



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Sistemas Computacionales

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO  
USANDO LA METODOLOGÍA SCRUM EN EL CONSUMO DE  
AGUA DE CULTIVOS DE MAÍZ DE UNA FINCA AGRÍCOLA  
EN CHEPÉN, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Sistemas Computacionales

Autores:

Anderson Nolberto Perales López

Jose Miguel Leython Lías

Asesor:

Mg. Rolando Javier Berrú Beltrán

Trujillo - Perú

2021

## DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi madre por sus consejos, el cariño, la confianza y el aliento para continuar. A mi tía por brindarme los recursos, el cariño y motivación para cumplir los objetivos.

Primero agradezco a Dios, que siempre está presente en mi día a día, dándome la sabiduría y la fuerza necesaria para seguir adelante en cada una de las metas que me propongo en la vida.

A mi madre querida Genoveva López, su apoyo y confianza tanto en mi vida profesional como personal valen oro para mí, a mi familia por motivarme cada día a ser ejemplo y orgullo para ellos.

A mí mismo, para que en años más adelante recuerde con alegría y entusiasmo como es que, con disciplina, pasión y fe, puedo llegar a todo lo que yo me decida alcanzar en esta tan maravillosa vida que se me ha sido dada.

## AGRADECIMIENTO

Le agradezco a mi familia por todo el cariño y las enseñanzas que me brindaron, por todo su apoyo y creer en mí.

Agradecer desde lo más profundo de mi corazón a Dios.

Agradecer a mi madre, por su comprensión, cariño, amor, y por darme la oportunidad de haber podido estudiar y vivir esta hermosa carrera, además de su sacrificio y ayuda mostrada en el día a día para poder continuar sin desistir.

A todos los ingenieros, docentes y amigos que me escucharon y aconsejaron a lo largo de mi vida universitaria en todo lo que pudieron.

Muchas gracias. Este trabajo es por y para ustedes.

## Tabla de contenidos

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	5
ÍNDICE DE TABLAS .....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
RESUMEN .....	8
ABSTRACT.....	9
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>38</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS.....</b>	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>63</b>
REFERENCIAS.....	69
ANEXOS .....	75



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Comparación de cantidad de agua consumida por cada sistema.....	62
---	----



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Resultados de la dimensión Disponibilidad del recurso hídrico .....	43
<b>Tabla 2:</b> Resultados de la dimensión Demanda insatisfecha .....	44
<b>Tabla 3:</b> Datos de Caso de Prueba 1 .....	56
<b>Tabla 4:</b> Datos de Caso de Prueba 2 .....	59
<b>Tabla 5:</b> Cantidad de agua consumida por cada sistema.....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Válvula solenoide .....	23
<b>Figura 2:</b> Dispositivo Arduino .....	24
<b>Figura 3:</b> Módulo LM044L.....	25
<b>Figura 4:</b> Módulo de tiempo .....	26
<b>Figura 5:</b> Módulo de Bluetooth .....	26
<b>Figura 6:</b> Sensor de temperatura y humedad .....	27
<b>Figura 7:</b> Sensor de lluvia.....	28
<b>Figura 8:</b> Sensor de humedad del suelo .....	29
<b>Figura 9:</b> Riego por aspersión .....	30
<b>Figura 10:</b> Riego por goteo .....	30
<b>Figura 11:</b> Riego por microjet .....	31
<b>Figura 12:</b> Eficiencia del sistema de riego .....	33
<b>Figura 13:</b> Ciclo de SCRUM.....	33
<b>Figura 14:</b> Descripción de los ejes y subejos temáticos.....	46
<b>Figura 15:</b> Diseño del módulo secundario.....	49
<b>Figura 16:</b> Diseño del módulo principal .....	50
<b>Figura 17:</b> Diseño del módulo de energía .....	51
<b>Figura 18:</b> Área correspondiente a la finca agrícola .....	52
<b>Figura 19:</b> Diseño de implantación del sistema .....	53
<b>Figura 20:</b> Código del módulo principal 14 .....	56
<b>Figura 21:</b> Sector D - Prueba 1 .....	57
<b>Figura 22:</b> Módulo principal – Prueba 1 .....	58
<b>Figura 23:</b> Sector D - Prueba 1 .....	59
<b>Figura 24:</b> Módulo principal – Prueba 2-1 .....	60
<b>Figura 25:</b> Módulo principal – Prueba 2-2 .....	61

## RESUMEN

El presente trabajo fue llevado a cabo con el objetivo de analizar las características del consumo de agua en cultivos de maíz en una finca agrícola en Chepén en 2021 y los aspectos que se deben considerar de la Metodología SCRUM para proponer un sistema de riego automatizado. El tipo de estudio fue propositivo; considerando como muestra 4 hectáreas. Para la recolección de información se aplicó un filtro. Para el diseño de la propuesta, se tomó como referencia el marco teórico correspondiente a SCRUM. Las dimensiones abarcadas para El consumo de agua fueron Disponibilidad del recurso hídrico y Demanda insatisfecha, mientras que los ejes propositivos considerados en El diseño de sistema de riego automatizado fueron Capacidad de medir parámetros ambientales y Nivel de control de riego. Asimismo, los ejes temáticos de la Metodología SCRUM fueron Roles, Eventos y Artefactos. Los resultados obtenidos demostraron que los sistemas de riego automatizado son capaces de regar de forma óptima un cultivo de maíz a través de su etapa de crecimiento con diferentes factores ambientales a favor y en contra. En base a lo mencionado, podemos concluir que un sistema de riego automatizado es capaz de regar un cultivo de maíz y mejorar la eficiencia de agua.

**Palabras clave:** Sistemas automatizados, riego, cultivos de maíz, finca agrícola.



## ABSTRACT

The present research work was carried out with the objective of analyzing the characteristics of the water consumption of corn crops in an agricultural farm in Chepen in 2021 and the aspects that must be considered from the SCRUM methodology to propose an automated irrigation system. The type of study was descriptive-prepositive study; with a sample consisting of 4 hectares. For data collection, a filter was applied. For the design of the submitted proposal, the theoretical framework corresponding to SCRUM was taken as a reference. The dimensions included in the water consumption were availability of water resources and unsatisfied demand, while the propositional aspects considered in the design of the automated irrigation system were ability to measure environmental parameters and level of irrigation control. Likewise, the thematic aspects on which The SCRUM methodology was analyzed were roles, events, artifacts. The results obtained showed that an automated irrigation system is able to irrigate optimally a corn crop throughout its growth stage with different environmental factors for and against. Based on the above, we can conclude that an automated irrigation system is able to irrigate a corn crop improving the water efficiency.

**Keywords:** Automated systems, irrigation, corn crops, agricultural farm

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Actualmente el consumo de agua tiende a tener mal aprovechamiento en el sector agrícola, y uno de los cultivos que más consume este recurso son los cultivos de maíz. Durante los últimos 35 años, nuevos descubrimientos han esclarecido los procesos que subyacen a la relación entre el rendimiento de los cultivos y el uso del agua. (FAO, 2012) para ello la organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura emprendió la tarea de revisar el enfoque para determinar el rendimiento de los cultivos en respuesta al uso y el déficit del agua. (FAO, 2012)

La escasez del recurso hídrico ha generado la necesidad de ahorro y uso eficiente del agua en la actualidad y la gran demanda de producción de maíz ha traído consigo que se tomen medidas para el uso de estos recursos que son limitados, las características actuales del maíz no son suficientes, principalmente, poca altura de planta, mayor precocidad y hojas superiores erectas. (Como se cita en Chura y Tejada, 2014)

El maíz sigue siendo un de los productos más cultivados en el mundo por lo que ha tenido un mayor costo de producción al requerir más recursos para solventar la demanda donde el problema recae en el uso del recurso como el agua. El maíz solo aprovecha 45% del agua de riego, el resto se pierde en el drenaje y percolación profunda, arrastrando fertilizantes móviles como nitrógeno (N) (Mendoza, et. al, 2018)

Las personas que se dedican al sector agrario no toman importancia al uso de agua, generando un derroche innecesario de agua. Debido a que la competencia por la disponibilidad de agua es cada vez más fuerte, existe la necesidad de generar un reconocimiento económico, social y ambiental al buen uso del agua. (Flores, et. al., 2014)

Estas consecuencias han llegado a impactar a nivel mundial como por ejemplo en México donde la eficiencia en el uso del agua de riego, específicamente en la eficiencia de aplicación se encuentra por debajo del 40 % en la mayoría de los distritos y módulos de riego del país, repercutiendo en grandes pérdidas en los volúmenes de agua que se utilizan a través del riego. (Nieves y Flores, 2017).

En Israel, un pequeño país ubicado en una región árida – semiárida ha invertido grandes esfuerzos en la investigación y el desarrollo de tecnologías que aseguran el uso y manejo eficiente de sus escasos recursos hídricos. La incorporación de los sistemas de riego a presión ya en la década de los 50', ha inducido un cambio fundamental en las prácticas agrícolas tradicionales impulsando el desarrollo de una agricultura moderna y de alta productividad (MASHAV, 2015).

En Perú, en el año 2016, el 17,1% de las unidades agropecuarias aplicó riego tecnificado incrementándose en 2,1 puntos porcentuales, respecto al año 2015. Asimismo, el riego por aspersión fue el más utilizado (84,8%), seguido por goteo (9,5%). (INEI, 2017) Además, según resultados de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2016, ejecutada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), se informó que del total de pequeños productores/as (45,3%) que aplicaron riego, el 17,1% utilizaron riego tecnificado incrementándose en 2,2 puntos porcentuales, respecto al año 2015. Igualmente, dio a conocer que el riego

por aspersión es el más utilizado por este grupo de productores (85,2%), seguido por el riego por goteo (9,0%) y otros que incluye multicompuertas, manga y exudación (7,8%). (INEI, 2017)

En Tumbes, los agricultores tienen problemas para realizar el riego en sus cultivos. Esto se debe a que, el aprovechamiento de los canales de riego que son (más del 80% de su recorrido), lo que degrada la eficiencia del riego y no permite dotar de la adecuada cantidad de recurso a los cultivos debido a las pérdidas por infiltración que se presentan en su recorrido. (ANA, 2010)

En La Libertad se cultivan diferentes tipos de plantas, y su demanda de producción de maíz es una de las más solicitadas y esto puede evidenciarse debido a que, según el ministerio de agricultura y riego La Libertad tiene el 9% de la producción de maíz amarillo duro entre las provincias de Ascope, Chepén, Pacasmayo y Virú. (MINAGRI, 2019)

En el Valle Jequetepeque, la Autoridad Local de Agua (ALA) nos hace conocimiento de que se cuenta con  $666 \text{ hm}^3$  de agua para los 12 500 usuarios, sin embargo, la demanda hídrica es de  $691 \text{ hm}^3$  para los cultivos principales como son el arroz, maíz amarillo, maíz duro entre otros, de este modo podemos observar que existe una insuficiencia de agua para abastecer los cultivos.

En La Libertad, el uso del agua en la cuenca del río Chicama asciende a los 280,40 millones de metros cúbicos representada por los sectores agrícola, poblacional, minero y pecuario; de los cuales el uso agrícola es el que demanda mayor cantidad de agua en comparación a otros sectores como lo son el sector minero, industrial o poblacional. Además, en la actividad agrícola, el uso del agua con fines de riego se centra principalmente en la zona del valle para abastecer a los

cultivos de *Saccharum officinarum* L. “caña de azúcar”, *Zea mays* L. “maíz”,  
*Medicago sativa* L. “alfalfa”, *Cicer arietinum* L. “garbanzo”, *Phaseolus vulgaris* L.  
“frijol” entre otros, empleándose con fines de riego 260,453 ha, correspondiéndole  
el 74,6% al sector costeño que sirve para irrigar 41,913 ha de un total de 55,198 ha  
cultivadas bajo riego. (Junta de Usuarios de Agua del Valle Chicama, 2017)

En la localidad de Chepén se pueden apreciar algunos problemas en el sector  
agrícola lo cual trae consigo problemas para los agricultores, podemos observar que,  
según el Gobierno Regional de La Libertad, Chepén aún tiene un bajo rendimiento  
de los cultivos instalados en cada campaña agrícola, pérdidas económicas,  
endeudamiento de los beneficiarios, limitada disponibilidad de agua para riego,  
perdidas por infiltración, inadecuada infraestructura de riego, deficiencia en la  
gestión y administración del agua para riego (GRLL, 2020).

Se consideraron los siguientes trabajos como antecedentes sobre sistemas  
de riego automatizado en el consumo de agua:

Flores H. et. al. (2013), en la investigación “Técnicas de conservación del  
agua en riego por gravedad a nivel parcelario”, tuvieron como objetivo reducir el  
uso del agua a partir de estrategias de productividad, esto se realizó en el norte de  
Sinaloa, México en el Campo Experimental Valle del Fuerte (INIFAP). Para lograr  
este objetivo se implementaron diferentes sistemas de riego por surcos a través de la  
gravedad. El resultado obtenido fue que el riego por surcos alternos y riego en  
camas, por las técnicas de conservación del agua de riego por surcos alternos y riego  
en camas fueron las que presentaron mejores beneficios para reducir las láminas de  
riego hasta 40%.

González F. et al. (2013), en su trabajo “Funciones agua rendimiento para 14 cultivos agrícolas en condiciones del sur de La Habana”, plantearon como objetivo determinar funciones de agua-rendimiento para trazar estrategias de manejo. Para ello se llevó a cabo un análisis de consumo de agua y rendimiento de cultivo. Se obtuvo como resultado una función agua–rendimiento que permite expresar si la cantidad de agua suministrada es suficiente para satisfacer las necesidades de la planta, por consiguiente, se concluyó que los resultados obtenidos de funciones rendimiento versus agua conducen a una gama amplia de funciones y la respuesta dependerá en gran medida de la amplitud de los rangos del agua aplicada.

Peinado V. et al. (2014), en su investigación “Análisis de la producción agrícola y gestión del agua en módulos de riego del distrito 063 de Sinaloa, México”, establecieron como objetivo realizar un análisis estadístico respecto a la gestión hídrica y la productividad agrícola. Para conseguir el objetivo se analizaron datos de cuatro ciclos agrícolas, programación agrícola y requerimientos de agua. Como resultado se obtuvo que para la producción de cada ciclo agrícola en el DR63 la disponibilidad del recurso hídrico no llega a satisfacer las necesidades del sector agrícola, por lo que se concluyó que la situación de escasez hídrica ha condicionado a la producción local a enfocarse en cultivos que requieren un nivel de agua mucho menor.

Zapata N. et al. (2012), en su investigación “Autoprogramadores para coberturas de riego por aspersión”, establecieron como objetivo facilitar la programación de riego para reducir el tiempo dedicado a estas actividades, este trabajo se realizó en un sector de Aragón. Para llegar al objetivo se desarrolló un prototipo de autoprogramador para riego por aspersión y se probó realizando tres

tipos de riego repartido en secciones. Como resultado se obtuvo que el tratamiento 1 y 2 (automáticos) son más eficientes para encontrar el momento adecuado para regar las plantas, por ello se concluyó que el programador automático reduce el tiempo y los conocimientos requeridos por el agricultor para realizar la tarea de riego.

Rueda M., et. al. (2018), en su trabajo “Redes neuronales aplicadas al control de riego usando instrumentación y análisis de imágenes para un microinvernadero aplicado al cultivo de Albahaca”, tuvieron como objetivo desarrollar e implementar una red neuronal capaz de administrar el riego de un micro-invernadero ubicado en México. Para conseguir el objetivo se implementó un sistema con sensores para obtener los datos y controlar el riego del invernadero. Se obtuvo como resultado una red neuronal capaz de controlar las necesidades de las plantas de Albaca con un margen de error del 1.67%, por lo tanto, se concluyó que fue posible diseñar e implementar un sistema capaz de realizar un riego eficiente para los cultivos sin necesidad de ser atendido por una persona.

Vaz y Leyva (2015), en la investigación “El cultivo de maíz (zea mays l.) dentro del sector agrario de Huambo-Angola. Parte i. Indicadores determinantes hacia la sostenibilidad”, plantearon como objetivo conocer el estado de la producción de maíz dentro. Para lograrlo se realizaron encuestas con el fin de hallar indicadores cualitativos y cuantitativos. Como resultado se obtuvo que las zonas rurales tienen problemas de sostenibilidad económica, ecológica y sociocultural, por lo que se concluye que el cultivo de maíz en Huambo, no sostenible debido a los bajos niveles de productividad.

Álvarez A. et al. (2016), en su trabajo “Huellas hídricas verde y azul del cultivo de maíz (*Zea mays*) en provincias del centro y noreste argentino”, establecieron como objetivo estimar las huellas hídricas verde y azul del maíz bajo tres condiciones (secano, riego y riego y fertilidad edáfica óptimos) y analizar su impacto. Para conseguir esto se aplicaron tres métodos de riego a los cultivos para evaluar su respuesta productiva. Se obtuvo como resultado que el riego y la fertilización reducen la huella hídrica, y que la huella hídrica verde comprende el 92% de la sumatoria, por lo tanto, se concluyó que la información hallada puede ayudar a tomar mejores decisiones para administrar los recursos lo cual le permitirá alcanzar los objetivos de producción deseados.

Parada y Carrillo (2014), en su investigación “Automatización de sistemas de riego: estrategias de control a través de dispositivos móviles” plantearon como objetivo conocer los resultados de implementar un prototipo de optimización de sistemas de riego a través de dispositivos móviles en el Centro Agroempresarial y Acuícula, ubicado en Fonseca, La Guajira. Para desarrollar el trabajo de instaló un sistema de riego para tomar datos iniciales y que luego fue adaptado para ser manejado a través de dispositivos móviles. Como resultado se logró aplicar el prototipo al sistema de riego ya instalado reduciendo el consumo de agua en un 55%, por lo que se concluyó que la implementación de un sistema de riego automatizado ayuda a incrementar la producción del cultivo y facilita al operador el riego de este.

León A. et al. (2016), para su trabajo “Efecto de variante de riego en la producción de maíz (*zea mays* l.) En la Comuna Río Verde, cantón Santa Elena, Ecuador” establecieron como objetivo evaluar el efecto de las variantes de riego en diferentes láminas. Para realizar la investigación se implementaron dos canales de



riego con diferentes láminas de riego y se realizaron mediciones de la evaporación de agua con la tina clase A diariamente. Se obtuvo como resultado que las plantas con el tratamiento de 90% de evapotranspiración fueron más productivos, por lo que el tratamiento de 90% cumple con la demanda hídrica del cultivo.

Damián M. et. al. (2013), en su investigación “Maíz, alimentación y productividad: modelo tecnológico para productores de temporal de México”, plantearon como objetivo implementar un modelo tecnológico. Para lograrlo se clasificaron los productores de maíz en 3 niveles según su nivel de producción para determinar si es viable aplicar el modelo tecnológico. Como resultado se obtuvo que los productores de maíz tienen un déficit per cápita teniendo un excedente de producción, por lo tanto, se concluye que los maiceros de temporal han atenuado las necesidades tecnológicas con procesos complejos para el cultivo del maíz haciendo uso de técnicas milenarias y contemporáneas.

Mendoza C. et al. (2018), en su investigación “Uso de programa irriModel para la programación de riego por goteo en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)”, establecieron como objetivo dar conocer los beneficios del riego por goteo en maíz apoyado con el software irriModel 2.0 dentro del Campo Experimental del Valle del Fuerte (CEVAF), ubicado en el norte de Sinaloa. Para conseguir el objetivo se guiaron de los cálculos realizados por IrriModel 20 usando datos históricos de clima de años anteriores. Como resultado se obtuvo que para alcanzar el máximo potencial de rendimiento no debe haber estrés hídrico en las etapas más críticas como la floración que puede afectar mermas en el rendimiento del cultivo de maíz.

Sifuentes I. (2015), en su investigación “Mejoramiento del grado de uso del nitrógeno en maíz mediante técnicas parcelarias de riego por superficie”,

establecieron como objetivo desarrollar tecnologías que permitan optimizar el uso de insumos (agua, fertilizantes, pesticidas) incrementando el potencial productivo de los cultivos, ubicados en el norte de Sinaloa, México. Para conseguir el objetivo se hicieron una serie de experimentos en los ciclos otoño-invierno 2006-2007 y 2011-2012 en el INIFAP-CEVAF. Como resultado se comprobó que usando el sistema de riego de tuberías multicompuertas y las técnicas de riego implementadas en este estudio fue posible incrementar la eficiencia del riego en promedio 80% con un incremento gradual en la eficiencia del nitrógeno reduciendo fertilizante y agua.

Salazar J. et al. (2014), en su investigación “Calidad del nixtamal y su relación con el ambiente de cultivo del maíz”, establecieron como objetivo evaluar las características de calidad del nixtamal del híbrido de maíz ‘Puma’ propiedad de la empresa Monsanto dentro de un invernadero en Chichimequillas, Querétaro, México. Para conseguir el objetivo se cultivaron el ciclo primavera-verano 2004 en cinco condiciones de fertilización e irrigación (50-50 %, 50-75%, 75-50 %, 75-75 % y 100-100 %, de una lámina de riego de 80 cm y 200 kg de nitrógeno. Como resultado se observó que la reducción de 25 % de la lámina de agua y del nitrógeno aplicado (tratamiento 75-75 %, 60 cm de agua y 150 kg de nitrógeno), incrementó significativamente el rendimiento de grano y mejoró el proceso de nixtamalización.

Turiján T. et al. (2012), en su investigación “Manejo tradicional e innovación tecnológica en cultivo de maíz en San José Chiapa, Puebla”, establecieron como objetivo reconocer los tipos de tecnologías y cómo influyen en la productividad del maíz en el municipio. Para conseguir el objetivo se recopiló información y se aplicó una encuesta a una muestra representativa de productores en 2009 de acuerdo con los niveles de uso de tecnología utilizando el índice de apropiación de tecnologías

modernas (IATM) y el grado de empleo de tecnologías campesinas (GETC). Se concluyó que las tecnologías modernas resultan predominantes en actividades como las actividades de preparación del terreno (surcado y tipo de semilla), control de malezas y fertilizantes. Se obtuvo como resultado que la siembra del maíz tuvo una mayor producción del 82 y 12%.

Zermeño A. et al. (2015), en su investigación “Fertilización biológica del cultivo de maíz”, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de fertilizantes biológicos derivados de algas marinas aplicados al suelo y al follaje en un maíz forrajero (*Zea mays* L.). La investigación se realizó durante el ciclo verano-otoño 2011 en Torreón, Coahuila, México. Se evaluaron el uso de dos tratamientos que son con fertilizantes y sin fertilizantes biológicos. Como resultado se obtuvo un valor relativo diferenciado de clorofila 8.1% mayor en las plantas tratadas con fertilizantes biológicos comparado con el tratamiento sin fertilización biológica.

