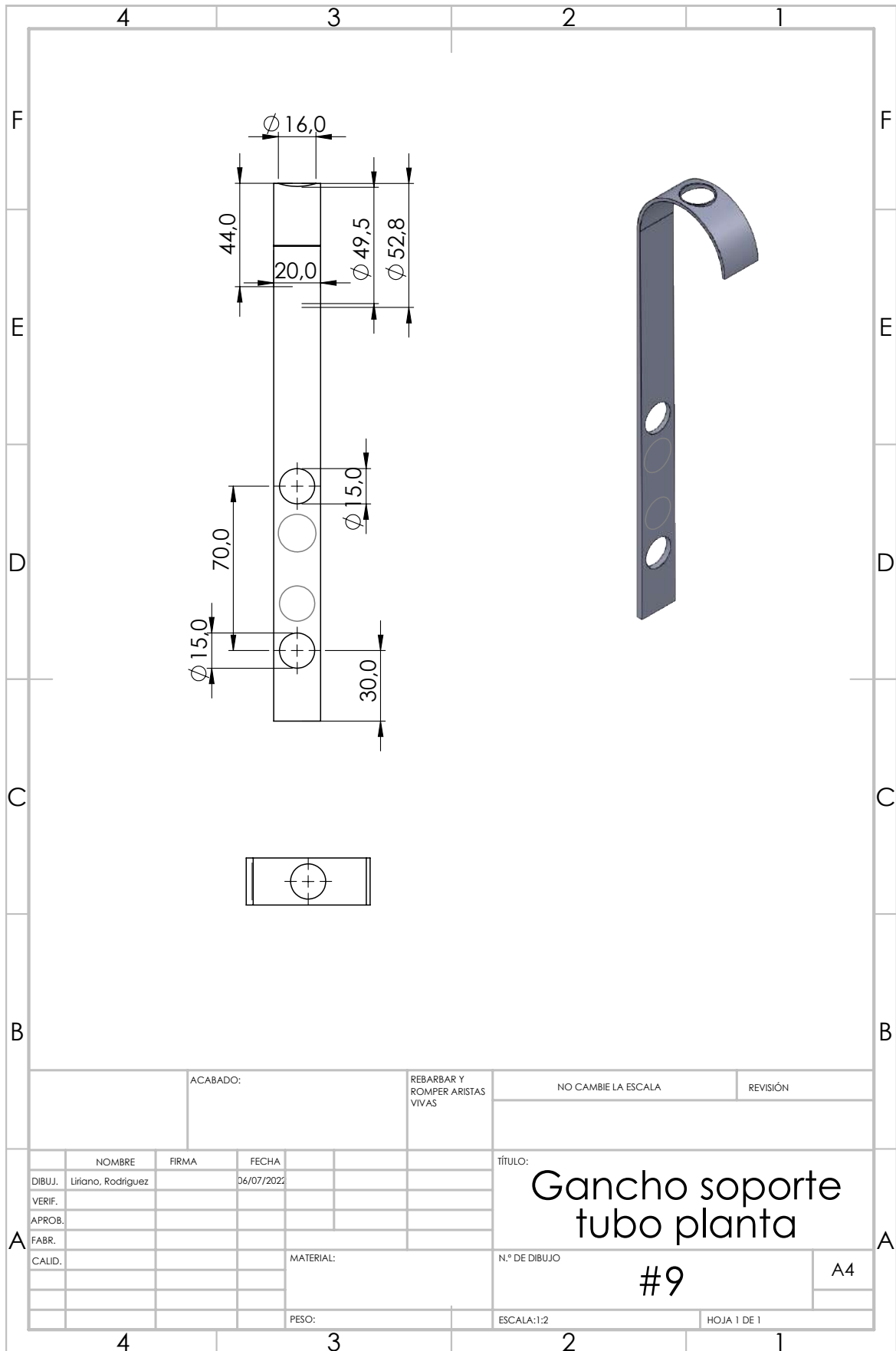
ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>Liriano, Rodriguez</td> <td></td> <td>06/07/2022</td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CALID.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	Liriano, Rodriguez		06/07/2022	VERIF.				APROB.				FABR.				CALID.				TÍTULO: <h1>Barra superior, soporte plantas</h1>		N.º DE DIBUJO <h1>#6</h1>	
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																												
DIBUJ.	Liriano, Rodriguez		06/07/2022																												
VERIF.																															
APROB.																															
FABR.																															
CALID.																															
PESO:				ESCALA: 1:20		HOJA 1 DE 1																									