Luna A. et al. (2014), en su investigación “Impacto Económico de la Agricultura Orgánica en comparativo con la Agricultura Tradicional en el cultivo del Maíz”, en su trabajo establecieron el objetivo de realizar un trabajo económico de análisis de fertilización química y orgánica en maíz. Se llevó a cabo en el Rancho Borundas en Tototlán, Jalisco. Se sembró maíz usando dos tratamientos con tres repeticiones (tres consecutivos años), cada tratamiento en un área de 5,000 m<sup>2</sup>. Como conclusión tenemos que la fertilización del maíz en un contexto orgánico puede mantener niveles de cosechar y proteger y restaurar ecosistemas, evitando la contaminación.

Díaz E. et al. (2013), en su trabajo “Eficiencia en el uso de la radiación, tasa de asimilación neta e integral térmica en función del fósforo en maíz (*zea mays* l.)”,

tuvieron como objetivo comparar el efecto de seis niveles de fósforo en la eficiencia en el uso de la radiación, la tasa de asimilación neta y las unidades calor de los cultivares de maíz Amarillo Almoloya en el Centro de Producción y Prácticas Río Verde cantón Santa. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con arreglo factorial; los 18 tratamientos resultaron de las combinaciones de los tres cultivares y los seis niveles de fósforo. Se concluyó que el fósforo afecta EUR, el crecimiento y el rendimiento de maíz con dosis bajas y altas.

Aguilar C. et al. (2015), en su trabajo “Análisis de crecimiento y rendimiento de maíz en clima cálido en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno”, tuvo como objetivo ver la tasa de crecimiento del cultivo y rendimiento de maíz que está bajo riego, se estableció en Iguala, Guerrero, México. Para su realización se sembró el maíz criollo raza “Vandeño” y el híbrido H-562, los tratamientos consistieron en la inoculación a la semilla. La evaluación consistió en el crecimiento del cultivo, se contabilizó el número de hojas y el área foliar. Como resultado se encontró un incremento en el índice y duración de área foliar, que generó una alta tasa de crecimiento del cultivo y asimilación neta, se concluyó un incremento en el biofertilizante para el rendimiento del grano, pero no fue muy significativo.

Rodríguez M. (2019), en su trabajo “Tecnología para maximizar la efectividad del riego por surcos, construidas con recursos locales en suelo ferralítico rojo lixiviado”, como objetivo de proponer tecnologías que contribuyan al mejoramiento del sistema de riego por surcos con flujo continuo e intermitente a nivel parcelario, con pendiente de 1,2%. Se realizó en la finca “La Esperanza” ubicada en la comunidad de Banao. Para lograrlo se utilizó la válvula FLUCON DN

150, se diseñaron tres tecnologías con recursos locales y la parcela de escurrimiento como instrumento para medir la escorrentía. Se evaluaron los principales parámetros de diseño, manejo, evaluación de la calidad del riego, pérdidas de agua y suelo por escorrentía en diez riegos imitando prácticas comunes de la zona. La eficiencia de aplicación alcanzó con la propuesta 81,1% que equivale 17,9 % superior al método de flujo continuo.

Este trabajo se justifica porque ofrece una propuesta de un sistema de riego automatizado con energía solar, capaz de gestionar adecuadamente el uso del agua en las plantas de maíz por método de goteo, trayendo consigo un menor consumo de agua sin afectar negativamente la productividad. Con esto, los dueños de la finca en Chepén se verían beneficiados gracias a la disminución de consumo de agua y manteniendo la productividad de sus cultivos y reducción de costos si se llegase a implementar el sistema.

De igual manera contará con su panel solar capaz de alimentar a todo el sistema incluyendo sensores; e igualmente solo brindará el agua necesaria evitando el estrés hídrico. De esta manera se beneficiarán dueños de la finca, debido a que utilizará una fuente de energía renovable que no causa daño al ambiente, disminuirá la huella hídrica, tampoco dañará las tierras de cultivo y evitará inundaciones en ellas.

Asimismo, el sistema a través del uso de sensores será capaz de gestionar mejor el agua para el área de cultivo haciendo menor uso del recurso hídrico en la etapa de crecimiento de la planta. Esto beneficiará a los dueños de la finca disminuyendo los costos de contratar trabajadores que vigilen constantemente el

cultivo, además disminuirá el consumo de electricidad y agua debido a que el sistema se adaptará a las necesidades de la planta durante su etapa de crecimiento.

Además, esta investigación presenta la automatización mediante el uso de una red de sensores para gestionar la cantidad de agua usada para el riego, de manera que esta tarea se realice de manera eficiente. Asimismo, la utilización de un panel solar para hacer uso de energía renovable. A través de esto, otros investigadores podrán enfocar sus investigaciones en el uso de energías renovables para la automatización.

Se hallaron las siguientes limitaciones: en el desarrollo del proyecto no fue posible implementar el sistema en el campo debido a la falta de disponibilidad para poder movilizarnos por motivos de la pandemia por COVID-19. Para esto se realizaron simulaciones para obtener datos semejantes a los que se obtendrían al implementar el proyecto de manera real. Otra limitación fue la capacidad de medir el litraje usado por los cultivos. Para ello se construyó una reserva de agua donde se pudo realizar el cálculo del agua usada para regar el cultivo. Para realizar el monitoreo de los factores ambientales que requiere el sistema, lo mejor es usar un sensor para cada planta, sin embargo, debido a los costos elevados que eso conllevaría no se pudo aplicar en el proyecto. Para esto se realizó una simulación en computadora donde se recreó el circuito según las medidas que tendría físicamente y se determinó la cantidad de agua necesaria para todas las plantas.

Conjuntamente, con este trabajo de investigación se recogió conceptos como:

### **Sistema automatizado de riego**

Un sistema de riego automatizado está constituido por sensores y equipos programables que ayudan al regadío de plantas ornamentales o de cualquier otro cultivo, mediante órdenes que son asignadas por un computador, como a la hora y el tiempo que debe realizar el riego o la cantidad de agua necesaria para las mismas. (Laverde, 2016)

### **Válvulas solenoides**

Una válvula solenoide es una válvula que cambia de estado (abierta o cerrada) según un voltaje que se le aplique, y por lo tanto puede ser controlada por pulsos eléctricos. Estas electroválvulas tienen una bobina solenoide que al energizarse bloquea la válvula normalmente abierta. (Arango, 2014)



**Figura 1:** Válvula solenoide

**Fuente:** Tomada de “La válvula solenoide” por Aire Acondicionado, 2021.

## Microcontrolador

El microcontrolador es en definitiva un circuito integrado que incluye todos los componentes de un computador. Debido a su reducido tamaño, es posible montar el controlador en el propio dispositivo al que gobierna. En este caso el controlador recibe el nombre de “controlador empotrado” (Barra y Barra, 2016).



**Figura 2:** Dispositivo Arduino

**Fuente:** Tomada de “Diseño y desarrollo de un prototipo de riego automático controlado con Raspberry Pi y Arduino”, por Escalas Rodríguez G., 2021, Dispositivo Arduino, p. 21.

## Módulo LCD LM044L

Es una pantalla LCD que funciona como dispositivo de salida de información de manera visual al usuario, dicho módulo puede mostrar caracteres ASCII, japoneses, griegos o símbolos personalizados. Cuya información se despliega, a lo largo de renglones y columnas que dispone. (Zurita, 2013)



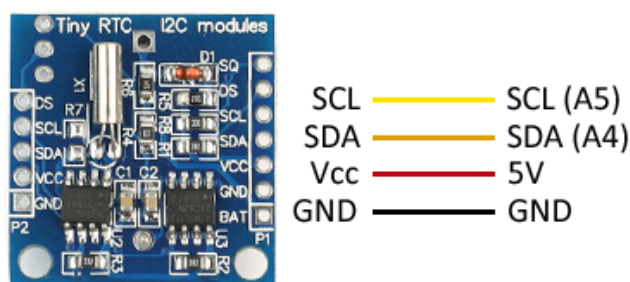


**Figura 3:** Módulo LM044L

**Fuente:** Tomada de “Tutorial LCD, conectando tu Arduino a un LCD1602 y LCD2004”, por Naylamp Mechatronics, 2018.

### Módulo de tiempo

Es un reloj que permite dar el tiempo real, que logra comunicarse con la placa Arduino a través de una conexión I2C, alimentado por una batería de tipo reloj de 3.0 V, permitiendo mantener el tiempo durante varios años, un cristal de 32.768 KHz que funciona como un oscilador que permite mantener la precisión del tiempo y además de un capacitor y dos resistencias. Todo esto en una pequeña placa, lista para ser montada en el Arduino. Este dispositivo mantiene la fecha y hora actuales al momento de realizar mediciones con diferentes sensores (de fuerza, temperatura y humedad), para poder llevar un registro de estas. (Almanza, 2014)

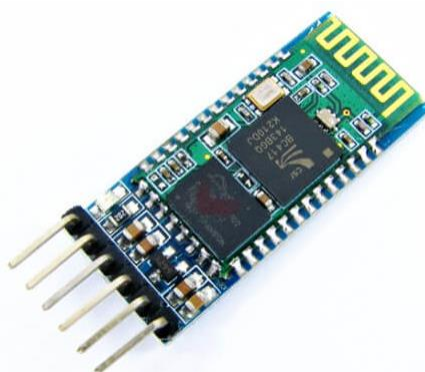


**Figura 4:** Módulo de tiempo

**Fuente:** Tomada de “Reloj y calendario en Arduino con los RTC DS1307 y DS3231”, por Llamas Luis, 2016.

**Módulo Bluetooth HC-05**

Es una tarjeta electrónica, que permite la comunicación de dos dispositivos a través del protocolo Bluetooth. Cuenta con un pin de alimentación que recibe entre 3,3V y 5V. Para realizar la comunicación con el controlador se utiliza el puerto. Este es configurable a través de comandos AT, sintaxis similar a los comandos Hayes, utilizados para la comunicación entre. (Bohórquez, 2017)



**Figura 5:** Módulo de Bluetooth

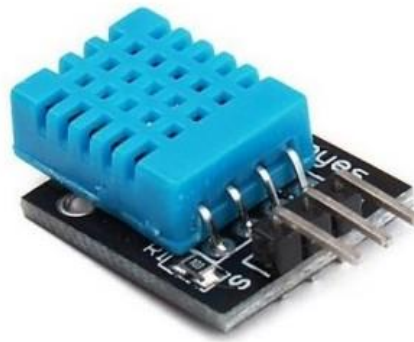
**Fuente:** Tomada de “Tu Arduino se comunica con el módulo HC-05”, por Xukyo, 2018.

**Sensor de temperatura y humedad (DHT11)**

Este sensor mide la humedad relativa como la temperatura, se caracteriza por tener la señal digital calibrada por lo que asegura una alta calidad y una fiabilidad a lo largo del tiempo. Está constituido por dos sensores resistivos (NTC y humedad). Tiene una respuesta rápida en las medidas y puede medir

la humedad entre el rango 20% – aprox. 95% y la temperatura entre el rango  
0°C – 50°C.

Cada sensor DHT11 está estrictamente calibrado en laboratorio,  
presentando una extrema precisión en la calibración. Los coeficientes de  
calibración se almacenan como programas en la memoria OTP, que son  
empleados por el proceso de detección de señal interna del sensor. (Sanchez,  
2017)



**Figura 6:** Sensor de temperatura y humedad

**Fuente:** Tomada de “Diseño e Implementación de un Sistema Domótico,  
monitoreado y controlado remotamente en tiempo real mediante una aplicación  
Android para Smartphone”, por Gabriel Charry V., 2016, Sensor de temperatura  
y humedad (DHT11), p. 11.

### **Sensor de lluvia**

Este es un sensor de lluvia tanto digital como analógico que permite medir  
las gotas de agua que caen sobre la placa con líneas. En el caso del pin digital  
obtiene la señal con un comparador, y el pin analógico transmite la señal en  
función del voltaje de la placa. (Escalas, 2014)

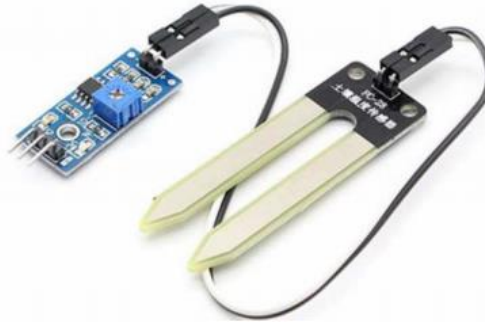


**Figura 7:** Sensor de lluvia

**Fuente:** Tomada de “Diseño y desarrollo de un prototipo de riego automático controlado con Raspberry Pi y Arduino”, por Escalas Rodríguez G., 2021, Sensor de lluvia, p. 19.

### **Sensor de humedad de suelo FC-28**

Es un sensor que mide la humedad del suelo. Son empleados en sistemas automáticos de riego para detectar cuando es necesario activar el sistema de bombeo. El FC-28 es un sensor sencillo que mide la humedad del suelo por la variación de su conductividad. No tiene la precisión suficiente para realizar una medición absoluta de la humedad del suelo, pero tampoco es necesario para controlar un sistema de riego. (Quispe y Quispe, 2019)



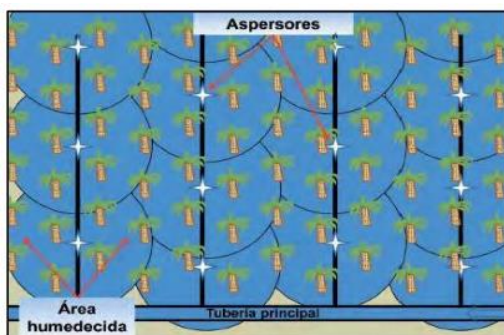
**Figura 8:** Sensor de humedad del suelo

**Fuente:** Tomada de “Qué es un higrómetro FC-28?”, por Llamas L., 2019, Sensor de humedad de suelo, p. 1.

### Tipos de riego Tecnificados o presurizado de aplicación:

#### Riego por aspersión

El riego por aspersión es un método de riego mecanizado o presurizado, ya que necesita de mecanismos que generan presión para mover el agua. Con este método de riego no es necesario nivelar el suelo, y se puede regar un potrero recién sembrado sin causar problemas de erosión o de corrimiento de las semillas, si se usa la presión y el aspersor adecuado. (MINAGRI, 2015)



**Figura 9:** Riego por aspersión

**Fuente:** Tomada de “Manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego”, por Alberto Nuñez E., 2021, Riego por aspersión, p. 20.

**Riego por goteo**

Se le denomina así, porque permite la aplicación del agua y los fertilizantes al cultivo en forma de "gotas" y localizada con alta frecuencia, en cantidades estrictamente necesarias y en el momento oportuno u óptimo.

Esta aplicación, se hace mediante una red de tuberías (de conducción y distribución de PVC o Polietileno), y de laterales de riego (mangueras o cintas), con emisores o goteros, que entregan pequeños volúmenes de agua periódicamente, en función de los requerimientos hídricos del cultivo y de la capacidad de retención del suelo. (MINAGRI, 2015)



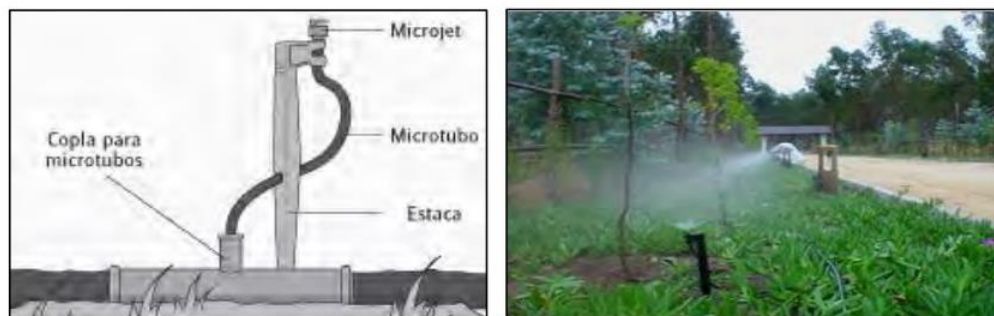
**Figura 10:** Riego por goteo

**Fuente:** Tomada de “Manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego”, por Alberto Nuñez E., 2021, Riego por goteo, p. 21.

### Riego por microjet

Es un sistema artesanal simple que distribuye el agua uniformemente, con un daño mínimo al cultivo y al suelo. Se puede utilizar desde áreas pequeñas hasta 1 manzana.

Para lograr una buena distribución del agua en la parcela a irrigar se necesita una altura de la fuente al microsistema de 2 metros como mínimo; cada micro aspersor tiene capacidad para irrigar un radio de 4 metros en un tiempo de 30 a 60 minutos. Es un microsistema muy apropiado para zonas con escasas precipitaciones. (MINAGRI, 2015)



**Figura 11:** Riego por microjet

**Fuente:** Tomada de “Manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego”, por Alberto Nuñez E., 2021, Riego por microjet, p. 22.

### Eficiencia del sistema de riego (EFR)

La eficiencia de un sistema de riego es la relación entre la cantidad de agua utilizada por las plantas y la cantidad de agua suministrada desde la bocatoma, la cantidad de agua que es captada de alguna fuente natural de un

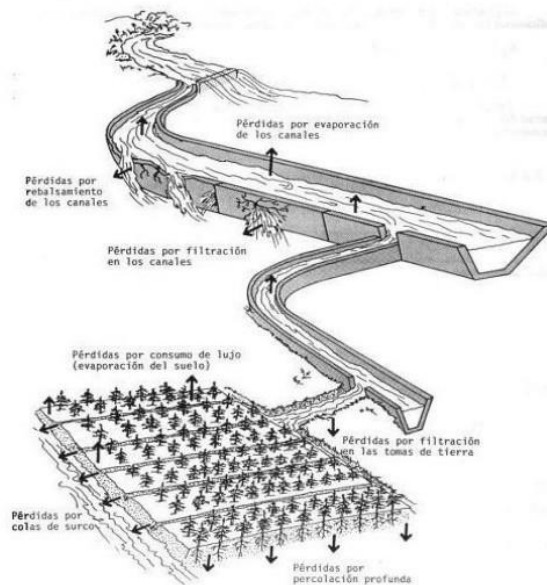
sistema de riego esta conducida a través de un canal principal y luego derivada el agua por un canal de distribución y finalmente se deriva el agua a nivel parcela para algún cultivo del productor agrario. Que finalmente, evaluará del caudal captado en la bocatoma cuánta agua de esta es utilizada para el riego del cultivo y para ello es importante determinar la eficiencia de riego a fin de determinar la demanda de agua que se requiere en un proyecto de riego siendo esta un factor importante en el cálculo de la demanda hídrica de todo proyecto de riego.

La eficiencia de riego está compuesta por la eficiencia de conducción en el canal principal, eficiencia de distribución en los canales laterales y la eficiencia de aplicación a nivel de parcela, el producto de estas tres eficiencias nos determina la eficiencia de riego de un sistema. (MINAGRI, 2015)

$$E_f = E_{f_c} \times E_{f_d} \times E_{f_a}$$

Donde:

**Eficiencias conducción ( $E_{f_c}$ )**  
**Eficiencia de distribución ( $E_{f_d}$ )**  
**Eficiencia de aplicación ( $E_{f_a}$ )**





**Figura 12:** Eficiencia del sistema de riego

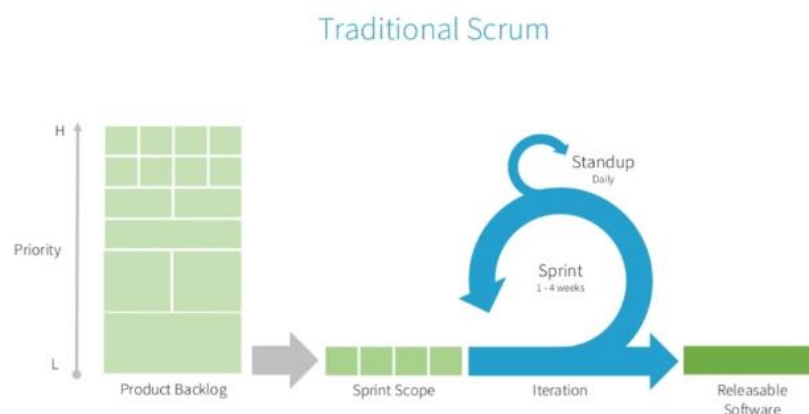
**Fuente:** Tomada de “Manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego”, por Alberto Nuñez E., 2021, Eficiencia de riego, p. 7.

**SCRUM**

Un marco de trabajo por el cual las personas pueden acometer problemas complejos adaptativos, a la vez que entregar productos del máximo valor posible productiva y creativamente. (Schwaber y Sutherland, 2013)

**Sprint**

El corazón de Scrum es el Sprint, es un bloque de tiempo (time-box) de un mes o menos durante el cual se crea un incremento de producto “Terminado”, utilizable y potencialmente desplegable. Es más conveniente si la duración de los Sprints es consistente a lo largo del esfuerzo de desarrollo. Cada nuevo Sprint comienza inmediatamente después de la finalización del Sprint previo. (Schwaber y Sutherland, 2013)



**Figura 13:** Ciclo de SCRUM

**Fuente:** Tomada de “Qué es un Sprint de Scrum”, por Requena Mesa A., 2021, Traditional Scrum.



## **Roles**

### **SCRUM Master**

Es aquel que se encarga de que el equipo siga las prácticas y los lineamientos de SCRUM, este resuelve problemas que retrasan el progreso del proyecto y también es el encargado de asegurar que el buen estado anímico del equipo y un ambiente de trabajo colaborativo. (Bahit, 2012)

### **Product Owner**

Este es el dueño del producto, él tiene la autoridad para tomar decisiones que afectan a la funcionalidad y características que tendrá el producto final. Este revisa que las necesidades del producto se estén cumpliendo correctamente y también analiza aquellas mejoras que le dan un mayor valor de mercado al producto. (Bahit, 2012)

### **Equipo de desarrollo**

El Equipo de Desarrollo consiste en los profesionales que desempeñan el trabajo de entregar un Incremento de producto “Terminado”, que potencialmente se pueda poner en producción, al final de cada Sprint. Solo los miembros del Equipo de Desarrollo participan en la creación del Incremento. (Schwaber y Sutherland, 2013)

## **Lista de producto**



La Lista de Producto es una lista ordenada de todo lo que podría ser necesario en el producto, y es la única fuente de requisitos para cualquier cambio a realizarse en el producto. El Dueño de Producto (Product Owner) es el responsable de la Lista de Producto, incluyendo su contenido, disponibilidad y ordenación. (Schwaber y Sutherland, 2013)

### **Incremento**

El Incremento es la suma de todos los elementos de la Lista de Producto completados durante un Sprint y el valor de los incrementos de todos los Sprints anteriores. Al final de un Sprint, el nuevo Incremento debe estar “Terminado”, lo cual significa que está en condiciones de ser utilizado y que cumple la Definición de “Terminado” del Equipo Scrum. El incremento debe estar en condiciones de utilizarse sin importar si el Dueño de Producto decide liberarlo o no. (Schwaber y Sutherland, 2013)

### **Sprint Review**

Es una reunión que se lleva a cabo para analizar el Incremento y modificar la Lista de Producto en caso esto sea necesario, en esta reunión el equipo comenta sobre lo que se desarrolló durante el Sprint y basándose en la Lista de Producto determinan que cosas pueden realizarse para darle más valor al producto final. (Schwaber y Sutherland, 2013)

### **Sprint Planning**

Es una reunión donde se planifica que tareas se realizarán en el Sprint y esto se hace en colaboración con el equipo de trabajo, esta tiene una duración

aproximada de 8 horas donde se planifica el Sprint de un mes. (Schwaber y Sutherland, 2013)

### **Sprint Backlog**

Es una lista con aquellas tareas de la Lista de Producto que fueron seleccionados para realizar en el Sprint. Esta lista conforma aquellas tareas que el equipo considera necesarias para generar un incremento y puede ser modificado a lo largo del Sprint si es necesario para conseguir el incremento planteado. (Schwaber y Sutherland, 2013)

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuáles son las características del consumo de agua de cultivos de maíz y qué aspectos se pueden considerar de la metodología SCRUM para proponer un diseño de sistema de riego automatizado en una finca agrícola en Chepén en el año 2021?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Analizar las características del consumo de agua de cultivos de maíz en una finca agrícola en Chepén en el año 2021 y los aspectos que se deben considerar de la metodología SCRUM para proponer un sistema de riego automatizado.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Dar a conocer las características del consumo de agua de cultivos de maíz cultivado en una finca agrícola en Chepén en el año 2021.



- Describir los aspectos teóricos de la metodología SCRUM que se puedan considerar para proponer un sistema de riego automatizado en una finca agrícola en Chepén en el año 2021.
- Proponer un sistema de riego automatizado para mejorar la eficiencia del consumo de agua de cultivos de maíz en una finca agrícola en Chepén en el año 2021.

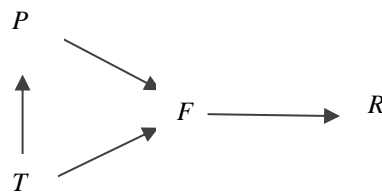
#### **1.4. Hipótesis**

Las características del consumo de agua de cultivos de maíz en una finca agrícola en Chepén en el año 2021 son inadecuadas y el uso de la metodología SCRUM es adecuado para proponer un sistema de riego automatizado que mejore su eficiencia.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

La siguiente investigación se realizó de manera propositiva debido al análisis que se realizó de los niveles de consumo de agua en la finca agrícola, los cuales arrojaron niveles no deseados. Por ello se analizó la metodología SCRUM, ya que esta se ve presente en investigaciones similares, de este modo se seleccionaron aquellos aspectos que podían ser aplicados para la elaboración de una propuesta de diseño de un sistema automatizado de riego.



Donde:

P: *Diseño de un sistema de riego automatizado*

T: *Metodología SCRUM*

F: *Consumo de agua*

R: *Realidad que se desea transformar*

### 2.2. Población y muestra

La población para esta investigación fueron siete hectáreas de cultivo de maíz de una finca agrícola ubicada en la localidad de Chapén. Como muestra se tomó en cuenta que se disponía de cuatro hectáreas para realizar la implementación del sistema, siendo esta una muestra no probabilística.

### 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

#### Recolección de datos

**Técnicas:** Para la obtención de los indicadores volumen de agua utilizada y volumen de agua requerida, que pertenecen a ambas dimensiones, se usó la técnica de entrevista.

**Instrumentos:** De acuerdo con las técnicas aplicadas, los instrumentos utilizados para los indicadores volumen de agua utilizada y volumen de agua requerida fueron hoja de entrevista para ambos indicadores.

### 2.4. Procedimiento

Para elegir los instrumentos, lo primero que se hizo, fue un análisis de los datos requeridos para poder elaborar un diagnóstico sobre los datos recaudados del consumo de agua que se utilizó para regar las hectáreas de cultivo de maíz durante el mes de enero hasta finales del mes de marzo del año 2021 Para acceder a estos datos se conversó con el dueño de la finca quien concedió el permiso para poder realizar la toma de datos que se hizo durante el mes de agosto.

Tomando en cuenta los datos que se necesitaba obtener y la técnica que se usó para dicha recolección, se buscó en investigaciones similares para hallar instrumentos que nos permitieran recolectar los datos que se necesitaban, se encontró un trabajo del cual se extrajo y adaptó el instrumento, una hoja de entrevista. Para los instrumentos de recolección de datos se consideró:

- Para hacer un diagnóstico de las dimensiones “Disponibilidad del recurso hídrico” y “Demanda insatisfecha”, se consideraron doce preguntas de respuesta de opción múltiple (**Anexo 3**). Las preguntas 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9 y 12 permiten conocer la “Disponibilidad del recurso hídrico” que requieren las hectáreas de cultivo de maíz y las preguntas 5, 7, 10 y 11 responden a cuál es la demanda insatisfecha de agua que se utiliza para el riego.

Una vez obtenidos los instrumentos, se continuó con esta investigación propositiva, de acuerdo con las siguientes fases:

- **Fase de diagnóstico:** Se procedió a hacer un diagnóstico del consumo de agua para cada hectárea de cultivo de maíz desde el primer día de enero hasta finales del mes de marzo del año 2021, a través de hojas de entrevista previamente elegidas, se realizaron encuestas para cada una de las hectáreas de la finca con el fin de conocer el estado actual del consumo de agua necesario para cada una de ellas.

Se comenzó realizando un diagnóstico de las dimensiones “Disponibilidad del recurso hídrico” y “Demanda insatisfecha”, para las cuales se obtuvo como indicadores “Volumen de agua utilizada” y “Volumen de agua requerida”. Estos indicadores se obtuvieron de una investigación previamente realizada. Luego de esto se analizaron las respuestas obtenidas a través de la encuesta, de las cuales se determinó que los trabajadores de la finca realizan un riego no controlado, esperando a que



el terreno se humedezca por completo. Esto a comparación de un sistema de goteo que deja caer el agua directamente sobre la planta supone un gasto mucho mayor del recurso hídrico.

- **Fase de conceptualización:** Luego de la fase de diseño se continuó con la metodología SCRUM para hallar los aspectos teóricos usados para realizar el presente trabajo. Esto se realizó después de una revisión a la documentación oficial y los antecedentes donde se pudo observar que aplicaron esta metodología para realizar sus investigaciones.

Al finalizar el análisis se seleccionaron aquellos aspectos teóricos que se pudo seguir para elaborar un diseño de sistema automatizado de riego para una finca agrícola. Luego se continuó con los subejos temáticos mencionados en el marco metodológico, cada uno de estos se analizó con el fin de decidir cuales debían ser considerados en la etapa de diseño de la propuesta.

- **Fase de diseño:** Como último paso, habiendo seleccionado los subejos temáticos de la metodología SCRUM y los datos que se obtuvo en la etapa de diagnóstico, se procedió a realizar un cronograma de las actividades (**Anexo 4**) que se realizó en las diferentes fases del desarrollo de la propuesta y junto con este se elaboró la ruta del proyecto (**Anexo 5**). Para finalizar se siguió el cronograma completando cada fase durante el tiempo previamente establecido.



## 2.5. Aspectos éticos

En el presente proyecto se realizó con la autorización del dueño de una finca agrícola, quien concedió el uso de los datos proporcionados sobre sus terrenos de cultivo con fines exclusivamente investigativos. Asimismo, los participantes del estudio se comprometieron a no divulgar la información proporcionada.

De la misma forma, cualquier información obtenida de una entidad pública, ya sea de forma directa o a través de terceros, tendrá una finalidad netamente investigativa.

Finalmente, cabe mencionar que los resultados obtenidos del presente estudio no afectarán de forma negativa a ninguno de los involucrados.

### **CAPÍTULO III. RESULTADOS**

A continuación, se exponen e interpretan los resultados obtenidos que pertenecen al diseño de un sistema de riego automatizado para el consumo de agua, haciendo uso de la Metodología SCRUM, en una finca de Chepén durante el 2021. Para la recolección de datos se hizo uso de encuestas con la finalidad de identificar la problemática existente.

#### **Fase de diagnóstico**

**Tabla 1:** *Resultados de la dimensión Disponibilidad del recurso hídrico*

<b>N° Pregunta</b>	<b>Nunca</b>	<b>A veces</b>	<b>Siempre</b>
1. ¿Dispone usted de la suficiente cantidad de agua de riego para su parcela de cultivo de maíz?		4	
2. ¿Tiene agua de riego para su parcela de cultivo de maíz?		4	
3. ¿Tiene problemas con el transporte del agua hasta su parcela?	2	2	
4. ¿Tienen reservorios de agua para su parcela de cultivo de maíz?	4		
6. ¿Con frecuencia usted riega su hectárea de cultivo?			4
8. ¿Tiene problemas con el actual sistema de riego que utiliza?	2	2	
9. ¿Trae agua en baldes para regar sus hectáreas o parcelas?	4		
12. ¿Tiene inconvenientes con la cantidad de agua que actualmente disponen, lo cual origina riñas y/o conflictos con los pobladores de la zona?	4		

Nota: En la tabla se pueden apreciar de forma resumida las respuestas de las preguntas correspondientes a la dimensión Disponibilidad del recurso hídrico mostradas de la encuesta realizada para las 4 hectáreas de la finca.

Como se puede observar en la tabla se recolectó información de cada hectárea analizada en la etapa de diagnóstico, que se evidencian en la dimensión “Disponibilidad del recurso hídrico”.

Según los resultados mostrados, los agricultores de la finca expresaron que la cantidad de agua de la que disponen para realizar el riego de las 4 hectáreas de cultivo no es suficiente para satisfacer las necesidades de este (Pregunta 1), asimismo al no tener suficiente cantidad hubo ocasiones donde no se contó con el recurso (Pregunta 2).

También, se comunicó que 1 de las 4 hectáreas tiene problemas para poder transportar el agua, esto debido a la gran distancia que existe hasta la fuente de agua (Pregunta 3), de igual manera esto también afectó al pequeño sistema de riego que poseen, ya que la bomba que lo alimenta tiene que realizar un mayor esfuerzo para llevar el agua hasta esa hectárea (Pregunta 8), esto a su vez evita que los agricultores tengan que cargar el agua hasta las hectáreas (Pregunta 9).

Además, se reportó que no disponían de ningún reservorio en el cual almacenar el agua, puesto que su sistema de riego actual extrae el agua directamente de la fuente (Pregunta 4), esto supuso un problema ya que el riego del cultivo se realizaba siempre (Pregunta 6).

Por último, los agricultores expresaron que no tienen problemas con los otros agricultores de la zona al momento de conseguir el agua que necesitan (Pregunta 12).

Basándose en lo anterior, se evidenció que existe una deficiencia en la disponibilidad de agua para realizar el riego de sus hectáreas de cultivo en la finca, durante el 2021.

**Tabla 2:** Resultados de la dimensión Demanda insatisfecha

N° Pregunta	Nunca	A veces	Siempre
5. ¿Alguien se encarga en su localidad, de regular el agua de riego en las áreas de cultivo de maíz?			4
7. ¿Utiliza un sistema de riego tecnificado usted?			4
10. ¿Llegó a la ciudad autoridades gubernamentales para impulsar el desarrollo tecnológico para un riego tecnificado?	4		

11. ¿Hubo momentos que tuvo que pagar cantidades exorbitantes por el riego de su hectárea?

4

Nota: En la tabla se pueden apreciar de forma resumida las respuestas de las preguntas correspondientes a la dimensión Demanda insatisfecha mostradas de la encuesta realizada para las 4 hectáreas de la finca.

Como se puede observar en la tabla se recolectó información de cada hectárea analizada en la etapa de diagnóstico, que se evidencian en la dimensión “Demanda insatisfecha”.

De acuerdo con los resultados expuestos, los agricultores comunicaron que existen autoridades encargadas de realizar un control sobre el agua para la agricultura (Pregunta 5), más aún estas no han llevado a cabo ninguna acción para impulsar el desarrollo tecnológico del sector agrario (Pregunta 10).

También, se indicó que en la finca cuentan con un sistema de riego tecnificado para reducir un poco el consumo de agua (Pregunta 7), esto debido a que para conseguir una fuente de agua deben realizar excavaciones lo cual se debe realizar constantemente generando un costo muy alto (Pregunta 11).

A partir de lo analizado anteriormente, se comprobó que la demanda de agua es insatisfecha debido a su fuente de agua limitada y tuvieron que recurrir a un sistema de riego básico para prolongar la duración de esta fuente antes de buscar otra.

### Fase de conceptualización

Ejes Temáticos	Subejos Temáticos	Descripción
Roles	Product Owner	Este es el dueño del producto.
	Scrum Master	Es aquel que se encarga de que el equipo siga las prácticas y los lineamientos del proyecto SCRUM.
	Scrum Team	Es el equipo que desempeña el trabajo.
Eventos	Sprint	Es el nombre que recibe los ciclos o iteraciones que se realizan en proyecto.
	Sprint Planning	Es una reunión donde se planifica que tareas se realizarán en el Sprint.

	Sprint Review	Es una reunión que se lleva a cabo para analizar el Incremento y modificar la Lista de Producto.
Artefactos	Product Backlog	Es una lista ordenada de todo lo que podría ser necesario en el producto.
	Sprint Backlog	Es una lista con aquellas tareas de la Lista de Producto realizado en cada sprint.
	Incremento	El Incremento es la suma de todos los elementos de la Lista de Producto completados durante un Sprint.

**Figura 14:** Descripción de los ejes y subejos temáticos

**Fuente:** Elaboración propia

**Nota:** En la figura se puede apreciar los ejes temáticos que se han seleccionado de la metodología SCRUM para aplicarlos al proyecto, así como también los elementos más importantes de cada uno de estos y una breve descripción de su función dentro de esta metodología.

En la figura se exponen los aspectos teóricos de SCRUM considerados para realizar la propuesta de diseño de un sistema de riego automatizado en cultivos de maíz. Como se aprecia en la figura, se consideraron los subejos temáticos Product Owner, Scrum master y Scrum Team del eje Roles, debido a que es una forma adecuada de asignar una responsabilidad como lo es el Scrum Master el cual es capaz de trabajar con el equipo y siendo capaz de colocarse al servicio de éste tanto como incentivar y motivar al Scrum Team hasta resolver conflictos que ocurran el progreso del proyecto, de igual modo el Product Owner es importante ya que tiende a canalizar las necesidades del negocio y revisar el producto e ir adaptándolo de funcionalidades, analizando mejoras que esta se puedan otorgar al producto, dicho rol es necesario para conocer el negocio, hace un análisis de costo y beneficio, y facilitar la comunicación en las relaciones interpersonales. Y por último el Scrum Team quien tuvo la responsabilidad de la entrega potencial del software que controlará a los microcontroladores del sistema de riego.

También se consideraron los subejos Sprint, Sprint Planing y Sprint Review del eje Eventos, ya que este proyecto requerirá cambios en el transcurso de su desarrollo y esta metodología se adapta a proyectos de esas características. Uno de los mayores

beneficios de Sprint Planning es la visión que tiene el equipo de proyecto con el objetivo de realizar dicha solución el cual se basa en un producto que se elabora con la mejor solución entregable en el mínimo tiempo y esfuerzo, dicho proceso nos permitió elaborar una táctica que nos facilitó organizar las responsabilidades entre los integrantes de este proyecto. El Sprint nos permitió llevar un control en el tiempo de desarrollo al dividir las tareas que el equipo del proyecto definió, al igual que el Sprint Review, el cual es organizado por el Product Owner, nos otorgó una reunión para brindar transparencia tanto al equipo como al cliente que es necesario con la presencia del Equipo Scrum.

Finalmente se tomaron en cuenta los subejos Product Backlog, Sprint Backlog e Incremento del eje Artefactos. Si tomamos la importancia del Product Backlog en el proyecto podemos decir que este evoluciona a medida que el producto o el entorno también lo hacen, ya que, al ser dinámico, este tuvo cambios constantes para identificar qué necesitaba el producto para ser adecuado. También tenemos al Sprint Backlog el cual es un conjunto de ítems requeridos para el cliente de la funcionalidad del software que se realizaron para cada Sprint y por último está el Incremento que son el conjunto de ítems del Sprint Backlog que ya desarrolló el Scrum Team. Dichos subejos aplicados al proyecto proporcionaron la posibilidad de tener cambios por ejemplo el área de la finca o reubicación del pozo del subsuelo para el recurso hídrico con el cual se riega los cultivos.

### **Fase de diseño de la propuesta**

Se empezó hablando con el dueño de la finca para elaborar una lista de requerimientos necesarios para el sistema de riego (**Anexo 6**); de esta lista se pudo elaborar las historias de usuario con sus respectivos criterios de aceptación (**Anexo 7 y 8**), también se realizó

una investigación de trabajos similares para obtener una mejor noción de las necesidades del sistema.

A partir de este punto, se elaboró un Sprint Backlog para cada Sprint (**Anexo 11, 12, 13 y 14**) que permitió llevar el control de las actividades programadas para el desarrollo del proyecto.

Después se procedió a realizar una investigación para determinar el agua requerida para un cultivo de maíz en la finca, para ello se buscó un especialista en el área de agricultura. Dicho especialista proporcionó un programa diseñado específicamente por la FAO llamado “Cropwat 8.0” para el cálculo de la Evapotranspiración (ET<sub>o</sub>), que se define como la pérdida de agua del suelo mediante evaporación y la pérdida de agua a través de la transpiración de la planta; y una hoja de cálculo en Excel donde a través del ET<sub>o</sub>, el Coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) mensual, y datos climáticos permitió obtener como resultado la demanda de agua para el cultivo de maíz.

Para usar el programa Cropwat se buscaron los datos meteorológicos de la estación meteorológica más cercana que fue Talla (Guadalupe), de la cual se sacaron datos de los años 2017-2018 (**Anexo 9**). Mediante el uso del programa Cropwat y la hoja de cálculo proporcionada por el especialista se determinó la cantidad de agua óptima para el riego de los cultivos de maíz durante los meses de enero a marzo (**Anexo 10**).

Luego se elaboró un diagrama de caso de uso (**Anexo 15**) donde se puede observar las acciones que realizaría el sistema. Así mismo se procedió a realizar una especificación del caso de uso (**Anexo 16, 17, 18 y 19**) y su respectivo diagrama (**Anexo 20, 21, 22 y 23**), los cuales permitieron tener una guía para la elaboración del diseño final.

Después, se empezó con el diseño del circuito para el sistema en el programa Proteus, se realizaron algunas búsquedas de librerías necesarias para la realización del diseño. El



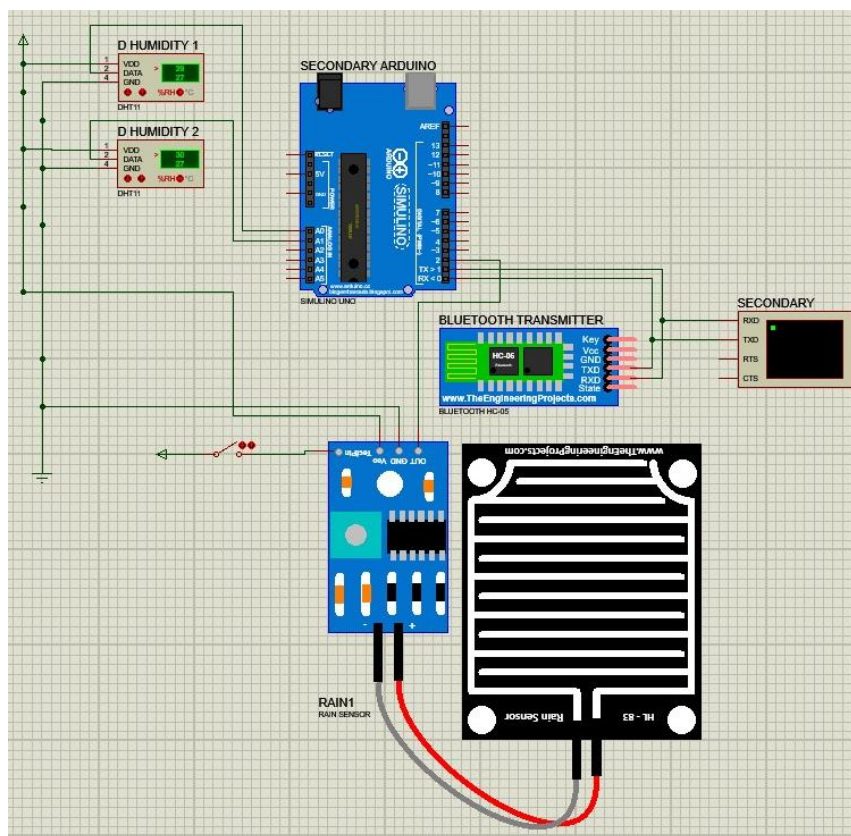
diseño sufrió cambios menores a lo largo de esta fase y se obtuvo como resultado final

lo siguiente:

### Módulo secundario

Para cubrir cada hectárea de cultivo de maíz se planteó dividir está en 4 sectores, cada uno controlado por un módulo que se encarga de recolectar los datos de lluvia y humedad de suelo. Una vez recolectado envía una cadena de dato al módulo principal mediante un módulo de bluetooth para solicitar el riego en el sector que le corresponde.