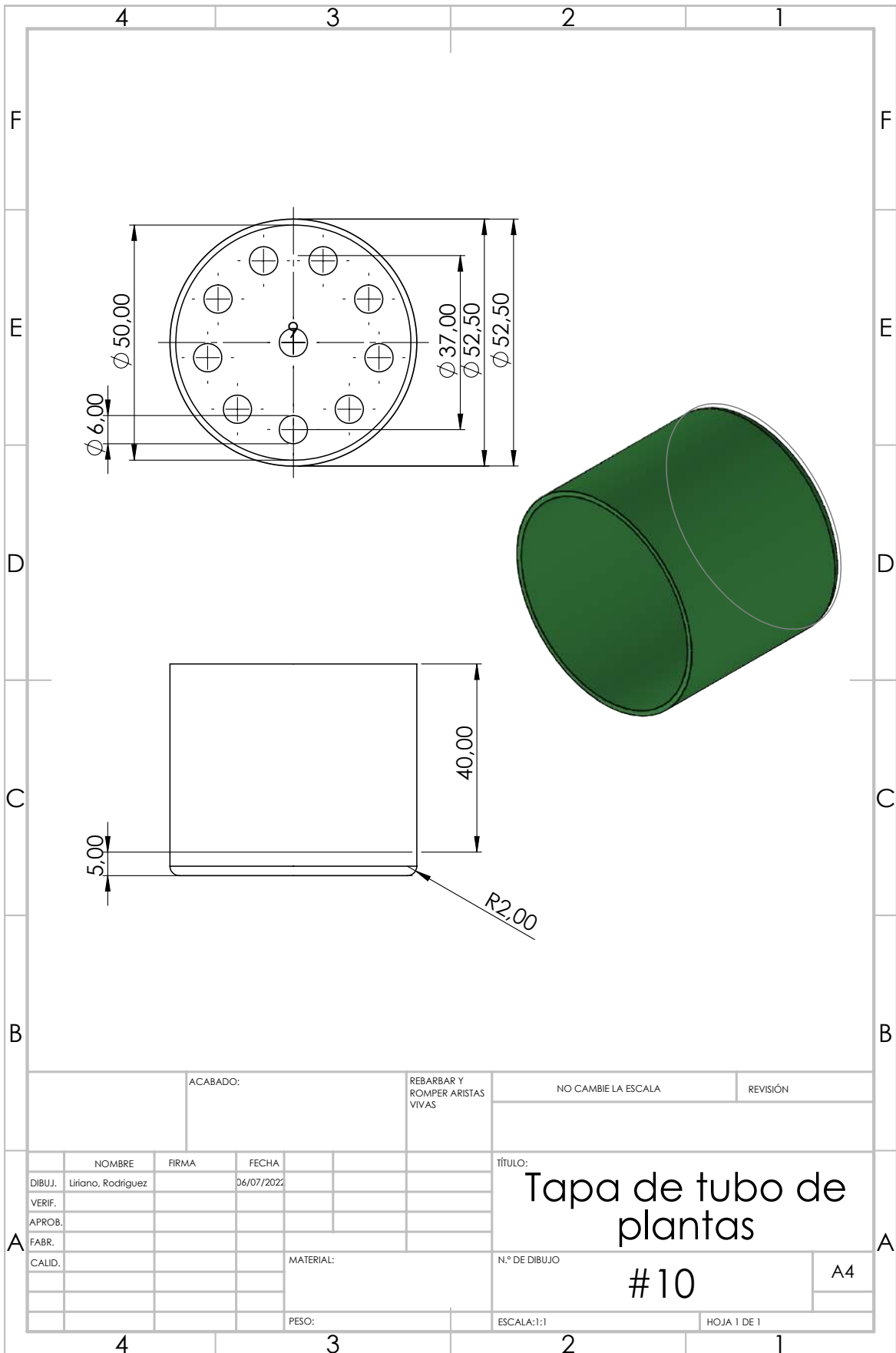
ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>Liriano, Rodriguez</td> <td></td> <td>06/07/2022</td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CALID.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	Liriano, Rodriguez		06/07/2022	VERIF.				APROB.				FABR.				CALID.				TÍTULO: Barra superior e inferior			
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																												
DIBUJ.	Liriano, Rodriguez		06/07/2022																												
VERIF.																															
APROB.																															
FABR.																															
CALID.																															
MATERIAL:				N.º DE DIBUJO #7		A4																									
PESO:				ESCALA:1:20		HOJA 1 DE 1																									



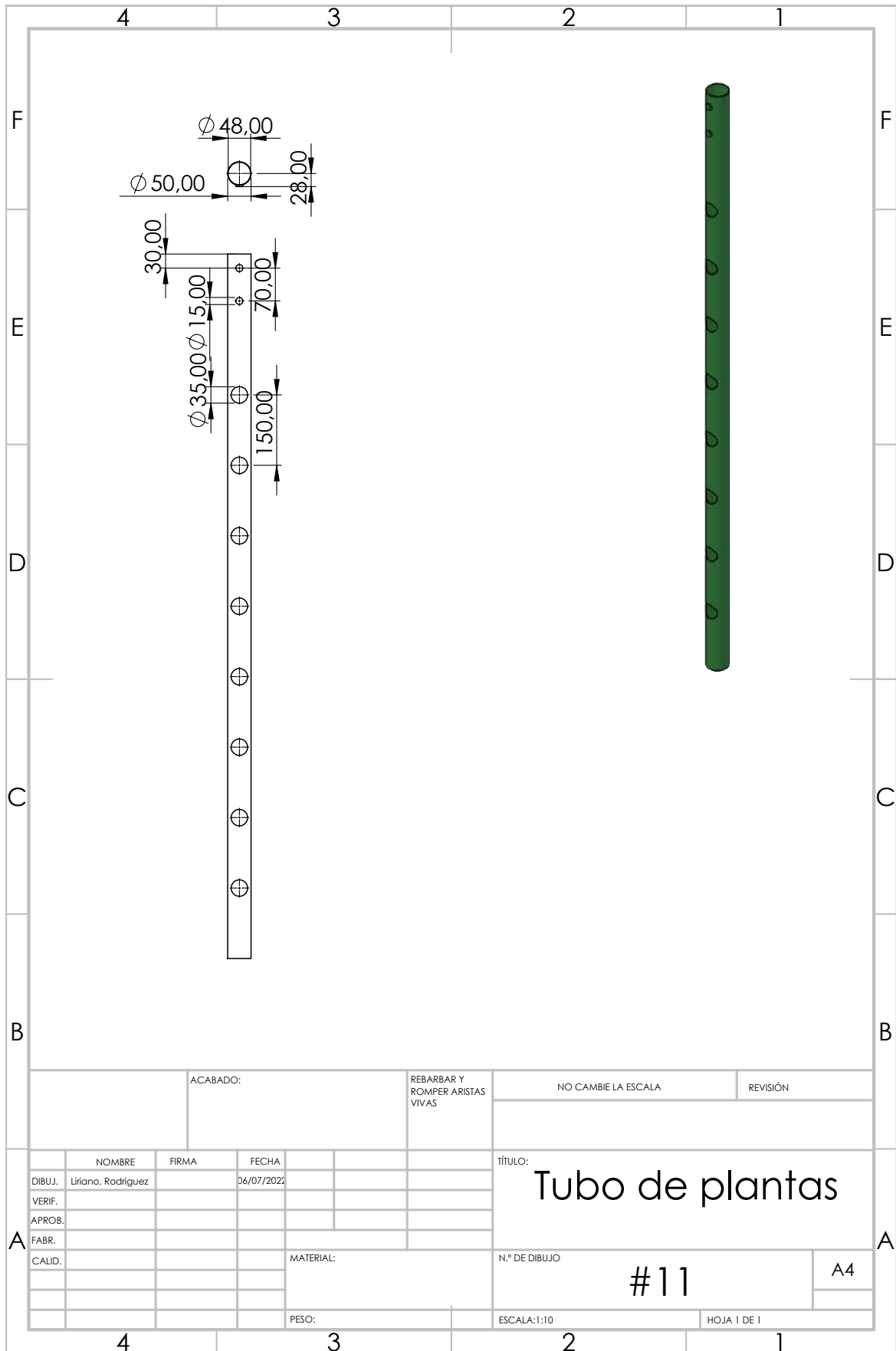
ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>Liriano, Rodriguez</td> <td></td> <td>06/07/2022</td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CALID.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	Liriano, Rodriguez		06/07/2022	VERIF.				APROB.				FABR.				CALID.				TÍTULO: <h1 style="text-align: center;">Codo de unión</h1>	
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																										
DIBUJ.	Liriano, Rodriguez		06/07/2022																										
VERIF.																													
APROB.																													
FABR.																													
CALID.																													
PESO:			MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	A4																								
				#8																									
				ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1																								