A continuación, el circuito final:



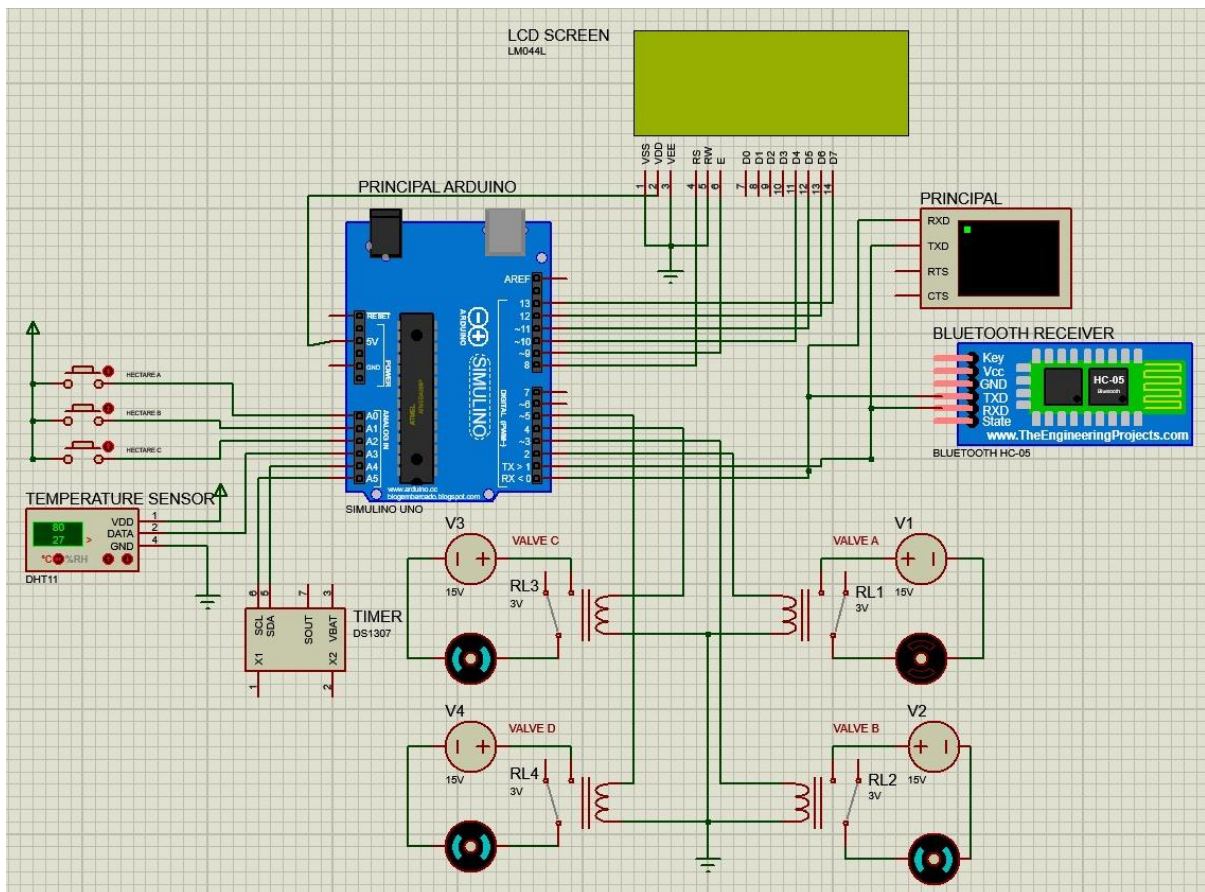
**Figura 15:** Diseño del módulo secundario

**Fuente:** Elaboración propia

**Nota:** En la figura se puede observar el circuito que corresponde al módulo secundario de un sector, este se compone de un sensor de lluvia, uno de temperatura, cuatro sensores de humedad y un módulo bluetooth; todos estos conectados al microcontrolador Arduino.

## Módulo principal

A continuación, se aprecia el diseño realizado para el módulo principal del circuito el cual se encarga de recibir las cadenas de datos de los otros módulos secundarios repartidos en la hectárea de cultivo haciendo uso del módulo de bluetooth. Este Arduino UNO controla la salida del agua a través de válvulas solenoides, además muestra en una pantalla aquellos sectores del terreno que están siendo regados en el momento. El diseño del circuito se muestra en la siguiente imagen:



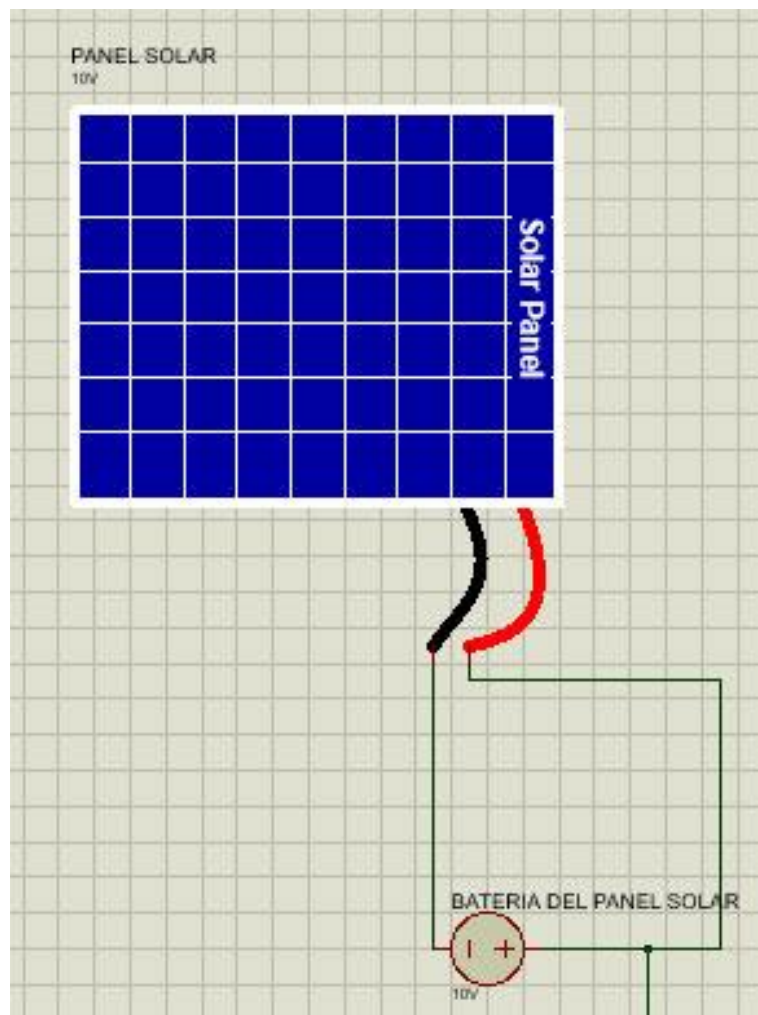
**Figura 16:** Diseño del módulo principal

**Fuente:** Elaboración propia

**Nota:** En la figura se observa el módulo principal del circuito, este cuenta con un módulo bluetooth, una pantalla LCD, un módulo DS1307 y 6 relay para control de la apertura de las válvulas solenoides.

### Módulo de energía sostenible

Para el abastecimiento energético del sistema se planteó una batería cargada mediante energía solar que darán abasto a todo el sistema.



**Figura 17:** Diseño del módulo de energía  
**Fuente:** Elaboración propia

Una vez realizado el diseño del circuito se procedió a hacer una representación gráfica del terreno donde se aplicaría el sistema, seguidamente se incorporó el circuito

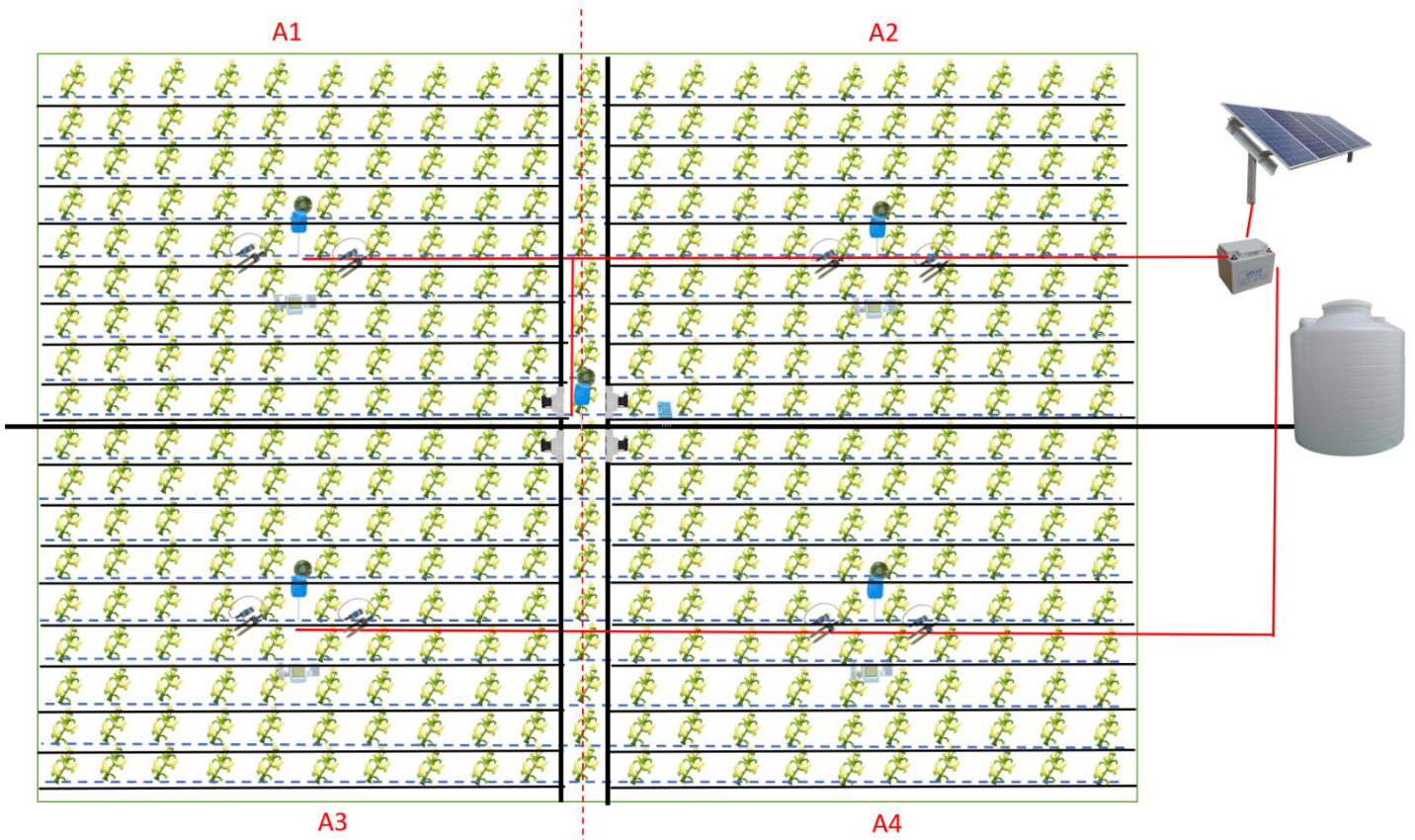
previamente realizado para determinar donde quedaría cada elemento al momento de la implantación. Para realizar el diseño se tomó una hectárea de una finca agrícola ubicada a un kilómetro del Centro poblado Kawashi, ubicado en el distrito de Pacanga. En la siguiente imagen se muestra el área correspondiente a la finca en color amarillo y en color verde la hectárea que se seleccionó para implementar el diseño.

Sobre la hectárea seleccionada se realizó un bosquejo para visualizar el despliegue del sistema en la realidad, este bosquejo se muestra a continuación:



**Figura 18:** Área correspondiente a la finca agrícola

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 19:** Diseño de implantación del sistema

**Fuente:** Elaboración propia

**Nota:** En la figura se muestra cómo se realizaría la implantación del sistema en una hectárea.

Finalmente, una vez realizado el diseño se continuó con el desarrollo del código, en el programa Arduino IDE, que permite el funcionamiento del sistema de riego. Para el código se tuvo en cuenta los datos obtenidos mediante la hoja de cálculo de Excel, de esta forma se programó al sistema para que este administre la cantidad de agua óptima para el maíz durante toda su etapa de crecimiento.

Para el módulo secundario se declaró las conexiones a los sensores que toman datos del sector del terreno destinado (**Anexo 24**). Por otro lado, en la sección del loop se realizó una lógica donde el Arduino recolecta los datos a través de los sensores de humedad y lluvia y según los valores procede a generar una cadena de datos que enviará al Arduino principal para que este pueda conocer el estado del sector correspondiente (**Anexo 25**). El envío de esta cadena permite al Arduino principal mostrar información resumida de los 4 sectores que se están gestionando.

Luego se desarrolló el código para el Arduino principal; para ello se inició declarando todas las librerías, variables y funciones que serán necesarias para el funcionamiento del sistema (**Anexo 26, 27 y 28**).

Después se estableció en el “loop” el orden de las funciones que se usarán para el funcionamiento del sistema de riego, así como también la visualización del estado del cultivo (**Anexo 29**).

Para recibir la información enviada por los sectores secundarios a través de bluetooth se definió una función que se encarga de leer y guardar la cadena recibida; además esta misma función realiza la apertura de las válvulas para el riego cuando este fue solicitado, registrando la hora en que se dio inicio (**Anexo 30 y 31**). Por otro lado, con la finalidad de ejecutar una simulación se implementó una función extra que se activa de forma manual para simular que los sectores enviaron una cadena de información (**Anexo 41**).

Con la finalidad de mostrar la información de los sectores y el estado del sistema se implementaron 3 funciones que permiten mostrar en pantalla diferentes datos del sistema. En el primer panel se encuentra el estado del sistema, los sectores que se están regando y la fecha y hora actuales (**Anexo 33**); en el segundo panel se pueden ver las variables de humedad, temperatura, lluvia y cantidad de agua (**Anexo 34**); y finalmente

en el tercer panel se puede comprobar si existe algún sector que tenga el porcentaje de humedad por debajo de los valores establecidos (**Anexo 35**). Adicionalmente se creó una función que alterna los 3 paneles que se muestran en el LCD (**Anexo 32**).

Para poder mostrar la hora y fecha actuales en el primer panel, se estableció una función que obtiene estos datos a través de un módulo RTC y le da el formato “dd/mm/aaaa HH:mm:ss” (**Anexo 36**).

Seguimos con el cálculo de la humedad promedio de los sectores. Para ello se creó una función que se encarga de leer las cadenas guardadas previamente y convertir los caracteres en cifras que posteriormente se promediarán para obtener el valor de la humedad promedio. Adicionalmente la función comprobará el porcentaje de humedad de cada sector y abrirá la válvula correspondiente en caso dicho porcentaje sea menor a 70% (**Anexo 37**).

Para el caso de la lluvia, se tiene una función que lee las cadenas ya guardadas para determinar si se detectó lluvia en alguno de los sectores; y en caso se cumpla la condición realizará el cierre de las válvulas de todos los sectores con el fin de aprovechar las condiciones ambientales (**Anexo 38**).

Finalmente, existe una función que permite cambiar al siguiente mes de riego, que permitirá adecuar la cantidad de agua suministrada al cultivo según su etapa de crecimiento (**Anexo 39**). Además de una función que verificará si el tiempo de riego se ha cumplido, con el fin de cerrar el suministro de agua (**Anexo 40**).

Para comprobar que el código elaborado fue correcto y capaz de funcionar en un circuito real se procedió a agregar el código dentro del programa Proteus, mismo donde se elaboró el diseño del circuito. Una vez importado el código al programa se procedió a elaborar casos de pruebas que luego se probaron en la simulación.

A continuación, se muestra una guía para identificar que significa cada carácter en la cadena enviada por el Arduino secundario.

Cadena de ejemplo: ARS32	
1° Caracter de la cadena	A: Nombre del sector
2° Caracter de la cadena	R: Regar N: No regar
3° Caracter de la cadena	L: Lluvia S: Sin lluvia
4° y 5° Caracter de la cadena	Porcentaje de humedad del sector

**Figura 20:** Código del módulo principal 14

**Fuente:** Elaboración propia

**Nota:** En el código se aprecia la función que actualizará el número de mes en que se encuentra el cultivo.

### Caso de prueba 1

Para este caso se planteó la situación donde el sector D envió una cadena con la petición de riego, para ello se elaboró la siguiente tabla:

**Tabla 3:** Datos de Caso de Prueba 1

SECTOR	ARDUINO SECUNDARIO		ARDUINO PRINCIPAL	
	Humedad promedio	Lluvia	Cadena enviada	Cadena anterior registrada
D	67%	Sin lluvia	DRS67	DNS90

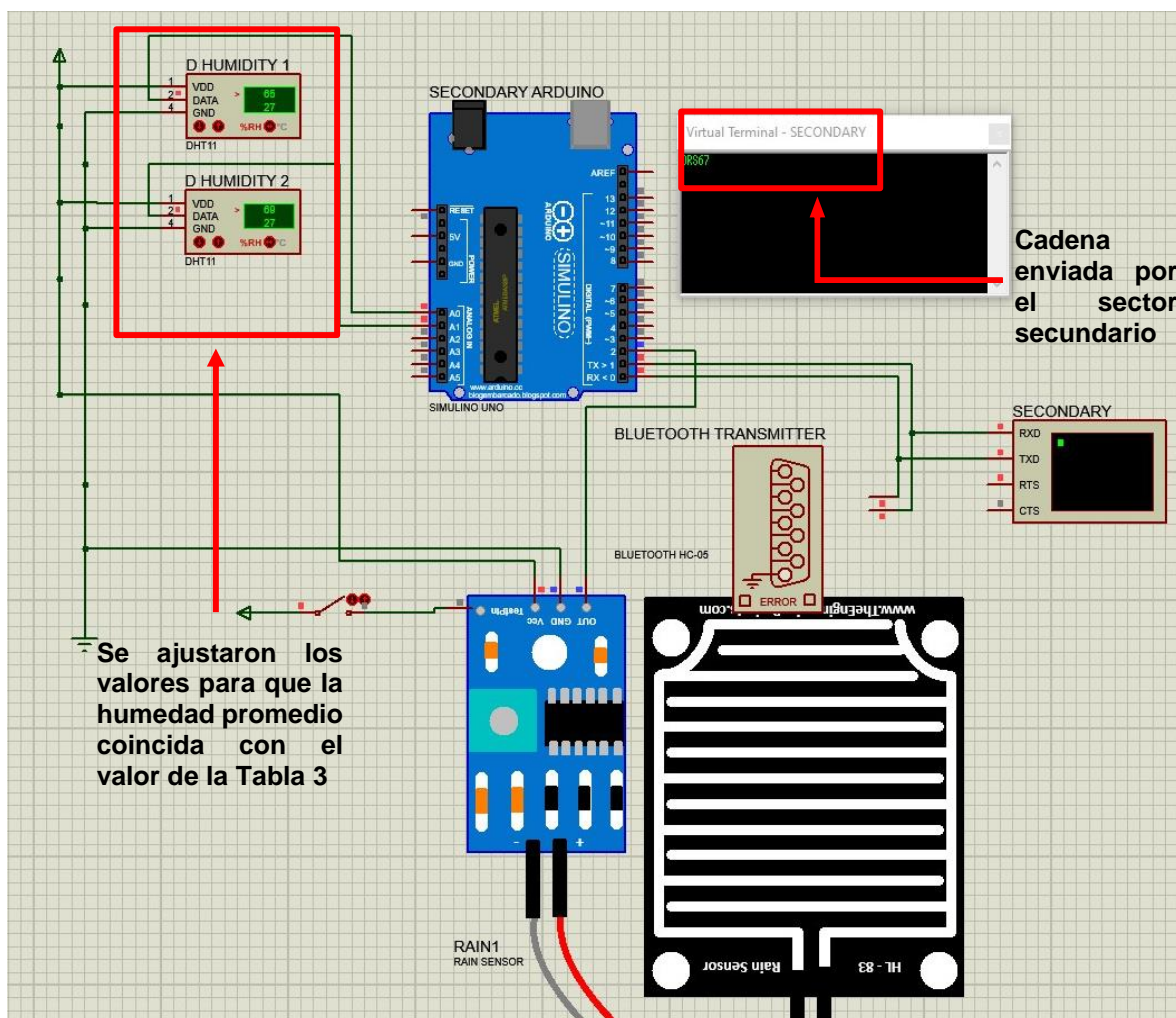
A partir de la Tabla 3 se puede determinar que el Arduino principal abrirá la válvula de agua del sector D ya que la humedad es baja y se solicitó riego, mientras que las válvulas de agua de los sectores A, B y C se mantendrán cerradas, hasta recibir una petición de riego.

Una vez elaborada la tabla y el resultado esperado, se procedió a ingresar los datos correspondientes en cada sensor y empezar la simulación. Una vez iniciada la simulación se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación.



Nota: Debido a las limitaciones de la simulación algunos sectores no cuentan con el módulo bluetooth, en su lugar se colocó un led para indicar que estos realizaron la solicitud de riego y para ingresar la solicitud en el módulo principal se agregó un botón para cada sector.

### Sector D



**Figura 21:** Sector D - Prueba 1

**Fuente:** Elaboración propia

El módulo principal recibe la cadena del sector D a través del módulo bluetooth y se analiza si se solicitó riego. Luego procede a abrir la válvula correspondiente al sector D y a la vez muestra el estado del sistema en la pantalla LCD.