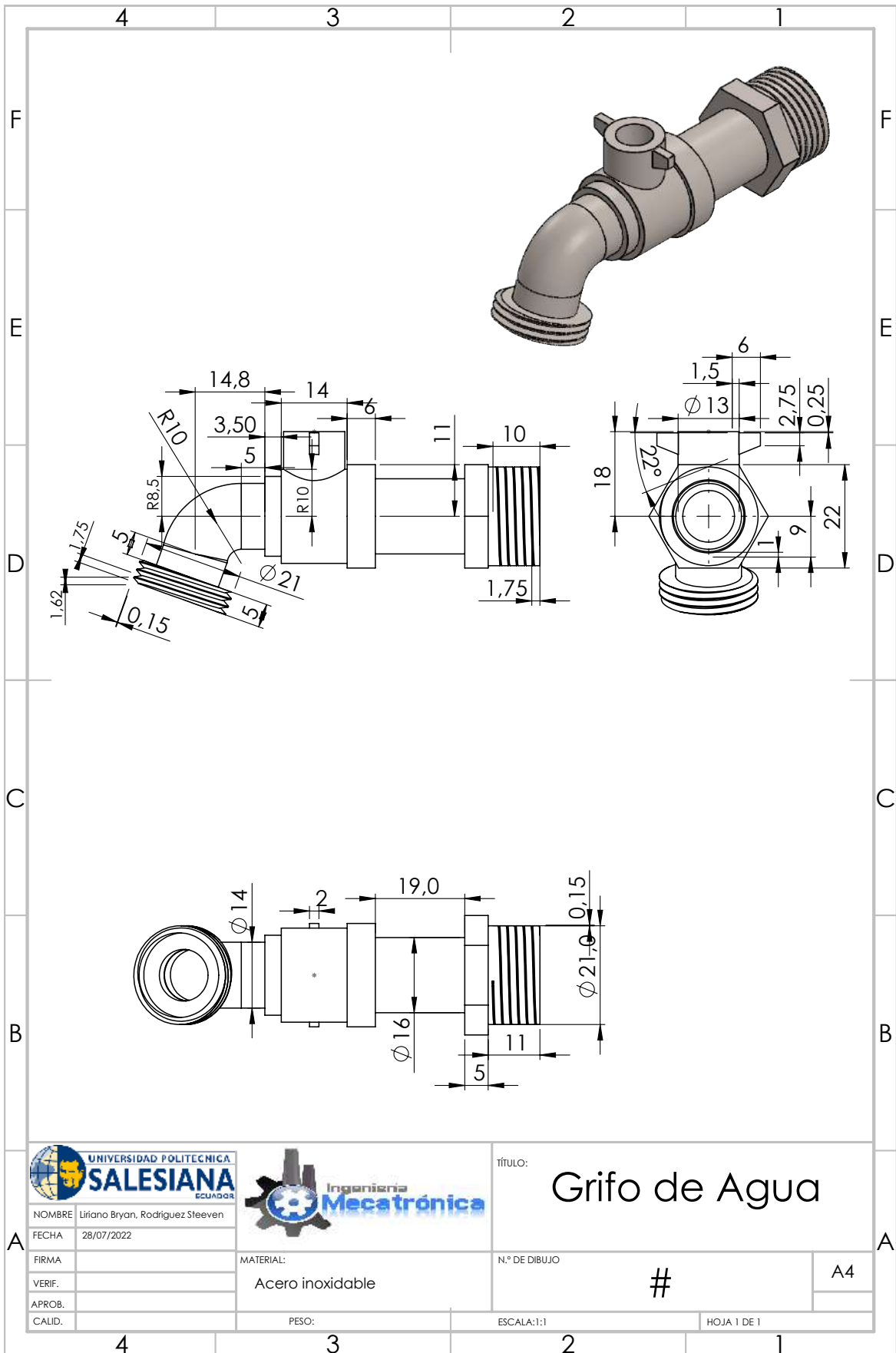
ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>Liriano, Rodriguez</td> <td></td> <td>06/07/2022</td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CALID.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	Liriano, Rodriguez		06/07/2022	VERIF.				APROB.				FABR.				CALID.				TÍTULO: Gancho soporte tubo planta	
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																										
DIBUJ.	Liriano, Rodriguez		06/07/2022																										
VERIF.																													
APROB.																													
FABR.																													
CALID.																													
MATERIAL:				N.º DE DIBUJO	A4																								
PESO:				ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1																								



ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>Liriano, Rodriguez</td> <td></td> <td>06/07/2022</td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CALID.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	Liriano, Rodriguez		06/07/2022	VERIF.				APROB.				FABR.				CALID.				TÍTULO: <h1 style="text-align: center;">Tapa de tubo de plantas</h1>			
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																												
DIBUJ.	Liriano, Rodriguez		06/07/2022																												
VERIF.																															
APROB.																															
FABR.																															
CALID.																															
MATERIAL:				N.º DE DIBUJO		A4																									
PESO:				ESCALA:1:1		HOJA 1 DE 1																									



ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ. Liriano, Rodriguez</td> <td></td> <td>06/07/2022</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CALID.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA		DIBUJ. Liriano, Rodriguez		06/07/2022		VERIF.				APROB.				FABR.				CALID.				TÍTULO: <h1 style="text-align: center;">Tubo de plantas</h1>			
NOMBRE	FIRMA	FECHA																													
DIBUJ. Liriano, Rodriguez		06/07/2022																													
VERIF.																															
APROB.																															
FABR.																															
CALID.																															
MATERIAL:				N.º DE DIBUJO		A4																									
PESO:				ESCALA:1:10		HOJA 1 DE 1																									



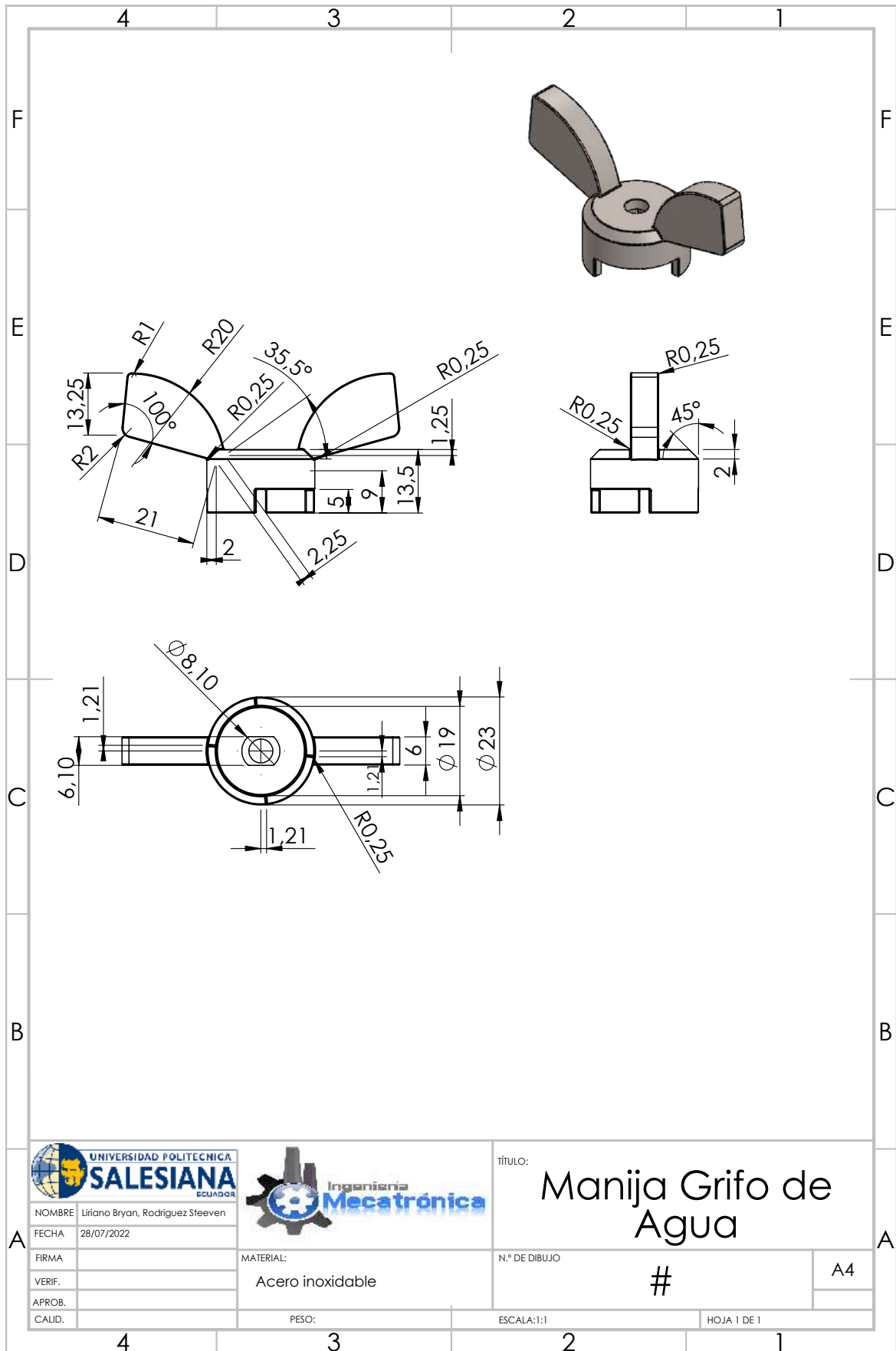
TÍTULO: Grifo de Agua

NOMBRE	Liriano Bryan, Rodríguez Steeven
FECHA	28/07/2022
FIRMA	
VERIF.	
APROB.	
CALID.	

MATERIAL: Acero inoxidable

N.º DE DIBUJO # A4

PESO: ESCALA: 1:1 HOJA 1 DE 1



	
NOMBRE	Liriano Bryan, Rodriguez Steeven
FECHA	28/07/2022
FIRMA	
VERIF.	
APROB.	
CALID.	



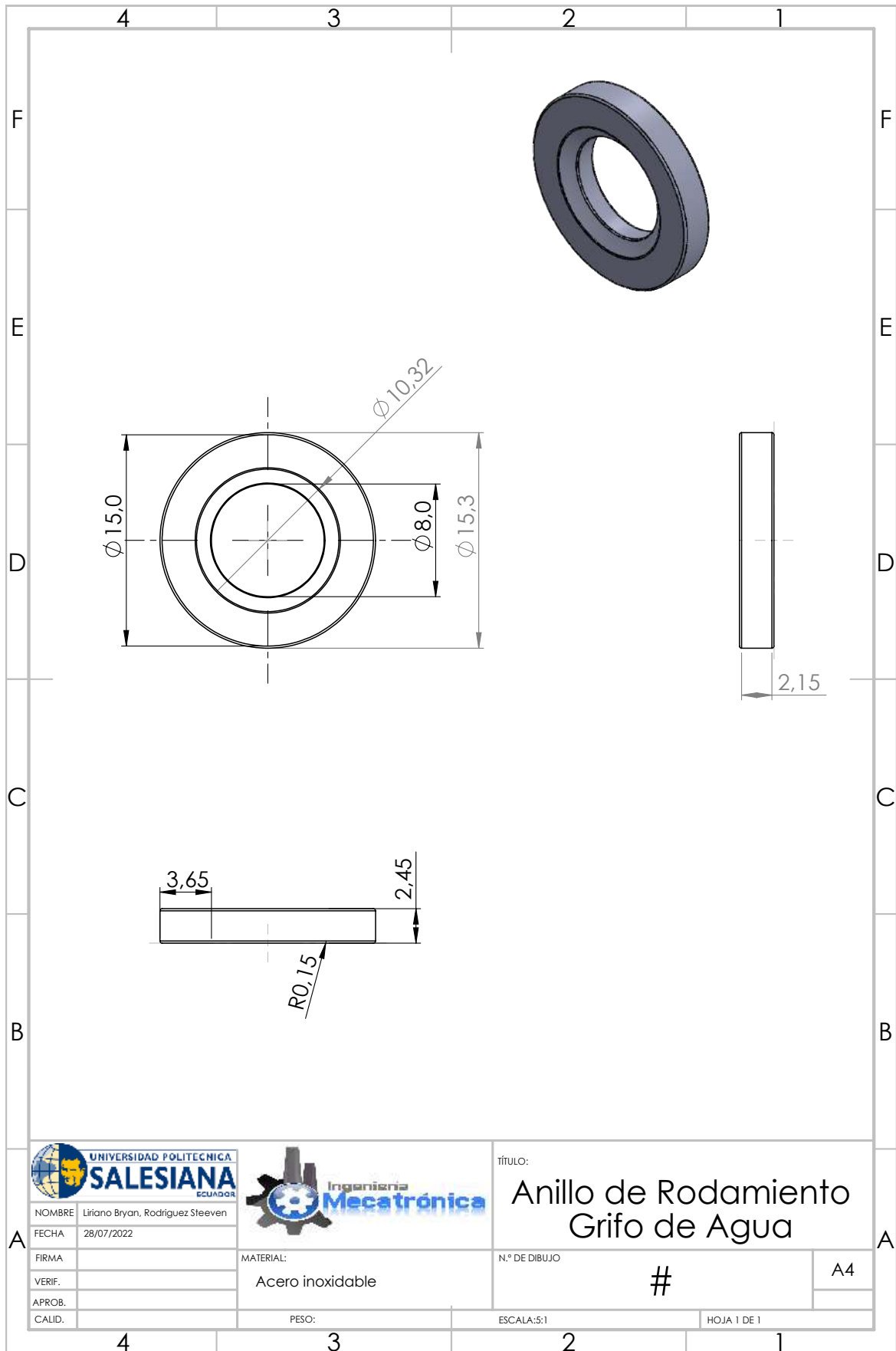
MATERIAL: Acero inoxidable

PESO:

TÍTULO: Manija Grifo de Agua	
N.º DE DIBUJO	#
ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1

A

A



	
NOMBRE	Liriano Bryan, Rodriguez Steeven
FECHA	28/07/2022
FIRMA	
VERIF.	
APROB.	
CALID.	