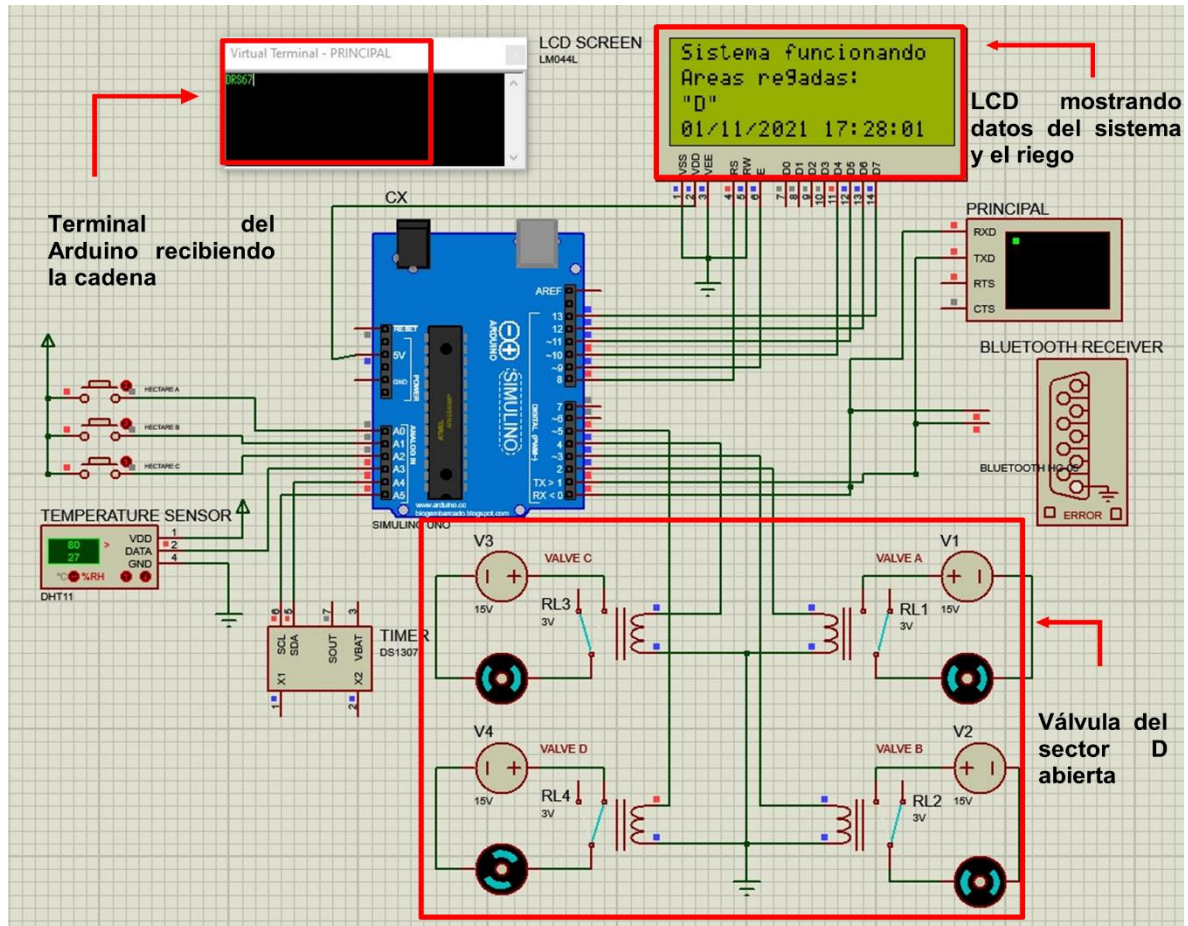


Figura 22: Módulo principal – Prueba 1

Fuente: Elaboración propia

**Nota:** Se puede observar el módulo principal funcionando en el programa Proteus haciendo uso del código previamente elaborado en Arduino IDE. Mostrando además un mensaje en pantalla con el estado del sistema y los sectores que se estarían regando en ese momento mencionados previamente en el caso de prueba.

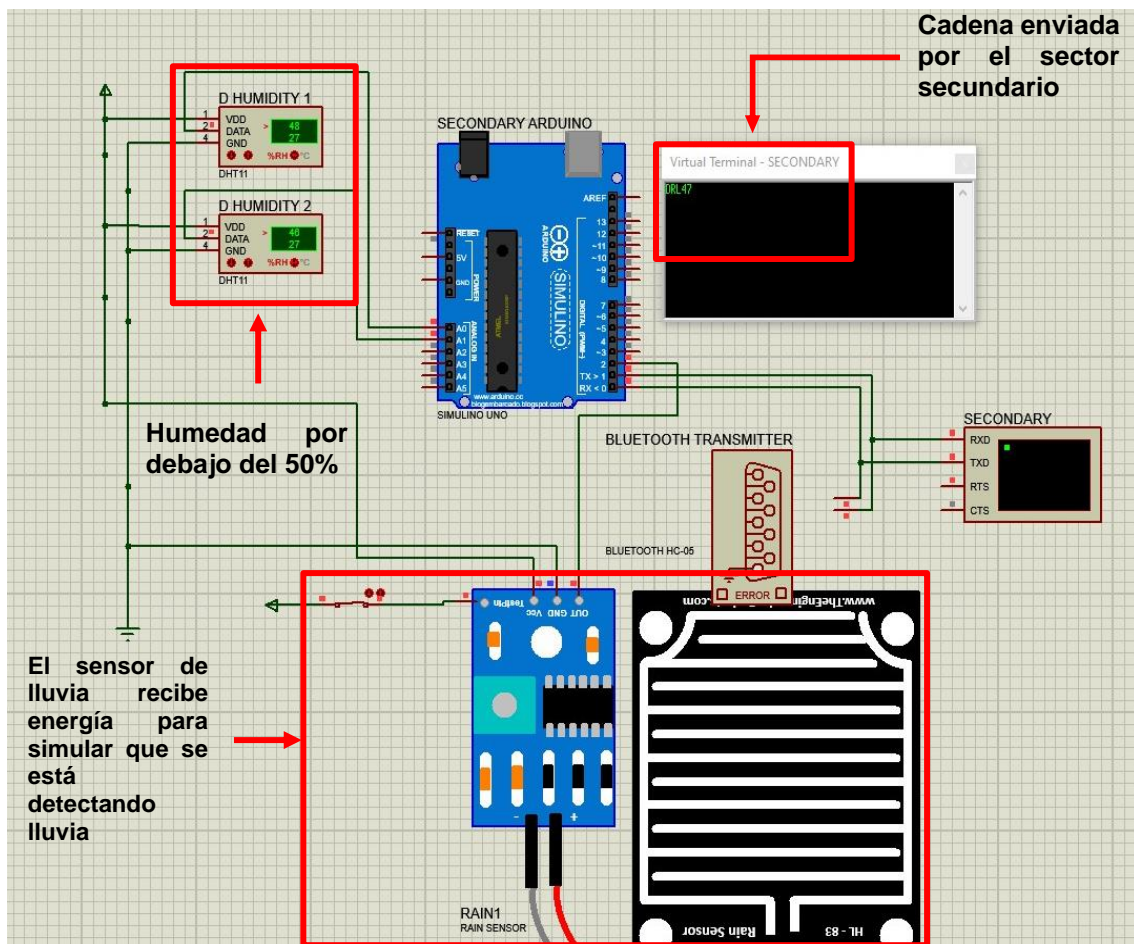
### Caso de prueba 2

Para este caso se planteó la situación donde haya lluvia y ninguno de los sectores solicite riego, para ello se elaboró la siguiente tabla:

**Tabla 4:** Datos de Caso de Prueba 2

ARDUINO SECUNDARIO			ARDUINO PRINCIPAL
SECTOR	Humedad promedio	Lluvia	Cadena anterior registrada
D	47%	Con lluvia	DRS67

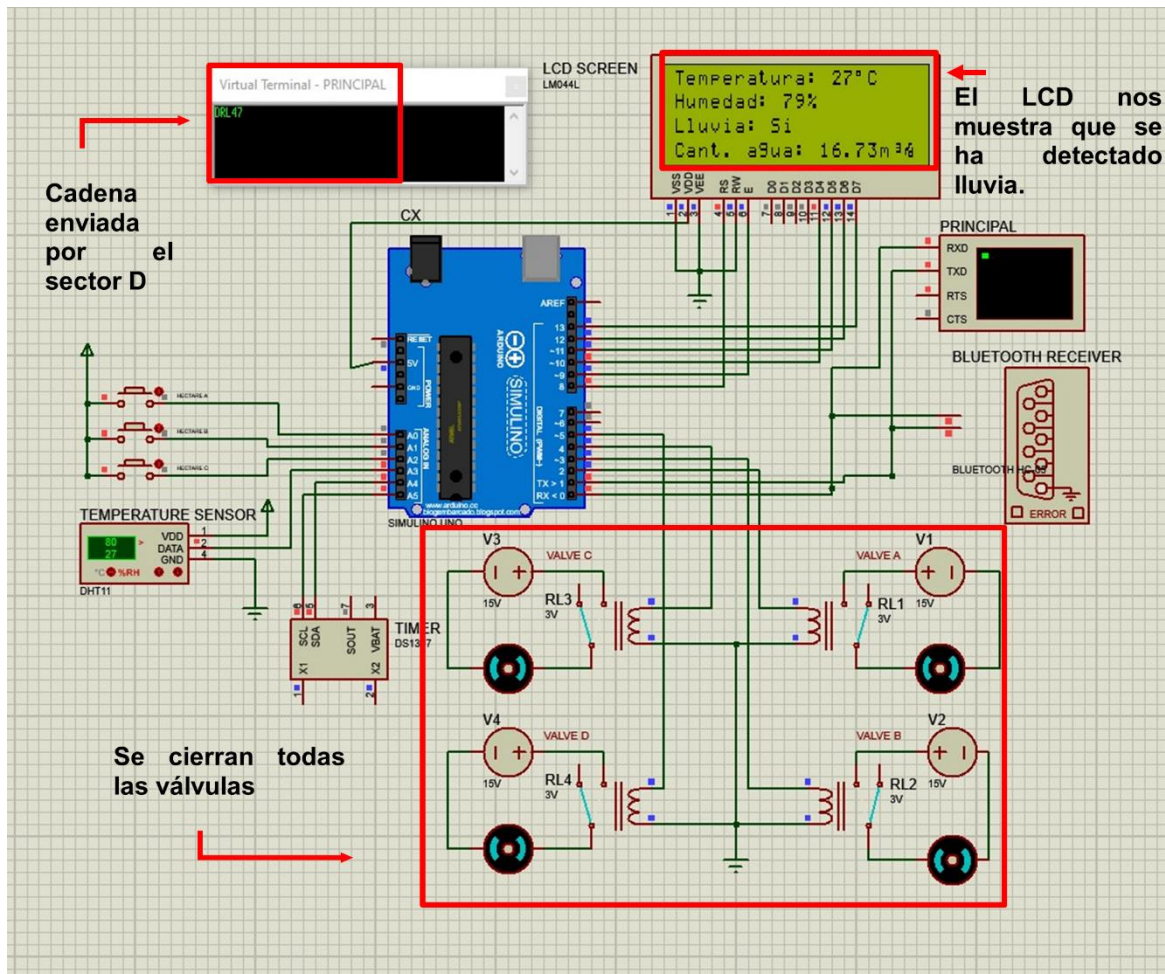
A partir de la Tabla 4 se puede determinar que el módulo secundario detectó lluvia por lo que debe cerrar la válvula de todos los sectores que se estén regando, con el fin de permitir que el cultivo sea regado por la propia lluvia.



**Figura 23:** Sector D - Prueba 1

**Fuente:** Elaboración propia

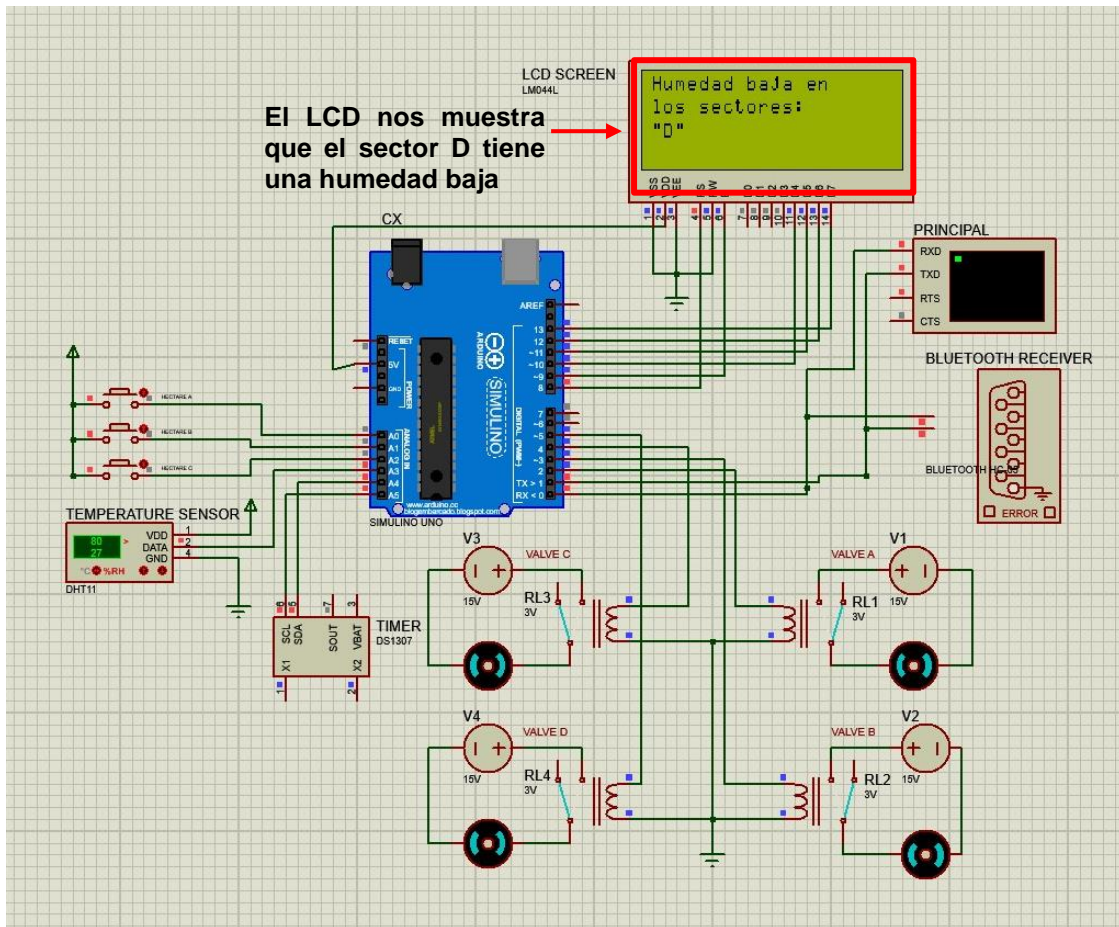
Como resultado de la prueba 2 se puede observar como en el módulo principal cerró todas válvulas de los sectores al detectar lluvia, que se muestra en el LCD junto con otros valores guardados, y a su vez muestra en otra vista de la pantalla que hay problemas en el sector D.



**Figura 24:** Módulo principal – Prueba 2-1

**Fuente:** Elaboración propia

**Nota:** Se puede observar el módulo principal mostrando las variables de temperatura, humedad, lluvia y cantidad de agua suministrada.



**Figura 25:** Módulo principal – Prueba 2-2

**Fuente:** Elaboración propia

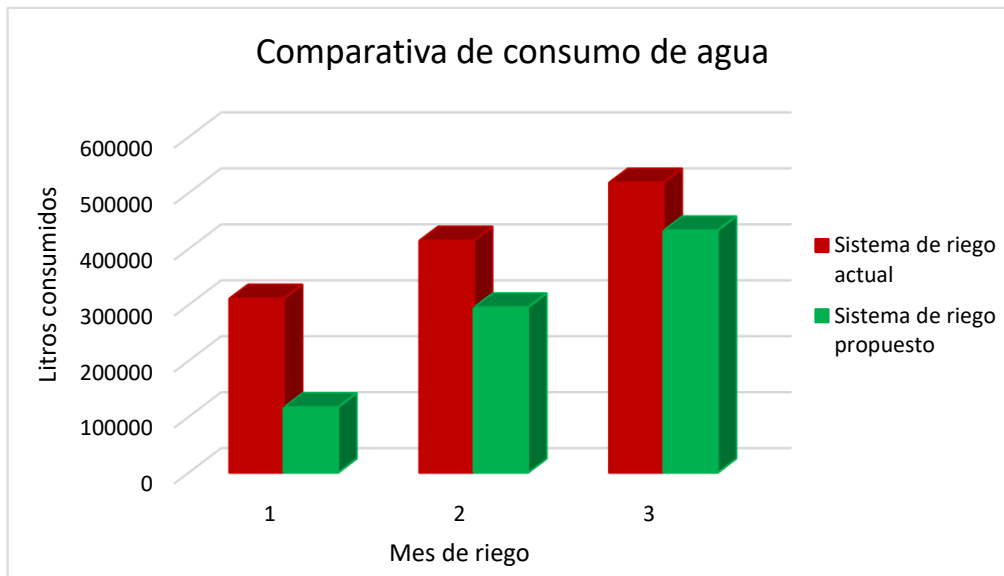
**Nota:** Se puede observar el módulo principal mostrando los sectores que tienen un porcentaje de humedad por debajo del 50%

Finalmente, para visualizar la eficiencia que tendría el sistema se elaboró una tabla donde se muestra la cantidad de litros que consume el sistema de riego actual que manejan en la finca y el sistema de riego propuesto.

**Tabla 5:** Cantidad de agua consumida por cada sistema

	Litros consumidos		
	Mes 1	Mes 2	Mes 3
<b>Sistema de riego actual</b>	311040 L	414720 L	518400 L
<b>Sistema de riego propuesto</b>	117110 L	295540 L	433090 L

A partir de la tabla se elaboró un gráfico que permite visualizar mejor la diferencia del consumo de agua entre ambos sistemas.



**Gráfico 1:** Comparación de cantidad de agua consumida por cada sistema

Como último punto se recalca que para hacer los cálculos de las cantidades de agua consumida por el sistema de riego actual se tomó en cuenta la información del cronograma de riego que siguen los agricultores y para el sistema de riego propuesto se realizó un cálculo aproximado teniendo en cuenta la lógica programa.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

De la tabla 1, se puede observar la situación del consumo de agua en cultivos de maíz en una finca agrícola en Chepén en el año 2021. Con base en un análisis realizado sobre el sistema de riego usado, se determinó que este consume una cantidad de agua excesiva debido a la falta de control de su método de riego, lo que concuerda con el problema de la investigación de Fuentes (2011), titulada “Estrategia productiva y económica de agricultores de pequeña escala de acuerdo al sistema de riego utilizado: El caso de Honduras”, donde se implementaron unas encuestas para un cierto número hectáreas a pequeñas escalas a partir del sistema de riego empleado, a través de las cuales se analizaron la productividad y la economía, que se vieron afectadas directamente por el consumo de agua que varió de acuerdo al sistema implementado. Si bien es cierto que dichos sistemas de riego como el de goteo eran mucho más costosos al final, estos daban una mayor ganancia neta al tener un mejor control del recurso hídrico permitiendo obtener un mejor rendimiento y generando mayores ingresos económicos. También se observó que los agricultores entrevistados, dependían de cada uno de sus sistemas de acuerdo con su nivel tecnológico para una mejor gestión del recurso hídrico.

También en la investigación de Sifuentes et. al. (2013), titulada “Riego por goteo en el cultivo de maíz manejado con TIC’S en Sinaloa: sustentabilidad y rentabilidad”, donde se analizó un problema ya definido por investigaciones anteriores, y se realizó una

simulación con el programa IrriModel 2.0 para generar un plan de riego teniendo en cuenta datos históricos del clima, con el fin de dar solución al problema. Por el contrario, para realizar la presente investigación, se partió de un problema aún no definido, para ello se realizaron entrevistas a los trabajadores del lugar, de manera que se identificó el problema y a partir de este se propuso una posible solución, un sistema de riego automatizado que toma decisiones en cuanto al riego basándose en los datos ambientales que recolecta continuamente.

En la figura 12, se observan los ejes y subejos temáticos de la metodología SCRUM que se tomaron en cuenta para elaborar el diseño de un sistema de riego automatizado. Esto coincide con la investigación de Cañón y Cifuentes (2018), titulada “Prototipo de un sistema automatizado de riego para jardines” en la que crearon un sistema de riego automatizado permitiendo aplicar buenas prácticas para trabajar conjuntamente, obteniendo el mejor resultado posible dando así entregas parciales y regulares en la entrega de productos priorizando el beneficio que este aporta al proyecto, también se realizaron historias de usuario para especificar los requerimientos que debían cumplirse en el sistema. Sin embargo, para esta investigación no se realizaron, puesto que no se consideraron necesarias para el desarrollo del proyecto, debido a que eran pocos requerimientos y no suponían una gran complejidad para ser implementados. Aun así, esto no supuso un problema en la elaboración de la propuesta, lo cual se puede comprobar en los resultados obtenidos.

Resultados similares también fueron observados en la investigación de Salinas (2018) titulada “Diseño de un prototipo de sistema automatizado con Arduino para riego en el



cultivo de fresas”, en la que se aplicó una combinación de las metodologías SCRUM y XP para realizar la gestión del proyecto, omitiendo el subeje temático de SCRUM, Sprint Review; no obstante, consiguiendo un resultado favorable. De esta forma podemos comprobar que SCRUM se puede adaptar a las necesidades de cada proyecto al obviar algunos de sus subejos temáticos.

Se muestra en la fase de diseño, las etapas completadas para culminar el diseño del sistema de riego automatizado. Esta propuesta coincide con la implementación mostrada en la investigación de Chiquito y Paguay (2020), titulada “Diseño de un prototipo de sistema de riego automatizado mediante una red de sensores que mida la humedad del suelo en los campos agrícolas y permita controlar el consumo de agua”, en donde se desarrolló un sistema capaz de recolectar los datos del cultivo a través de sensores y permite al usuario monitorear el sistema. Sin embargo, este trabajo solo comparte similitud con la toma de datos y el riego automático, ya que su sistema no solo capturó los datos, sino que también almacenó los datos y permite visualizarlos a través de reportes para que el agricultor pueda monitorear el estado de sus cultivos asegurándose de que todo este correcto. No obstante, para la presente investigación no se optó por almacenar estos datos debido al constante cambio de estos y el tipo de tecnología que se usó para la presente propuesta, microcontroladores Arduino, que no permite guardar una base de datos dentro del propio dispositivo, si no, que se requeriría una conexión con un dispositivo capaz de almacenar una base de datos y una conexión a un servicio de internet lo cual elevaría el costo del proyecto.

De igual manera, en la investigación de Gonzáles et. al. (2017), titulada “Sistema de riego automatizado constituido de elementos electrónicos, dispositivo móvil y la construcción de aspersor”, en donde se desarrolló un sistema de riego automatizado que permite monitorear la temperatura y humedad para un ahorro del recurso hídrico y reducción de costos. Sin embargo, se eligió Programación Extrema (XP) alentando a los desarrolladores a responder a los cambios de los requerimientos aún en sus fases tardías del su ciclo de desarrollo. A pesar de ello, la investigación guarda ciertas similitudes a la propuesta del presente trabajo. No obstante, esto solo se aprecia en el desarrollo de la comunicación de los datos, como el propio trabajo menciona se implementó un sistema que permitió enviar los datos por Bluetooth a un dispositivo móvil que tenía una aplicación desde la cual se podía controlar el tipo de riego, así como también su inicio y fin. De cualquier modo, esto suponía un problema ya que requería la intervención humana para empezar el proceso de riego, a diferencia de la presente propuesta, donde el sistema se encarga de realizar la actividad de riego de manera automatizada, con la finalidad de que el agricultor no tenga que intervenir en el proceso de riego.

A pesar de que, para la presente investigación sólo se diseñó una propuesta, a partir de los resultados ya mencionados podemos inferir el impacto de los sistemas de riego automatizados desarrollados con la metodología SCRUM, esto también puede apreciarse en los resultados obtenidos a través de las pruebas realizadas que se mostraron previamente.