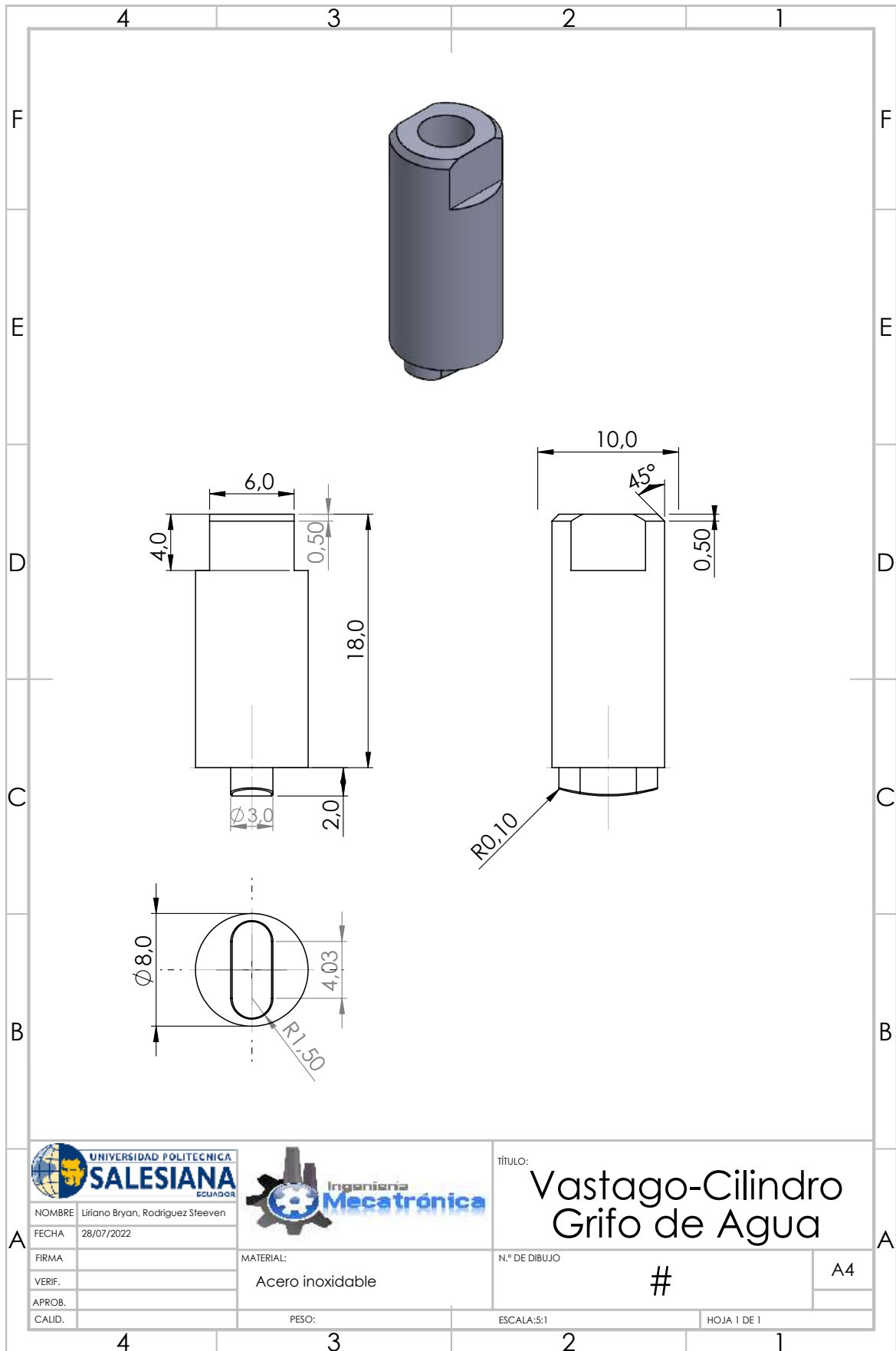


MATERIAL: Acero inoxidable

PESO:

TÍTULO: Anillo de Rodamiento Grifo de Agua	
N.º DE DIBUJO	#
ESCALA: 5:1	HOJA 1 DE 1

A4



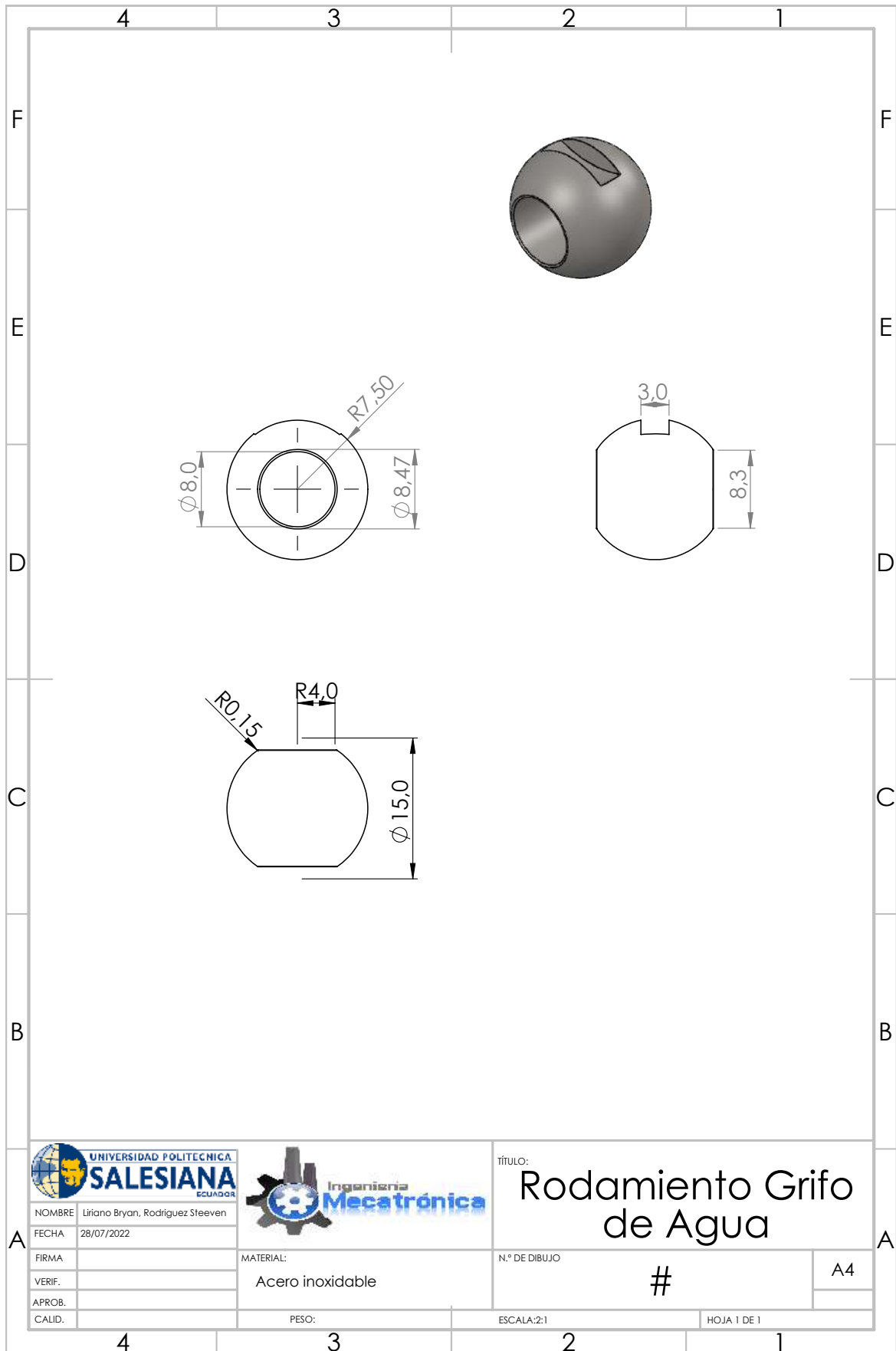
	
NOMBRE	Liriano Bryan, Rodriguez Steeven
FECHA	28/07/2022
FIRMA	
VERIF.	
APROB.	
CALID.	



MATERIAL: Acero inoxidable

PESO:

TÍTULO: Vastago-Cilindro Grifo de Agua	
N.º DE DIBUJO	#
ESCALA: 5:1	HOJA 1 DE 1



TÍTULO:
Rodamiento Grifo de Agua

NOMBRE	Liriano Bryan, Rodriguez Steeven
FECHA	28/07/2022
FIRMA	
VERIF.	
APROB.	
CALID.	

MATERIAL:	Acero inoxidable
PESO:	

N.º DE DIBUJO	#	A4
ESCALA:2:1		HOJA 1 DE 1

XVII-B. FOTOGRAFIAS DEI CULTIVO



















XVII-C. CONTROLADOR ARDUINO OPLÀ



XVII-D. CÓDIGO DE TARJETA MKR WIFI 1010

```
#include "thingProperties.h"
#include <Arduino_MKRIoTCarrier.h>
MKRIoTCarrier carrier;

int moistPin = A5;

String waterPumpState;
String LedlightState;
String lightState;

uint32_t lightsOn = carrier.leds.Color(128, 0, 0);
uint32_t lightsOff = carrier.leds.Color(0, 0, 0);

void setup() {
  // Initialize serial and wait for port to open:
  Serial.begin(9600);
  delay(1500);

  // Defined in thingProperties.h
  initProperties();

  // Connect to Arduino IoT Cloud
  ArduinoCloud.begin(ArduinoIoTPreferredConnection);
  //Get Cloud Info/errors , 0 (only errors) up to 4
  setDebugMessageLevel(2);
  ArduinoCloud.printDebugInfo();

  //Wait to get cloud connection to init the carrier
  while (ArduinoCloud.connected() != 1) {
    ArduinoCloud.update();
    delay(500);
  }

  delay(500);
  CARRIER_CASE = true;
  carrier.begin();
  carrier.display.setRotation(0);
  delay(1500);
}

void loop() {
  //Update the Cloud
  ArduinoCloud.update();
  carrier.Buttons.update();

  //read temperature and humidity
  temperature = carrier.Env.readTemperature();
```



```

humidity = carrier.Env.readHumidity();

//read raw moisture value
int raw_moisture = analogRead(moistPin);

//map raw moisture to a scale of 0 - 100
moisture = map(raw_moisture, 0, 1023, 100, 0);

//read ambient light
while (!carrier.Light.colorAvailable()) {
  delay(5);
}
int none; //We dont need RGB colors
carrier.Light.readColor(none, none, none, light);

temperature = carrier.Env.readTemperature();
humidity = carrier.Env.readHumidity();

if (carrier.Buttons.onTouchDown(TOUCH0)) {
  carrier.display.fillScreen(ST77XX_BLUE);
  carrier.display.setTextColor(ST77XX_WHITE);
  carrier.display.setTextSize(10);

  carrier.display.setCursor(35, 85);
  carrier.display.print("UPS");
}

if (carrier.Buttons.onTouchDown(TOUCH1)) {
  carrier.display.fillScreen(ST77XX_WHITE);
  carrier.display.setTextColor(ST77XX_RED);
  carrier.display.setTextSize(5);

  carrier.display.setCursor(40, 50);
  carrier.display.print("Humi: ");
  carrier.display.print(humidity);
  carrier.display.print(" %");
}

if (carrier.Buttons.onTouchDown(TOUCH2)) {
  carrier.display.fillScreen(ST77XX_WHITE);
  carrier.display.setTextColor(ST77XX_RED);
  carrier.display.setTextSize(5);

  carrier.display.setCursor(40, 50);
  carrier.display.print("Light: ");
  carrier.display.print(light);
}

```

```

if (carrier.Buttons.onTouchDown(TOUCH3)) {
    carrier.display.fillScreen(ST77XX_WHITE);
    carrier.display.setTextColor(ST77XX_RED);
    carrier.display.setTextSize(5);

    carrier.display.setCursor(50, 50);
    carrier.display.print("Temp: ");
    carrier.display.setCursor(30, 100);
    carrier.display.print(temperature);
    carrier.display.print("C");
}

if (humidity >= 60 && temperature >= 15) {
    weather_report = "It is very humid outside";

}else if (temperature >= 15 && light >= 700) {
    weather_report = "Warm and sunny outside";

}else if (temperature <= 16 && light >= 700) {
    weather_report = "A little cold, but sunny outside";
}

else{
    weather_report = "Weather is normal";
}

}

void onWaterpumpChange() {
    if (waterpump == true) {
        carrier.Relay2.open();
    } else {
        carrier.Relay2.close();
    }
}

void onLedlightChange() {
    if (Ledlight == true) {
        carrier.Relay1.open();
    } else {
        carrier.Relay1.close();
    }
}
}

```

```
void onArtificialLightChange() {  
  if (artificial_light == true) {  
    carrier.leds.fill(lightsOn, 0, 5);  
    carrier.leds.show();  
  } else {  
    carrier.leds.fill(lightsOff, 0, 5);  
    carrier.leds.show();  
  }  
}
```

XVIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Regalado Arreola, J. R. (2013). Diseño y Evaluación de un Sistema Acuapónico para la Producción de Animales Acuáticos y Plantas para Consumo Humano (No. Tesis de Maestría en ciencias del agua). Universidad de Guanajuato, Guanajuato.
2. Resh, H. (2001). Cultivos hidropónicos. (Quinta, Ed.) (Ediciones). Madrid.
3. Robótica, A. (2020). NodeMCU – Board de desarrollo con módulo ESP8266 WiFi y Lua.
4. Sajuria, C. L. (2014). La Agricultura y la Ciencia Agriculture and Science, 3–5.
5. Sanclemente, M. A., Peña Javier, E. (2008). CRECIMIENTO Y EFICIENCIA FOTOSINTÉTICA DE *Ludwigia decurrens* Walter (ONAGRACEAE) BAJO DIFERENTES CONCENTRACIONES DE NITRÓGENO Growth and Photosynthetic Efficiency of *Ludwigia decurrens* Walter (Onagraceae) Under Different Concentrations of Nitrogen. Acta. Biol. Colomb., 13(1), 175–186.
6. Solano, M. (2013). En procesos de automatización, el agro es el sector más rezagado. La Republica, pp. 1–2.
7. Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., Lovatelli, A. (2014). Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. ROMA.
8. Stefano Vittorio, R. Z. (2020). de plantas in vitro : Revisión de Literatura Efecto de diferentes tipos de luz en el crecimiento de plantas in vitro : Revisión de Literatura. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras.
9. Velasco Cruz, J. (2017). El avance de la automatización en la agricultura.
10. VISTRONICA, S. A. . (2019). Rele.
11. Zárata Aquino, M. A. (2014). Manual de hidroponía (Instituto de Biología www.ibiología.unam.mx No. 1).
12. HydroEnvironmet. (2020). CARACTERISTICAS Y VARIEDADES DE LAS LECHUGAS HIDROPÓNICAS.
13. Lara Herrera, A. (1999). Nutrient Solution Management in the Hydroponic Production of Tomato. Terra, 17(2395–8030), 221–229.
14. MARQUES FERNANDES, H. (2020). ¿Qué es la hidroponía y cómo funciona la hidroponía? – Plantaciones hidropónicas.
15. Martínez, P. A. (2013). Aeroponía como metodo de cultivo sostenible, rentable e incluyente en Bogota. Universidad Piloto de Colombia.
16. Mechatronic, N. (2020a). Módulo RTC I2C DS1307.
17. Mechatronic, N. (2020b). Sensores.
18. Mena, R. (2017). Automatización de un cultivo NFT para el control de Temperatura, riesgo y mezcla de solución nutritiva ubicado en Quito. Polictenica Salesiana sede Quito.
19. Michiko, T. T. K. G. N. (2015). PLANT FACTORY. Elsevier.
20. ONU. (2019). Informe de los objetivos del desarrollo sostenible 2019. Informe de los objetivos del desarrollo sostenible 2019. Nueva York.
21. Plantas, A. (2018). ILUMINACION.
22. RAMOS GONZALIAS, Y. F. (2015). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA MAXIMIZAR LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DE LAS PLANTAS EN GRANJAS VERTICALES POR MEDIO DE LUZ ARTIFICIAL. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE.
23. Ramos Gonzalías, Y., Ramírez Lasso, E. (2016). Desarrollo de un sistema de iluminación artificial LED para cultivos en interiores - Vertical Farming (VF). Informador Técnico, 80(2), 111.
24. CARDONA, O. R., LOZANO, J. Z. V. L. Y. A. V. (2017). Manual de usuario para el sistema automatizado de invernadero hidropónico. UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD).
25. Carrasco, G., Izquiero, J. (1996). Empresa Hidroponica a mediana escala: Tecnica de la solución nutritiva recirculante NFT.
26. Castañeda, F. Manual Técnico de Hidroponía Popular (cultivos sin tierra), 1 INCAP OPS MDE 104 (1997).
27. Castro, D. (2017). Agricultura colombiana 2000-2013: Estudio de cultivos de alimentación básica y de agroindustria, 44.
28. CENICAFE, A. (2021). DATOS CLIMATOLOGICOS. CHINCHINÁ- MANIZALEZ COLOMBIA.
29. Edwar, R. M., Victor, L. O. (2017). Diseño e implementación de un sistema inteligente para un edificio

- mediante IOT utilizando el protocolo de comunicación lorawan. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.
30. El Tiempo. (2017). Temporada invernal pone en alerta a los cultivadores.
 31. Esteban, G. de la R. (2018). Instituto politécnico nacional. INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL.
 32. FAO - J.L. Albert. (1991). Food, Nutrition and Agriculture - 1 - Food for the Future. (/Comité de redacción/Comité asesor Editorial, P. L. (Chairman/Président/Presidente), M. P. K. Richmond, J. Lupien, B. T. F. Simmersbach, Eds.) (Editorial).
 33. Gonzalez, G. G. (2017). Tecnología y Sociedad Granjas verticales : una respuesta sostenible al crecimiento urbano. *Prima Tecnológico*, 7(January 2016), 3–6.
 34. Guillermo, I., Díaz, G., Vargas, O. C. (2004). Sistema Unificado de Información Institucional. Costa Rica.
 35. Huerta, S. A. S. F. D. E., En, H., Ciudad, L. A., Alrededores, B. Y. S. U. S., Para, P., Al, O., Ingeniero, G. D. E. (2018). Plan de negocios para la creación de la empresa verde arte s.a.s. fabricante de huerta hidropónicas en la ciudad de bogota y sus alrededores.
 36. ACEA. (2015). PRODUCCIÓN DE PLANTAS EN AMBIENTES CONTROLADOS. Bruselas , Bélgica.
 37. Adenauer, L. (2016). Up , Up and Away ! The Economics of Vertical Farming. *Estudios Agrícolas*, 1(November), 40–60.
 38. Agrotendencia. (2012). El increíble futuro de la producción de alimentos-Granjas Verticales.
 39. Asociaci, R. D. E. L. A. (2013). Crecen oportunidades para los horticultores.
 40. Ayala, M., Humberto, D., Mendoza, Z., Loberty, E. (2015). CARÁTULA SEDE GUAYAQUIL. UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA.
 41. Barbado, J. L. (2005). HIDROPONIA SU EMPRESA DE CULTIVOS EN AGUA. (E. ALBATROS, Ed.) (PRIMERA). BUENOS AIRES, ARGENTINA.
 42. BASTERRECHEA, M. (2017). Cuál es la mejor luz artificial para plantas?
 43. BEJARANO, J. A. (1998). ECONOMIA DE LA AGRICULTURA. In *TERCER MUNDO S.A. (Ed.), ECONOMIA DE LA AGRICULTURA* (1st ed., pp. 1–366).
 44. Benítez, J. C. (2015). De Enseñanza Basada En Una Metodología De Investigación Científica Escolar, Para Lograr Un Aprendizaje Significativo Del Proceso De Fotosíntesis De Los Estudiantes.
 45. Biología. FOTOSÍNTESIS Y RESPIRACIÓN CELULAR (2016).
 46. Bonilla Alvis, A., Reyes palma, J. C., Linares Triviño, O. G., Peláez Martínez, O. E. (2017). Estructura Ecológica Principal Municipal - ENERO 2013 (1 No. 1).
 47. Buenaventura, E. A. A., Sanchez, O. A. G., Castro, D. A. V., Carvajal, J. J. M. (2019). Sistema de monitoreo y control de un modelo hidropónico del tipo Nutrient Film Technic NFT, para la producción de hortalizas en ambientes controlados. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 6(1), 29–40.