## **4.2 Conclusiones**

Se puede concluir que fue posible poder analizar el consumo de agua en los cultivos de maíz en una finca agrícola en Chepén en el año 2021. A través de este análisis

se encontraron varias deficiencias que corresponden a las dimensiones “Disponibilidad del recurso hídrico” y “Demanda insatisfecha”, estas fueron una fuente de agua limitada y su excesivo consumo. Esto se dio debido al tipo de riego que manejan, el cual fue de un bajo nivel tecnológico y no llegó a alcanzar el nivel de eficiencia que se buscaba para evitar el derroche hídrico.

Se determinaron aquellos aspectos teóricos de la metodología SCRUM los cuales se pudieron conceptualizar para la propuesta de un diseño de un sistema de riego automatizado en una finca agrícola en Chepén en el año 2021. Estos aspectos pertenecen a los ejes temáticos “Roles”, “Eventos” y “Artefactos”, los cuales se tomaron en consideración debido a la problemática identificada en la fase de diagnóstico. No obstante, no se consideraron los “Daily Scrums”, perteneciente al eje temático “Eventos”, debido a la dificultad de los usuarios para reunirse.

Se realizó y propuso el diseño de un sistema de riego automatizado para una finca agrícola en Chepén en el año 2021. El desarrollo del proyecto tomó 3 meses y se acopló a los subejos temáticos tomados en cuenta de la metodología SCRUM, de forma que los tiempos, los avances y el equipo estuvieran mejor gestionados permitiendo así realizar la propuesta de una manera más ordenada. A partir de los casos de prueba expuestos, se comprobó que la propuesta elaborada es factible y una opción viable para gestionar el recurso hídrico en los cultivos de maíz en una finca agrícola.

### **4.3 Recomendaciones**

Para futuras investigaciones con temática similar al presente trabajo, recomendamos tener en cuenta los siguiente:

Realizar el diagnóstico considerando dimensiones que cuenten con indicadores que permitan conocer valores exactos del volumen de agua utilizado. De esta forma, se llevaría a cabo un mejor análisis y permitiría realizar un mejor contraste.

Realizar los “Daily SCRUM” con los integrantes de la investigación, de manera que todo el equipo este al tanto de la situación del proyecto, esto con el fin de saber las asignaciones que se llevaron a cabo y quiénes son sus responsables.

Reemplazar el módulo Bluetooth por uno de radio de largo alcance, ya que este permite comunicar a mayores distancia y cantidad de dispositivos. Esto también permitiría transmitir los datos de humedad, temperatura y lluvia, recolectados por los módulos secundarios, los cuales podrían ser mostrados en la pantalla LCD.

Incluir una opción para configurar en el sistema la campaña de cultivo en la que se encuentra permitiendo así que el riego se ajuste a las necesidades hídricas del cultivo de maíz evitando el problema del estrés hídrico.

Para la implementación del sistema, añadir una función que permita la aplicación de fertilizante en el cultivo por medio de un canal a través del cual se pasen los nutrientes. Esto permitiría acelerar el crecimiento de maíz, reduciendo su consumo de agua, de igual forma también aumentará la calidad de este dando así un mejor rendimiento.

## REFERENCIAS

- Aguilar Carpio, C., Escalante Estrada, J. A. S., & Aguilar Mariscal, I. (2015). Análisis de crecimiento y rendimiento de maíz en clima cálido en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno. *Terra latinoamericana*, 33(1), 51-62.
- Almanza Mazas, M. (2014). Diseño e implementación de una aplicación móvil para monitoreo de un socket autoajustable (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México).
- Alvarez, A., Morábito, J. y Schilardi, C. (2016). Huellas hídricas verde y azul del cultivo de maíz (*Zea mays*) en provincias del centro y noreste argentino. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 48(1).
- Arango Lago, M. (2014). Sistema automático de desconexión y reconexión remota del servicio de energía, agua y gas (Bachelor's thesis, Bogotá-Uniandes).
- Autoridad Nacional del Agua (ANA), Dilas Torres, R., Agrología, S., Flores, F., Manrique Rodríguez, C., Ynga La Plata, C., Quiñones Rojas, J. S., ... & Toledo Parreño, C. (2010). Proyecto mejoramiento del canal de la margen izquierda del río Tumbes: perfil.
- Bahit, E. (2012). Scrum y eXtreme Programming para programadores.
- Barra, O. E., & Barra, F. (2011). Microcontroladores PIC con programación PBP. México DF: Alfaomega.
- Bohórquez Heras, D. C. (2017). Sistema automático para el registro del personal de la Empresa SeguMedik (Tesis de maestría, Universidad Católica de Guayaquil).
- Calle Zambrano, F. A., & Gaibor Vistin, J. X. (2017). Automatización de un sistema de riego con monitoreo local usando una touch y control remoto inalámbrico via GSM (Arduino Open Source) para el mejoramiento dentro del campo agrícola en ASOFRUT de la Ciudad de Ambato (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Cañón Quiroga, D., & Cifuentes Camacho, E. L. (2018). Prototipo de un sistema automatizado de riego para jardines.
- Chiquito Guale, R. D., & Paguay Totoy, C. A. (2020). "Diseño de un prototipo de sistema de riego automatizado mediante una red de sensores que mida la humedad del suelo en los campos agrícolas y permita controlar el consumo de agua" (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de

Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones).

- Chura Chuquiya, J., & Tejada Soraluz, J. (2014). Comportamiento de híbridos de maíz amarillo duro en la localidad de La Molina, Perú. *Idesia (Arica)*, 32(1), 113-118.
- Damián Huato, M. A., Cruz Leon, A., Ramirez Valverde, B., Romero Arenas, O., Moreno Limón, S. y Reyes Muro, L. (2013). Maíz, alimentación y productividad: modelo tecnológico para productores de temporal de México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 10(2), 157-176.
- Díaz López, E., Loeza Corte, J. M., Campos Pastelín, J. M., Morales Rosales, E. J., Domínguez López, A. y Franco Mora, O. (2013). Eficiencia en el uso de la radiación, tasa de asimilación neta e integral térmica en función del fósforo en maíz (*Zea mays* L.). *Agrociencia*, 47(2), 135-146.
- Escalas Rodriguez, G. (2015). Diseño y desarrollo de un prototipo de riego automático controlado con Raspberry Pi y Arduino (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Flores Gallardo, H., Sifuentes Ibarra, E., Flores Magdaleno, H., Ojeda Bustamante, W. y Ramos García, C. R. (2013). Técnicas de conservación del agua en riego por gravedad a nivel parcelario. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(2), 241-252.
- Fuentes Portillo, Liliana Yamileth (2011). Estrategia productiva y económica de agricultores de pequeña escala de acuerdo al sistema de riego utilizado: El caso de Honduras (Bachelor's thesis, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano).
- Gobierno del Perú. (2019). Documento de Análisis Económico - 2019. <https://www.gob.pe/institucion/minagri/informes-publicaciones/354249-documento-de-analisis-economico-2019>
- Gobierno Regional de La Libertad. (2020). Mejoramiento del servicio de agua para riego de los canales Chapén alto, Lurifíco y Cerrillo en el distrito de Chapén, Chapén, La Libertad. <http://decidela libertad.pe/proposals/101-mejoramiento-del-servicio-de-agua-para-riego-de-los-canales-chepen-alto-lurifico-y-cerrillo-en-el-distrito-de>
- González Robaina, F., Herrera Puebla, C. J., López Seijas, C. T. y Cid Lazo, C. G. (2013). Funciones agua rendimiento para 14 cultivos agrícolas en condiciones del sur de La Habana. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(3), 5–11.

- Heredia Fernández, C. F., & Sánchez Manayalle, D. S. (2018). Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico por goteo automatizado para terrenos de cultivo de espárragos del Fundo Inca Verde en el Sector Pampas La Sandia provincia de Chepén-departamento de La Libertad. (Bachiller en Ingeniería mecánica electricista).
- Hidalgo, E. (2013). Manejo técnico del cultivo de maíz amarillo duro en la región San Martín. Ministerio de Agricultura y Riego-Instituto Nacional de Innovación Agraria. Primera edición, Serie Folleto, (2).
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). El riego tecnificado en pequeñas y medianas unidades agropecuarias creció 2,2 puntos porcentuales en el año 2016. <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/el-riego-tecnificado-en-pequenas-y-medianas-unidades-agropecuarias-crecio-22-puntos-porcentuales-en-el-ano-2016-9838/>
- Junta de Usuarios de Agua del valle Chicama (2017). Plan de aprovechamiento de las disponibilidades hídricas en el sector hidráulico valle Chicama. 1-8
- La Oficina de Proyectos de Informática. (2016). Plantillas para gerencia de proyectos, metodologías ágiles y desarrollo de software. Recuperado de <http://www.pmoinformatica.com/p/plantillas-de-gerencia-de-proyectos.html>
- León, Á., Arzube, M. y Ramírez, L. (2016). Efecto de variante de riego en la producción de maíz (zea mays l.) En la Comuna Río Verde, cantón Santa Elena, Ecuador. Revista Científica y Tecnológica UPSE, 3(2), 100-104.
- Luna, A. D., García, M., Rodríguez, E., Vázquez, J. y Rodríguez, E. (2014). Impacto Económico de la Agricultura Orgánica en comparativo con la Agricultura Tradicional en el cultivo del Maíz. Universidad de Guadalajara. Ecorfan.
- MASHAV. (2015). La Implementación del Fertirriego en la Agricultura Intensiva. Israel: Agencia Israelí de Cooperación Internacional para el Desarrollo Ministerio de Relaciones Exteriores.
- Matamoras Huamán, A. (2017). Programa educativo “Agua Segura” en el conocimiento sobre el consumo de Agua en la comunidad de Callqui Chico, Huancavelica-2017.
- Mendoza Pérez, C., Ramírez Ayala, C., Flores Magdaleno, H., Sifuentes Ibarra, E. y Macías Cervantes, J. (2018). Uso de programa Irrimodel para la programación de riego por goteo en el cultivo de maíz (Zea mays L.). Agroproductividad, 11(1), 49–55.
- Nieves Martínez, M. A., & Flores Gallardo, H. Parametrización de un modelo integral para el pronóstico del riego en maíz (zea mays l.) cultivado en el

distrito de riego 052 “durango”. III Congreso Nacional de Riego y Drenaje  
COMEII, 2017.

- Núñez, A. (2015). Manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego. Lima, Perú: La Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego. DGIAR.
- Ortega Ibáñez, A. (2018). Garden-it, diseño y desarrollo de un sistema domótico para la gestión del riego (Bachelor's thesis).
- Palacios Vélez, E. (1991). La eficiencia en el uso del agua en los distritos de riego. Colegio de Postgraduados.
- Parada, J. y Carrillo, J. (2014). Automatización de sistemas de riego: estrategias de control a través de dispositivos móviles. *Renovat: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales, Tecnología e Innovación*, (1), 138-160.
- Peinado Guevara, V. M., Peinado Guevara, H. J., Campista León, S. y Delgado Rodríguez, O. (2014). Análisis de la producción agrícola y gestión del agua en módulos de riego del distrito 063 de Sinaloa, México. *Estudios Sociales: Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 23(46), 113–136.
- Quispe Camargo, P. J., & Quispe Tunque, P. (2017). Equipo electrónico para mejorar el funcionamiento de un germinador de semillas instalado en el lado oeste del valle de pampas.
- Ramos, A. D. G. (2017). Sistema de riego automatizado constituido de elementos electrónicos, dispositivo móvil y la construcción de aspensor. *Iberoamerican Journal of Project Management*, 8(2), 51-70.
- Rodríguez Gonzáles M., Deniz Jiménez D., Mesa Franco M., Alonso de la Paz F. (2019). Tecnología para maximizar la efectividad del riego por surcos, construidas con recursos locales en el suelo ferralítico rojo Luxiviado. *Revista digital de Medio ambiente “Ojeando la agenda”*, (60), 2.
- Rodríguez Herrera, M. P. (2018). Diseño y construcción de un sistema de riego automatizado (Bachelor's thesis).
- Rueda, M. G. V., Reyes, M. I., García, F. G. F. y Casillas, H. A. M. (2018). Redes neuronales aplicadas al control de riego usando instrumentación y análisis de imágenes para un micro-invernadero aplicado al cultivo de Albahaca. *Research in Computing Science*, 147, 93-103.
- Salazar Martínez, J., Rivera Figueroa, C. H., Arévalo Gallegos, S., Guevara Escobar, A., Malda Barrera, G. y Rascón-Cruz, Q. (2014). Calidad del nixtamal y su relación con el ambiente de cultivo del maíz. *Revista fitotecnia mexicana*, 38(1), 67-73.



- Salinas Arcos, R. M. (2018). Diseño de un prototipo de sistema automatizado con Arduino para riego en el cultivo de fresas (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería en Teleinformática.).
- Sanchez Arrazola, J. (2017). Desarrollo de un prototipo de sistema de riego automático para el cultivo de tomates rojos: Caso San Pedro Apóstol Oaxaca.
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2013). La guía definitiva de Scrum: las reglas del juego. Recuperado de <http://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v1/scrum-guide-es.pdf>. Fecha de Ingreso, 16(02), 2017.
- Searles, P. S., Agüero Alcaras, L. M., & Rousseaux, M. C. (2011). El consumo del agua por el cultivo de olivo (*Olea europaea* L.) en el noroeste de Argentina: una comparación con la Cuenca Mediterránea.
- Sifuentes I. Ernesto, et. al. 2013. Riego por goteo en el cultivo de maíz manejado con TIC'S en Sinaloa: sustentabilidad y rentabilidad. CD Memorias del XVII Congreso Nacional de Irrigación, Puerto Vallarta, Jalisco, México. NUS044. pp. 1-9.
- Sifuentes Ibarra, E., Macías Cervantes, J., Islas, R., del Rosario, J., Preciado Rangel, P., Ojeda Bustamante, W., ...Samaniego Gaxiola, J. A. (2015). Mejoramiento del grado de uso del nitrógeno en maíz mediante técnicas parcelarias de riego por superficie. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(8), 1903-1914.
- Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., & Raes, D. (2012). Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. Estudio FAO: Riego y Drenaje (FAO) spa no. 66.
- Turiján Altamirano, T., Damián Huato, M. Á., Ramírez Valverde, B., Juárez Sánchez, J. P. y Estrella Chulín, N. (2012). Manejo tradicional e innovación tecnológica en cultivo de maíz en San José Chiapa, Puebla. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), 1085-1100.
- Vaz Pereira, D. J. y Leyva Galán, Á. (2015). El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) dentro del sector agrario de Huambo-Angola. Parte I. Indicadores determinantes hacia la sostenibilidad. *Cultivos Tropicales*, 36(2), 153-158.
- Zapata Núñez, E. S., & Palomino Núñez, J. L. (2019). Sistema de regadío por goteo para racionalizar el uso del agua en el cultivo de palta en la localidad de Santa Rosa de Quives-Canta, año 2018.
- Zapata Ruiz, N., Anadón Herrera, R., Salvador Esteban, R., Cavero Campo, J., Lecina Brau, S. y Playán Jubillar, E. (2012). Autoprogramadores para



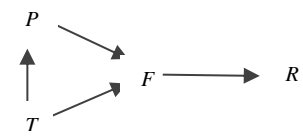
coberturas de riego por aspersión. Centro de Investigación y Tecnología  
Agroalimentaria de Aragón.

Zermeño González, A., Cárdenas Palomo, J. O., Ramírez Rodríguez, H., Benavides  
Mendoza, A., Cadena Zapata, M. y Campos Magaña, S. G. (2015).  
Fertilización biológica del cultivo de maíz. *Revista mexicana de ciencias  
agrícolas*, 6(SPE12), 2399-2408.

Zurita García, F. J. L. (2013). Sistema para la transmisión unidireccional de  
mensajes cortos de texto a través de la red GSM mediante el mpódem  
LBGSMODEM31 manejado por un microcontrolador ATMEGA16  
(Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de la Mixteca).

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de Consistencia

TÍTULO DEL TRABAJO				
PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVO GENERAL	VARIABLE PROPOSITIVA	METODOLOGÍA
¿Cuáles son las características del consumo de agua de cultivos de maíz y qué aspectos se pueden considerar de la metodología SCRUM para proponer un diseño de sistema de riego automatizado en una finca agrícola en Chepén en el año 2021?	Las características del consumo de agua de cultivos de maíz en una finca agrícola en Chepén en el año 2021 son inadecuadas y el uso de la metodología SCRUM es adecuado para proponer un sistema de riego automatizado que mejore su eficiencia.	Analizar las características del consumo de agua de cultivos de maíz en una finca agrícola en Chepén en el año 2021 y los aspectos que se deben considerar de la metodología SCRUM para proponer un sistema de riego automatizado.	Diseño de un sistema de riego automatizado	<b>Diseño</b>
				 <p>P: Diseño de un sistema de riego automatizado T: Metodología SCRUM F: Consumo de agua R: Realidad que se desea transformar</p>
				<b>Población</b>
		<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>VARIABLE FÁCTICA</b>	<b>Muestra</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dar a conocer las características del consumo de agua de cultivos de maíz cultivado en una finca agrícola en Chepén en el año 2021.</li> <li>• Describir los aspectos teóricos de la metodología SCRUM que se puedan considerar para proponer un sistema de riego automatizado en una finca agrícola en Chepén en el año 2021.</li> <li>• Proponer un sistema de riego automatizado para mejorar las características del consumo de agua de cultivos de maíz en una finca agrícola en Chepén en el año 2021.</li> </ul>	Consumo de Agua	<p>N = 4</p> <p>La muestra es de 4 hectáreas de cultivo de maíz plantadas en una finca en Chepén.</p>
	<b>VARIABLE TEMÁTICA</b>			
	Metodología SCRUM			

**Anexo 2: Matriz de operacionalización**

<b>VARIABLE PROPOSITIVA</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>EJES PROPOSITIVOS</b>	<b>SUBEJES PROPOSITIVOS</b>
Diseño de un sistema de riego automatizado	Un sistema de riego automatizado aprovecha el agua al máximo haciendo uso de sensores en el terreno a través de los cuales determina el momento adecuado para regar cada planta. (Rodríguez, 2018)	Para medir el sistema de riego automatizado se tiene en cuenta la capacidad de este para medir los parámetros medioambientales y su nivel de control de riego. (Ortega, 2016)	Capacidad de medir parámetros ambientales	Temperatura
				Humedad
			Nivel de Control de riego	Semi manual
				Autónomo
<b>VARIABLE FÁCTICA</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>
Consumo de agua	Es la acción por la cual se utilizan/usan el agua. (Matamoras, 2017)	Para medir el consumo de agua se requiere medir la disponibilidad del recurso hídrico y demanda insatisfecha. (Zapata y Palomino, 2019)	Disponibilidad del recurso hídrico	Volumen de agua utilizada
				Volumen de agua requerida
			Demanda insatisfecha	Volumen de agua utilizada
				Volumen de agua requerida
<b>VARIABLE TEMÁTICA</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>		<b>EJES TEMÁTICOS</b>	<b>SUBEJES TEMÁTICOS</b>
Metodología SCRUM	Scrum se basa en la teoría de control de procesos empírica o empirismo. El empirismo asegura que el conocimiento procede de la experiencia y de tomar decisiones basándose en lo que se conoce. Scrum emplea un enfoque iterativo e incremental para optimizar la predictibilidad y el control del riesgo. (Schwaber y Sutherland, 2013)		Roles	Product owner
				Scrum master
				Scrum team
			Eventos	Sprint
				Sprint planning
				Sprint review
			Artefactos	Product backlog
				Sprint backlog
				Incremento

*Anexo 3: Entrevista al encargado de la finca*

**Entrevista para diagnóstico para una hectárea de cultivo de maíz**

**Objetivo:** Recolectar datos sobre el consumo de agua para una hectárea de cultivo de maíz

Número de hectárea: \_\_\_\_

Fecha de realización: \_\_\_\_\_

1. ¿Dispone usted de la suficiente cantidad de agua de riego para su parcela de cultivo de maíz?
  - Nunca
  - A veces
  - Siempre
  
2. ¿Tiene agua de riego para su parcela de cultivo de maíz?
  - Nunca
  - A veces
  - Siempre
  
3. ¿Tiene problemas con el transporte del agua hasta su parcela?
  - Nunca
  - A veces
  - Siempre
  
4. ¿Tienen reservorios de agua para su parcela de cultivo de maíz?
  - Nunca
  - A veces
  - Siempre
  
5. ¿Alguien se encarga en su localidad, de regular el agua de riego en las áreas de cultivo de maíz?
  - Nunca
  - A veces
  - Siempre
  
6. ¿Con frecuencia usted riega su hectárea de cultivo?
  - Nunca
  - A veces
  - Siempre

7. ¿Utiliza un sistema de riego tecnificado usted?
- Nunca
  - A veces
  - Siempre
8. ¿Tiene problemas con el actual sistema de riego que utiliza?
- Nunca
  - A veces
  - Siempre
9. ¿Trae agua en baldes para regar sus hectáreas o parcelas?
- Nunca
  - A veces
  - Siempre
10. ¿Llegó a la ciudad autoridades gubernamentales para impulsar el desarrollo tecnológico para un riego tecnificado?
- Nunca
  - A veces
  - Siempre
11. ¿Hubo momentos que tuvo que pagar cantidades exorbitantes por el riego de su hectárea?
- Nunca
  - A veces
  - Siempre
12. ¿Tiene inconvenientes con la cantidad de agua que actualmente disponen, lo cual origina riñas y/o conflictos con los pobladores de la zona?
- Nunca
  - A veces
  - Siempre

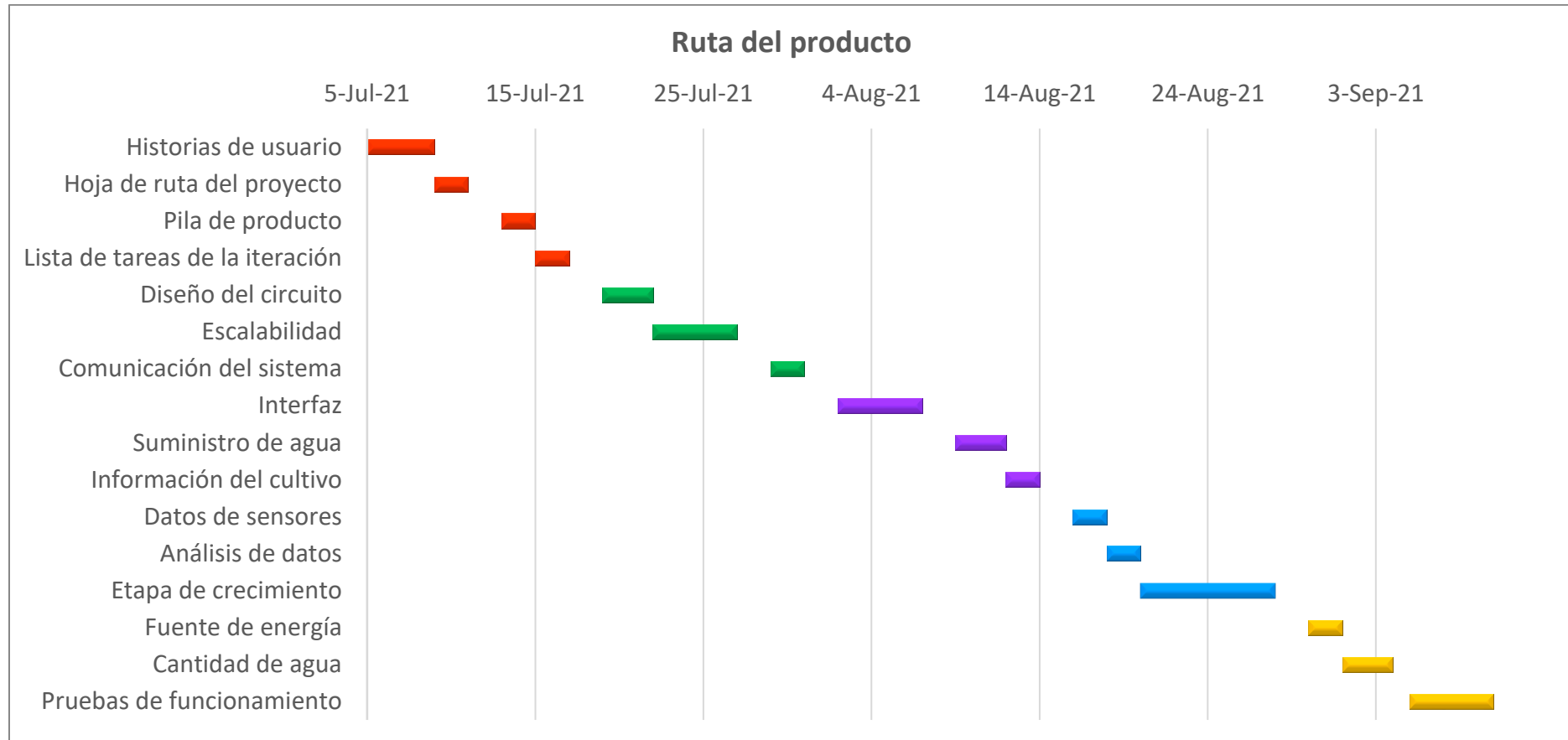
Fuente: Adaptado de Zapata y Palomino (2012). *Sistema de regadío por goteo para racionalizar el uso del agua en el cultivo de palta en la localidad de Santa Rosa de Quives-Canta, año 2018* (Tesis de título). Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/21274>



**Anexo 4: Cronograma del proyecto**

Actividad	Inicio	FIN	DURACIÓN (Días)
Sprint 1	5-Jul-21	16-Jul-21	10
Historias de usuario	5-Jul-21	8-Jul-21	4
Hoja de ruta del proyecto	9-Jul-21	12-Jul-21	2
Pila de producto	13-Jul-21	14-Jul-21	2
Lista de tareas de la iteración	15-Jul-21	16-Jul-21	2
Sprint 2	19-Jul-21	30-Jul-21	10
Diseño del circuito	19-Jul-21	21-Jul-21	3
Escalabilidad	22-Jul-21	28-Jul-21	5
Comunicación del sistema	29-Jul-21	30-Jul-21	2
Sprint 3	2-Aug-21	13-Aug-21	10
Interfaz	2-Aug-21	6-Aug-21	5
Suministro de agua	9-Aug-21	11-Aug-21	3
Información del cultivo	12-Aug-21	13-Aug-21	2
Sprint 4	16-Aug-21	27-Aug-21	10
Datos de sensores	16-Aug-21	17-Aug-21	2
Análisis de datos	18-Aug-21	19-Aug-21	2
Etapas de crecimiento	20-Aug-21	27-Aug-21	6
Sprint 5	30-Aug-21	10-Sep-21	17
Fuente de energía	30-Aug-21	31-Aug-21	2
Cantidad de agua	1-Sep-21	3-Sep-21	3
Pruebas de funcionamiento	5-Sep-21	10-Sep-21	5

*Anexo 5: Ruta del proyecto*







*Anexo 6: Lista de los requerimientos del sistema*

**Requerimientos funcionales**

- El sistema debe ser capaz de realizar el riego de 1 hectárea
- El sistema debe ser capaz de recolectar datos de humedad en la tierra, temperatura y lluvia.
- El sistema debe proporcionar una respuesta al detectar algún cambio en la lectura de los datos.
- El sistema debe comunicar su estado al usuario.
- El sistema debe mostrar el estado del cultivo.
- El sistema debe adaptar la cantidad de agua a la etapa de crecimiento de maíz.
- El sistema debe mostrar si existe un problema con el riego.

**Requerimientos no funcionales**

- El sistema debe estar protegido ante los factores ambientales.
- El sistema debe tener un panel de control para observar su estado.
- El sistema debe contar con una forma de generar su propia energía.



**Anexo 7: Historias de usuario y criterios de aceptación**

Identificador (ID) de la historia	Enunciado de la historia				Criterios de aceptación			
	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	Número (#) de escenario	Criterio de aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
RA-2021-7221	Agricultor	Necesito que el sistema cuente con una pantalla.	Con la finalidad de conocer el estado del sistema y el cultivo.	1	La pantalla muestra el estado del sistema y los cultivos.	En caso que el sistema muestra la información recolectada, en pantalla.	Cuando se revise el estado del sistema y el cultivo	N/A
RA-2021-7222	Agricultor	Necesito que el sistema sea capaz de suministrar agua a los cultivos.	Con la finalidad de que pueda regar el cultivo sin la necesidad de interacción humana.	1	El sistema pueda abrir las válvulas que permiten el paso del agua.	En caso que el cultivo necesita agua.	N/A	El sistema riega el cultivo.
RA-2021-7223	Agricultor	Necesito que el sistema conozca las áreas que están siendo regadas en el momento	Con la finalidad de que me muestre en pantalla dicha información.	1	En la pantalla deben mostrar las áreas que están regando.	En caso que se abra la válvula de agua de uno o varios sectores.	N/A	El sistema mostrará los sectores correspondientes a las válvulas de agua abiertas.
RA-2021-7224	Agricultor	Necesito que el sistema cuente con sensores de humedad, lluvia y temperatura.	Con la finalidad de conocer los valores de estas variables.	1	La toma de datos de los sensores sean iguales a los datos reales.	En caso que los sensores realicen la toma de datos.	N/A	El sistema conozca los valores reales de las variables monitoreadas.
RA-2021-7225	Agricultor	Necesito que el sistema deba analizar los valores de humedad y lluvia.	Con la finalidad de tomar acciones necesarias para el riego	1	El sistema inicia el riego cuando la humedad es muy baja	En caso que la humedad del cultivo es demasiado baja.	N/A	El sistema abrirá las válvulas de agua para regar el cultivo.
				2	El sistema detiene el riego cuando detecta lluvia.	En caso que hayan precipitaciones atmosféricas	N/A	El sistema cerrará las válvulas de agua si están abiertas.
RA-2021-7226	Agricultor	Necesito que el sistema cuente con una fuente de energía sustentable.	Con la finalidad de reducir el gasto económico y contaminación ambiental.	1	El sistema obtiene su energía del viento o del sol.	En caso que el sistema no tenga una conexión a la red eléctrica local.	N/A	El sistema obtendrá su energía de una batería alimentada por energía sustentable.
				2	La batería puede alimentar todo el sistema	En caso que no se pueda generar energía	N/A	El sistema podrá ser alimentado únicamente por la batería.
RA-2021-7227	Agricultor	Necesito que el sistema muestre la cantidad de agua que se está administrando al cultivo.	Con la finalidad de comprobar que la cantidad de agua es correcta.	1	El sistema muestra en pantalla la cantidad de agua que se está suministrando al cultivo.	En caso que el agricultor requiera conocer la cantidad de agua regada.	Cuando el cultivo se encuentre en una nueva etapa de crecimiento.	El sistema muestra en pantalla la cantidad de agua al agricultor.
RA-2021-7228	Agricultor	Necesito que el sistema debe tener en cuenta la etapa de crecimiento del cultivo.	Con la finalidad de suministrar mayor o menor cantidad de agua según se requiera.	1	El sistema suministra la cantidad de agua según la etapa de crecimiento del maíz.	En caso que el maíz entre a una nueva etapa de crecimiento.	N/A	El sistema suministrará la cantidad de agua necesaria para cada nueva etapa de su crecimiento.
RA-2021-7229	Agricultor	Necesito que el circuito del sistema esté conformado por microcontroladores Arduino.	Con la finalidad de poder disminuir los costos del sistemas.	1	El piezas del circuito no representan un gran gasto.	En caso que se requiera reemplazar un microcontrolador	N/A	El circuito estará conformado por piezas económicamente accesibles.
RA-2021-7230	Agricultor	Necesito que el circuito del sistema tenga comunicación mediante Bluetooth o radio.	Con la finalidad de comunicar toda la información a un solo Arduino Principal.	1	Los Arduinos cuentan con un módulo bluetooth o radio.	En caso que la comunicación no pueda ser alámbrica	N/A	Los Arduinos se comunicarán inalámbricamente.
				2	Los Arduinos son capaces de pasar información al Arduino principal	En caso que los Arduinos emitan información recolectada por los sensores.	N/A	El Arduino principal recibirá la información emitida.
RA-2021-7231	Agricultor	Necesito que se puedan anexar más Arduinos al circuito del sistema.	Con la finalidad de que el sistema sea escalable.	1	Los Arduinos pueden ser reemplazados	En caso que sea requiera expandir la zona de alcance del sistema.	N/A	El Arduino principal puede ser reemplazado para controlar las nuevas zonas del cultivo.



### Anexo 8: Product Backlog

Identificador (ID) de la Historia	Enunciado de la Historia	Alias	Estado	Dimensión / Esfuerzo	Iteración (Sprint)	Prioridad	Comentarios
RA-2021-7221	Como agricultor, necesito que el sistema cuente con una pantalla, con la finalidad de conocer el estado del sistema y el cultivo.	Interfaz	Hecho	5 días	3	Media	Para el LCD se mostrar de forma secuencial los datos que se requieren.
RA-2021-7222	Como agricultor, necesito que el sistema sea capaz de suministrar agua a los cultivos, con la finalidad de que pueda regar el cultivo sin la necesidad de interacción humana.	Suministro de agua	Hecho	3 días	3	Alta	Todas las válvulas serán controladas por el Arduino principal.
RA-2021-7223	Como agricultor, necesito que el sistema conozca las áreas que están siendo regadas en el momento, con la finalidad de que me muestre en pantalla dicha información.	Información de cultivo	Hecho	2 días	3	Baja	
RA-2021-7224	Como agricultor, necesito que el sistema cuente con sensores de humedad, lluvia y temperatura, con la finalidad de conocer los valores de estas variables.	Datos de sensores	Hecho	2 días	4	Media	Deben estar distribuidos de forma estratégica.
RA-2021-7225	Como agricultor, necesito que el sistema deba analizar los valores de humedad y lluvia, con la finalidad de tomar acciones necesarias para el riego	Análisis de datos	Hecho	2 días	4	Media	
RA-2021-7226	Como agricultor, necesito que el sistema cuente con una fuente de energía sustentable, con la finalidad de reducir el gasto económico y contaminación ambiental.	Fuente de energía	Hecho	2 días	5	Media	La fuente de energía debe ser eólica o solar.
RA-2021-7227	Como agricultor, necesito que el sistema muestre la cantidad de agua que se está administrando al cultivo, con la finalidad de comprobar que la cantidad de agua es correcta.	Cantidad de agua	Hecho	3 días	5	Media	La cantidad de agua se debe mostrar en metros cúbicos por día.
RA-2021-7228	Como agricultor, necesito que el sistema debe tener en cuenta la etapa de crecimiento del cultivo, con la finalidad de suministrar mayor o menor cantidad de agua según se requiera.	Etapa de crecimiento	Hecho	6 días	4	Alta	La cantidad de agua debe ser calculada teniendo en cuenta los factores ambientales.
RA-2021-7229	Como agricultor, necesito que el circuito del sistema esté conformado por microcontroladores Arduino, con la finalidad de poder disminuir los costos del sistemas.	Diseño del circuito	Hecho	3 días	2	Alta	
RA-2021-7230	Como agricultor, necesito que el circuito del sistema tenga comunicación mediante Bluetooth o radio, con la finalidad de comunicar toda la información a un solo Arduino Principal.	Comunicación del sistema	Hecho	5 días	2	Alta	La implementación real se deberá realizar por el módulo de radio para mayor alcance.
RA-2021-7231	Como agricultor, necesito que se puedan anexar más Arduinos al circuito del sistema, con la finalidad de que el sistema sea escalable.	Escalabilidad	Hecho	2 días	2	Media	El sistema debe estar diseñado para poder agregar más sectores de cultivos.



*Anexo 9: Resumen de datos meteorológicos recolectados del Senamhi y procesados por CrootWat*

Mes	Temp Mínima	Temp Máxima	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m <sup>2</sup> /día	mm/día
Enero	19.7	29.9	75	5	6.0	19.1	5.02
Febrero	20.7	30.2	77	5	5.4	18.3	4.75
Marzo	20.4	30.1	78	5	5.4	17.9	4.64
Abril	18.6	29.0	79	5	6.3	18.2	4.41
Mayo	17.0	27.3	80	5	6.7	17.3	3.97
Junio	15.1	25.8	81	5	6.2	15.7	3.49
Julio	13.8	24.7	82	5	6.2	16.1	3.31
Agosto	13.7	24.8	81	5	6.4	17.6	3.61
Septiembre	14.4	25.7	79	6	6.6	19.3	4.16
Octubre	15.0	26.3	77	7	6.6	20	4.55
Noviembre	15.7	27.1	76	6	6.9	20.4	4.79
Diciembre	17.7	28.7	76	6	6.8	20.1	5.00
Promedio	16.8	27.5	78.0	5	6.3	18.3	4.31



*Anexo 10: Resultados de la hoja de cálculo para el primer trimestre del año*

PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR
1. Evapotranspiración Potencial	(mm/día)	5.02	4.75	4.64
2. Kc ponderado		0.30	0.80	1.20
3. Evapotranspiración Real o Uso consuntivo (1*2)	(mm/día)	1.51	3.80	5.57
4. Precipitación Efectiva	(mm/día)	0.00	0.00	0.00
5. Déficit de Humedad (3-4)	(mm/día)	1.51	3.80	5.57
6. Eficiencia de riego	(%)	0.90	0.90	0.90
7. Número de horas de jornada diaria de riego	hr	8.00	8.00	8.00
8. N° días del mes	(días)	31.00	28.00	31.00
9. Requerimiento de agua (5/6)	(mm/día)	1.67	4.22	6.19
	(m3/ha/día)	16.73	42.22	61.87
	(m3/ha/mes)	518.73	1,182.22	1,917.87
	lt/ses/ha	0.58	1.47	2.15
10.-Área total	has	3.00	3.00	3.00
11.- Total demanda de agua	lts/seg	1.74	4.40	6.44
12. Volumen demandado	MMC	0.00	0.00	0.01



Anexo 11: Sprint Backlog - Sprint 2

Identificador (ID) de ítem de product backlog	Enunciado del ítem de Product Backlog	Tarea	Dueño / Voluntario	Estatus	Horas estimadas totales	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7		Día 8		Día 9		Día 10		Total	
						Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.
RA-2021-7229	Como agricultor, necesito que el circuito del sistema esté conformado por microcontroladores Arduino, con la finalidad de poder disminuir los costos del sistemas.	Diseñar el circuito para el sistema	Anderson y Miguel	Hecho	24	8	16	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	
RA-2021-7231	Como agricultor, necesito que se puedan anexar más Arduinos al circuito del sistema, con la finalidad de que el sistema sea escalable.	Adaptar el circuito para ser escalable	Anderson y Miguel	Hecho	16	16	16	16	16	16	7	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	
RA-2021-7230	Como agricultor, necesito que el circuito del sistema tenga comunicación mediante Bluetooth o radio, con la finalidad de comunicar toda la información a un solo Arduino Principal.	Conectar el módulo bluetooth al Arduino	Anderson y Miguel	Hecho	20	20	20	20	20	20	20	20	20	8	12	8	4	4	0	0	0	0	0	0	20	0	
		Establecer comunicación entre los módulos de Arduinos	Anderson y Miguel	Hecho	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	4	16	8	8	8	0	0	0	20	0	



Anexo 12: Sprint Backlog - Sprint 3

Identificador (ID) de item de product backlog	Enunciado del item de Product Backlog	Tarea	Dueño / Voluntario	Estatus	Horas estimadas totales	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7		Día 8		Día 9		Día 10		Total	
						Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.
RA-2021-7221	Como agricultor, necesito que el sistema cuente con una pantalla, con la finalidad de conocer el estado del sistema y el cultivo.	Determinar los datos que se van a mostrar	Anderson y Miguel	Hecho	24	8	16	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	
		Diseñar la interfaz para mostrar datos	Anderson y Miguel	Hecho	16	0	16	16	0	16	10	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0
RA-2021-7222	Como agricultor, necesito que el sistema sea capaz de suministrar agua a los cultivos, con la finalidad de que pueda regar el cultivo sin la necesidad de interacción humana.	Programar la apertura de las válvulas de agua	Anderson y Miguel	Hecho	24	0	24	0	24	0	24	0	24	0	24	8	16	8	8	8	0	0	0	0	24	0	
RA-2021-7223	Como agricultor, necesito que el sistema conozca las áreas que están siendo regadas en el momento, con la finalidad de que me muestre en pantalla dicha información.	Guardar el estado de las válvulas de agua	Anderson y Miguel	Hecho	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	6	0	0	0	0	6	0	
		Mostrar el estado de las válvulas en pantalla	Anderson y Miguel	Hecho	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	2	8	8	0	0	10	0	



Anexo 13: Sprint Backlog - Sprint 4

Identificador (ID) de item de product backlog	Enunciado del item de Product Backlog	Tarea	Dueño / Voluntario	Estatus	Horas estimadas totales	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7		Día 8		Día 9		Día 10		Total		
						Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.
RA-2021-7224	Como agricultor, necesito que el sistema cuente con sensores de humedad, lluvia y temperatura, con la finalidad de conocer los valores de estas variables.	Obtener los datos de los sensores en el Arduino	Anderson y Miguel	Hecho	16	8	8	8	0		0		0		0		0		0		0		0		0	16	0	
RA-2021-7225	Como agricultor, necesito que el sistema deba analizar los valores de humedad y lluvia, con la finalidad de tomar acciones necesarias para el riego.	Determinar la lógica de riego	Anderson y Miguel	Hecho	7		7		7	0		0		0		0		0		0		0		0	7	0		
		Programar la lógica de riego	Anderson y Miguel	Hecho	9		9		9	1	8		8	0		0		0		0		0		0	9	0		
RA-2021-7228	Como agricultor, necesito que el sistema debe tener en cuenta la etapa de crecimiento del cultivo, con la finalidad de suministrar mayor o menor cantidad de agua según se requiera.	Conseguir el historial de las variables meteorológicas	Anderson y Miguel	Hecho	6		6		6		6		6	2	4		4	0		0		0		0	6	0		
		Determinar la cantidad de agua necesaria para cada etapa	Anderson y Miguel	Hecho	10		10		10		10		10		10		2	8		4	4		4	0		0	10	0
		Calcular el tiempo necesario para suministrar el agua	Anderson y Miguel	Hecho	8		8		8		8		8		8			8		8		3	5		5	0	8	0

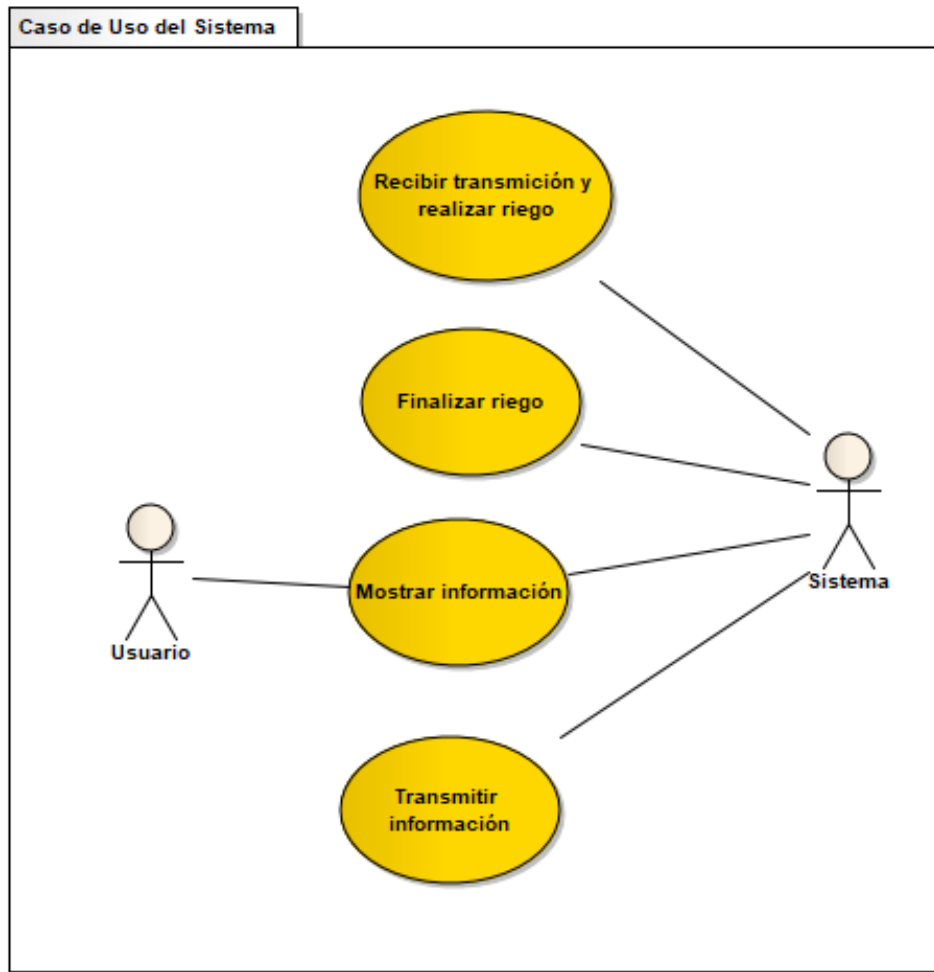




Anexo 14: Sprint Backlog - Sprint 5

Identificador (ID) de ítem de product backlog	Enunciado del ítem de Product Backlog	Tarea	Dueño / Voluntario	Estatus	Horas estimadas totales	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7		Día 8		Día 9		Día 10		Total	
						Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.	Cons.	Rest.
RA-2021-7226	Como agricultor, necesito que el sistema cuente con una fuente de energía sustentable, con la finalidad de reducir el gasto económico y contaminación ambiental.	Decidir la fuente de energía que se usará.	Anderson y Miguel	Hecho	16	8	8	8	0		0		0		0		0		0		0		0		0	16	0
RA-2021-7227	Como agricultor, necesito que el sistema muestre la cantidad de agua que se está administrando al cultivo,	Guardar la cantidad de agua que se determinó cada etapa de maíz	Anderson y Miguel	Hecho	8		8		8	6	2	2	0		0		0		0		0		0		0	8	0
	con la finalidad de comprobar que la cantidad de agua es correcta.	Mostrar la cantidad de agua en pantalla	Anderson y Miguel	Hecho	16		16		16		16	6	10	10	0		0		0		0		0		0	16	0

*Anexo 15: Diagrama de caso de uso del sistema*



*Anexo 16: Especificación caso de uso Recibir información y realizar riego*

<b>IDENTIFICADOR:</b> CU01	<b>NOMBRE:</b> Recibir información y realizar riego	
<b>CATEGORÍA:</b> Principal	<b>COMPLEJIDAD:</b> Baja	<b>PRIORIDAD:</b> Alta
<b>ACTORES:</b> Ninguno		
<b>PROPÓSITO:</b> Abrir las válvulas de los sectores que requieren riego		
<b>PRECONDICIÓN:</b> El usuario debe encender el sistema y el Arduino secundario envió información de un sector.		
<b>FLUJO BÁSICO:</b> A1. El Arduino principal recibe información del Arduino secundario. A2. El Arduino principal determina que el sector necesita riego. A3. El Arduino principal abre la válvula de agua del sector a regar, registra la hora de inicio de riego y el sector que se empezó a regar. A4. El Arduino principal guarda la información recibida del Arduino secundario.		
<b>POSCONDICION:</b> El sistema abrió la válvula del sector que requiere riego.		
<b>FLUJOS ALTERNATIVOS:</b> <b>A2. El Arduino principal determina que el sector no necesita riego.</b> A2.1 El flujo se salta al paso A4.		
<b>REQUERIMIENTOS ESPECIALES O SUPLEMENTARIOS:</b> 1. La fuente de agua del sistema no debe estar vacía		

*Anexo 17: Especificación de caso de uso Finalizar riego*

<b>IDENTIFICADOR:</b> CU02		<b>NOMBRE:</b> Finalizar riego
<b>CATEGORÍA:</b> Principal	<b>COMPLEJIDAD:</b> Alta	<b>PRIORIDAD:</b> Alta
<b>ACTORES:</b> Ninguno		
<b>PROPÓSITO:</b> Detener el riego una vez se cumple el tiempo		
<b>PRECONDICIÓN:</b> El sistema este encendido		
<p><b>FLUJO BÁSICO:</b></p> <p>A1. El Arduino principal detecta que la válvula del sector está abierta.</p> <p>A2. El Arduino determina el mes de riego en que se encuentra.</p> <p>A3. El Arduino principal compara la hora de inicio con la hora actual.</p> <p>A4. El Arduino principal determina que ya se cumplió el tiempo de riego para el mes de riego actual.</p> <p>A5. El Arduino principal cierra la válvula del sector y registra que el sector ya no se está regando.</p> <p>A6. El Arduino principal comprueba siguiente sector.</p>		
<p><b>POSCONDICION:</b></p> <p>El sistema cerró las válvulas de los sectores que ya recibieron la cantidad de agua indicada para el riego.</p>		
<p><b>FLUJOS ALTERNATIVOS:</b></p> <p><b>A1. El Arduino principal detecta que la válvula del sector está cerrada.</b></p> <p>A1.1 El flujo se salta al paso A6.</p> <p><b>A4. El Arduino principal determina que no se cumplió el tiempo de riego para el mes de riego actual.</b></p> <p>A4.1 El flujo se salta al paso A6.</p>		
<p><b>REQUERIMIENTOS ESPECIALES O SUPLEMENTARIOS:</b></p> <p>Ninguno</p>		

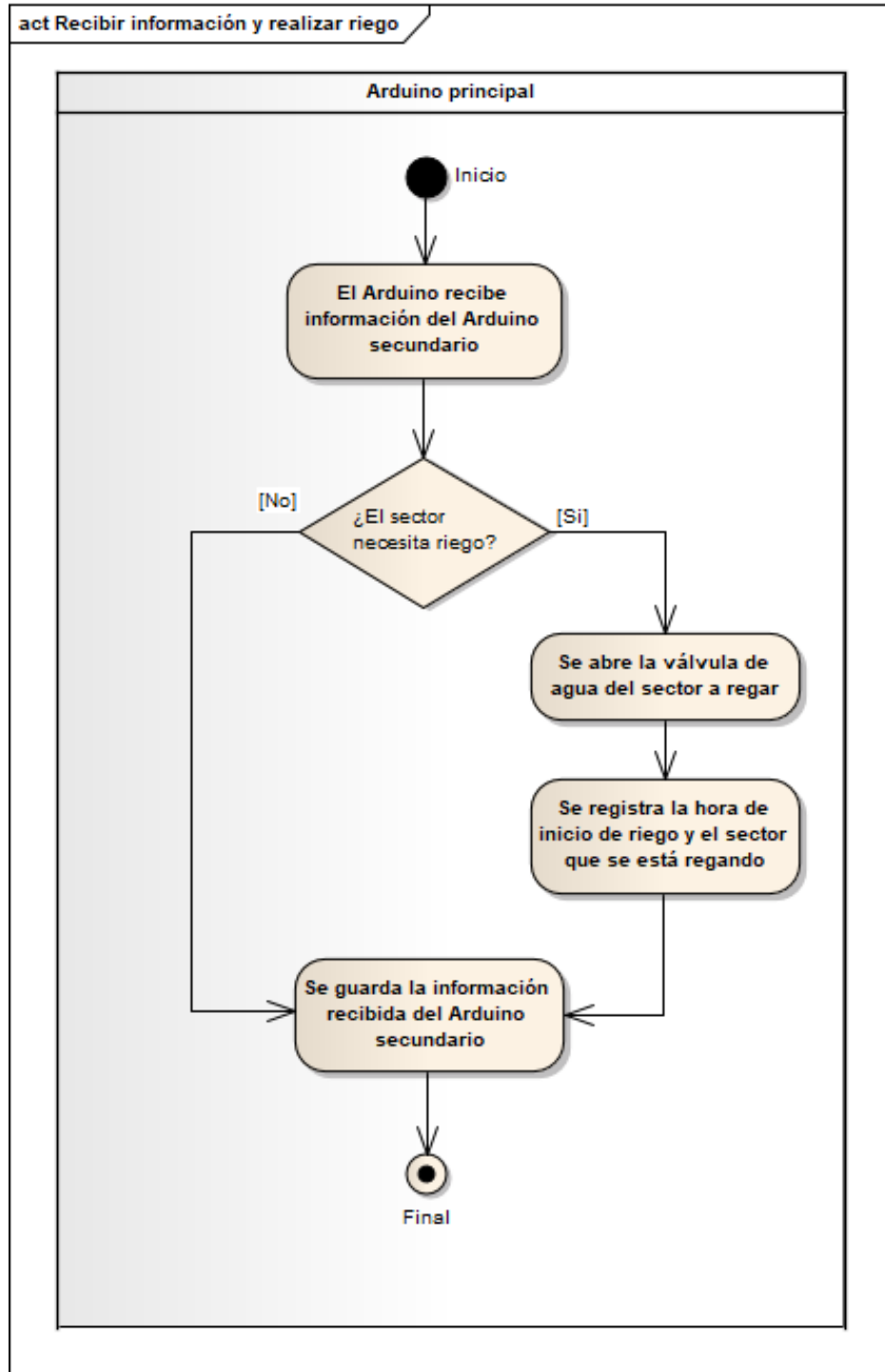
*Anexo 18: Especificación de caso de uso Mostrar información*

<b>IDENTIFICADOR:</b> CU03	<b>NOMBRE:</b> Mostrar información	
<b>CATEGORÍA:</b> Secundario	<b>COMPLEJIDAD:</b> Media	<b>PRIORIDAD:</b> Alta
<b>ACTORES:</b> Ninguno		
<b>PROPÓSITO:</b> Mostrar información del sistema y los sectores del cultivo.		
<b>PRECONDICIÓN:</b> El sistema debe estar encendido.		
<b>FLUJO BÁSICO:</b> A1. El Arduino principal determina que debe mostrar la primera vista de la interfaz. A2. El Arduino principal muestra la primera vista de la interfaz con el estado del sistema, los sectores que se están regando y la hora y fecha actuales.		
<b>POSCONDICION:</b> El sistema muestra la información de los sensores y el estado de los sectores del cultivo.		
<b>FLUJOS ALTERNATIVOS:</b> <b>A1. El Arduino principal determina que debe mostrar la segunda vista de la interfaz</b> A1.1 El Arduino muestra la segunda vista de la interfaz con los datos de temperatura, humedad, lluvia y cantidad de agua suministrada.  <b>A1. El Arduino principal determina que debe mostrar la tercera vista de la interfaz</b> A1.1 El Arduino muestra la tercera vista de la interfaz con los sectores que tienen un porcentaje de humedad muy bajo.		
<b>REQUERIMIENTOS ESPECIALES O SUPLEMENTARIOS:</b> Ninguno		

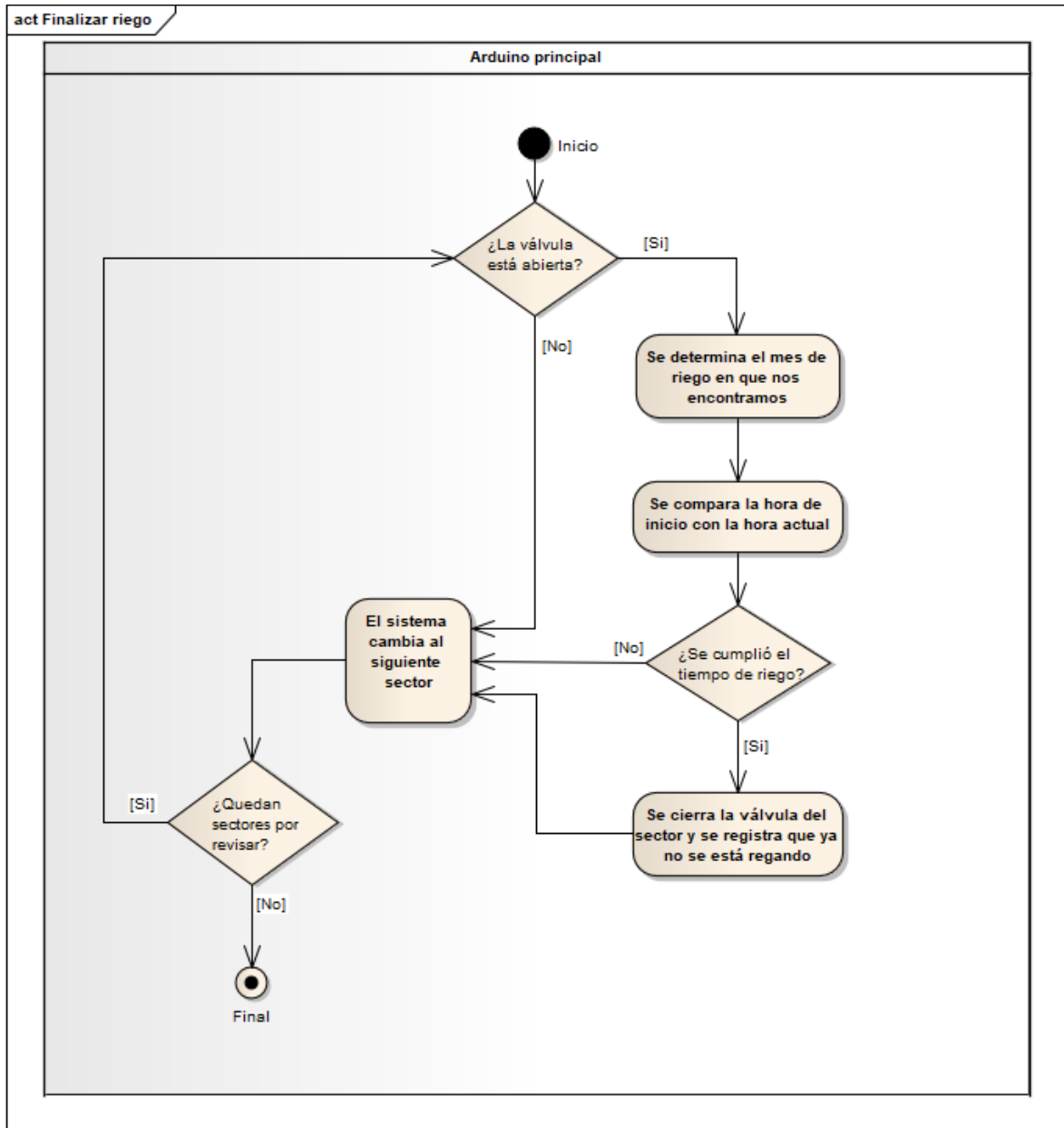
*Anexo 19: Especificación del caso de uso Transmitir información*

<b>IDENTIFICADOR:</b> CU04		<b>NOMBRE:</b> Transmitir información	
<b>CATEGORÍA:</b> Secundario		<b>COMPLEJIDAD:</b> Baja	<b>PRIORIDAD:</b> Alta
<b>ACTORES:</b> Ninguno			
<b>PROPÓSITO:</b> Enviar información del sector			
<b>PRECONDICIÓN:</b> El usuario debe encender el sistema.			
<b>FLUJO BÁSICO:</b>			
A1. El Arduino secundario realiza una medición a través de los sensores de lluvia y humedad.			
A2. El Arduino secundario crea una cadena según los valores capturados.			
A3. El Arduino secundario transmite la cadena al Arduino principal.			
A4. El Arduino secundario espera 30 minutos.			
A5. El flujo vuelve al paso A1.			
<b>POSCONDICION:</b>			
El Arduino secundario transmitió la información al Arduino principal.			
<b>FLUJOS ALTERNATIVOS:</b>			
Ninguno.			
<b>REQUERIMIENTOS ESPECIALES O SUPLEMENTARIOS:</b>			
Ninguno.			

Anexo 20: Diagrama de actividad del caso de uso Recibir información y realizar riego

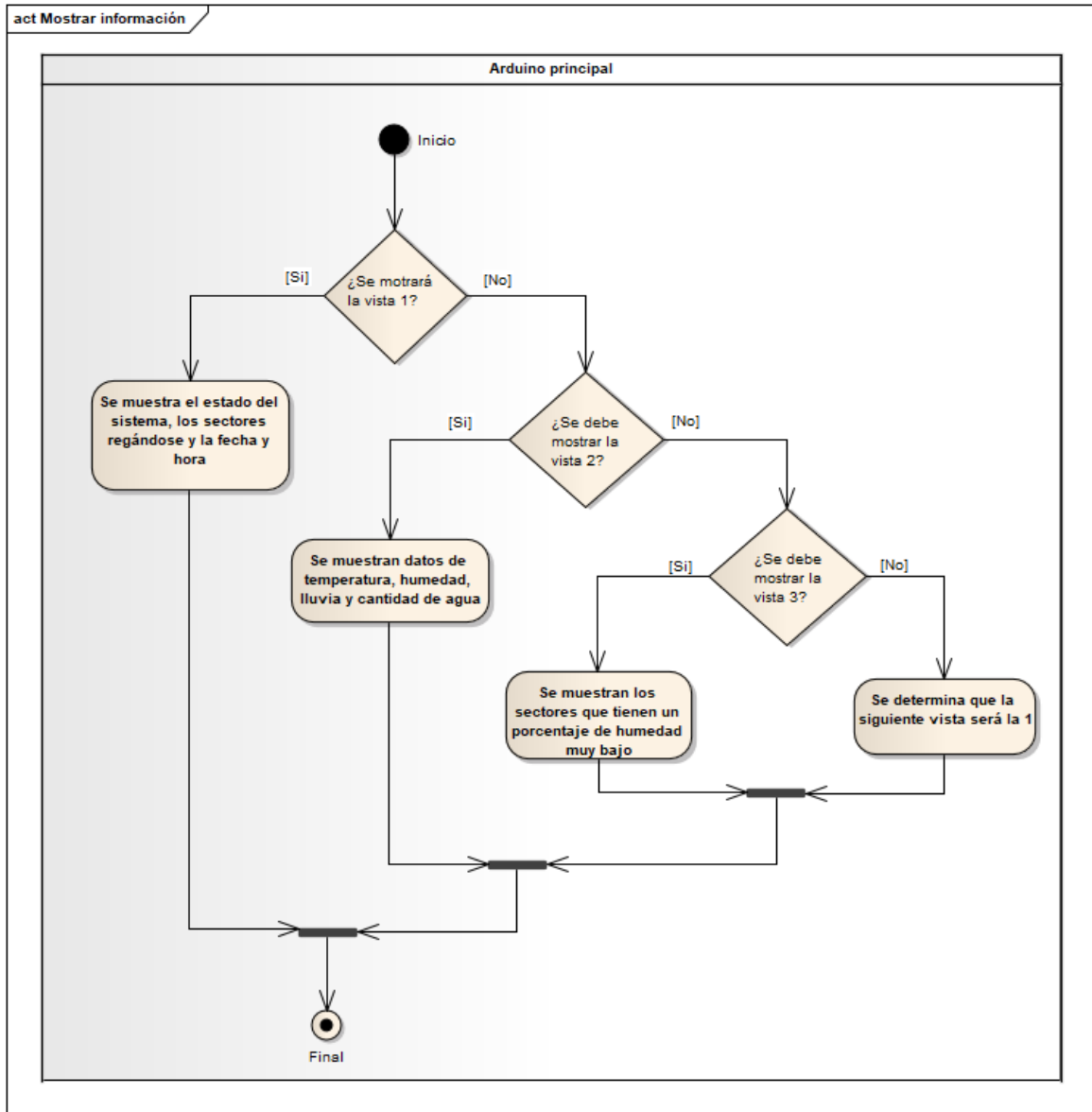


*Anexo 21: Diagrama de actividad del caso de uso Finalizar riego*

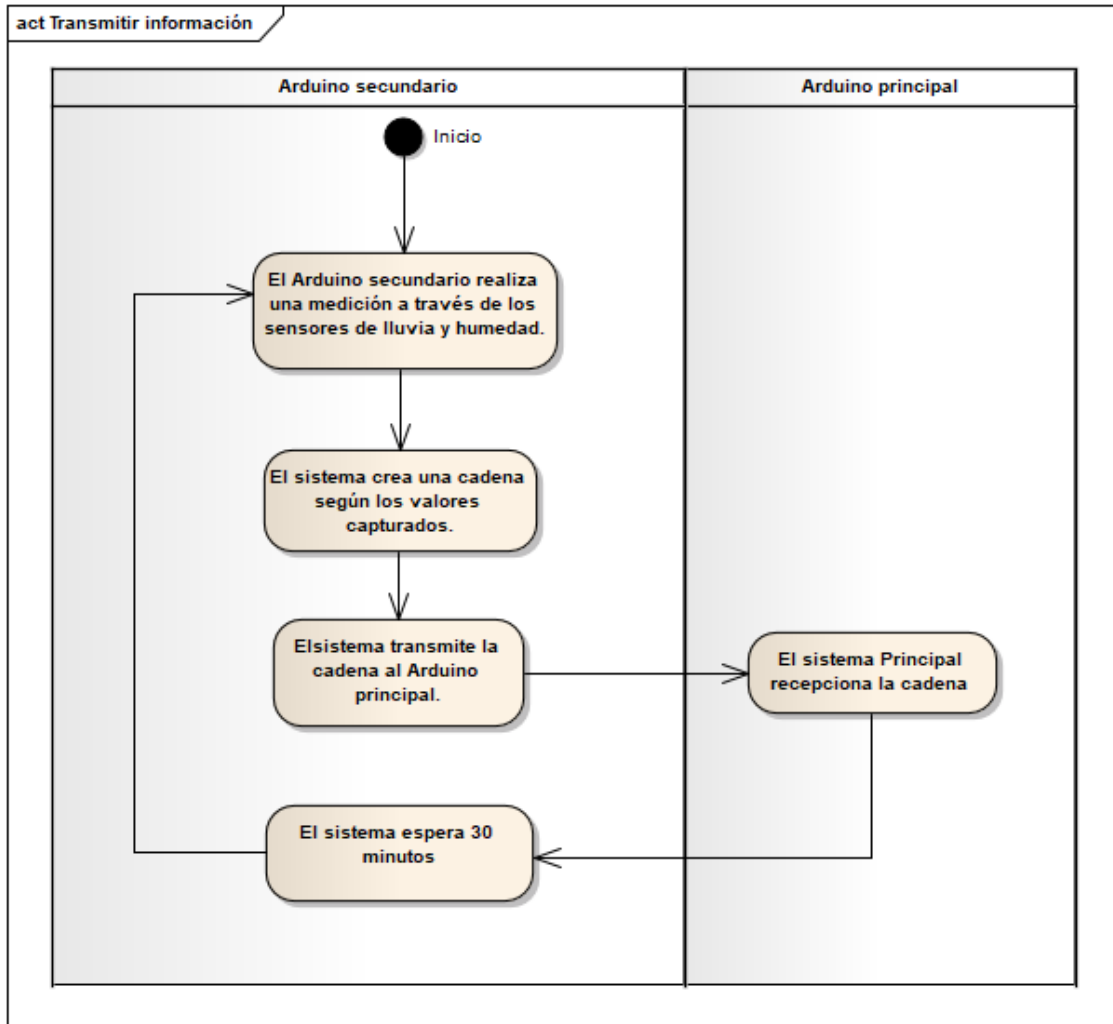




*Anexo 22: Diagrama de actividad del caso de uso Mostrar información*



*Anexo 23: Diagrama de actividad del caso de uso Transmitir información*





*Anexo 24: Código módulo secundario 1*

```
#include <DHT.h>
#include <SPI.h>

int humed1, humed2, humedp;
int hp1= 70;

int SENSOR1=A1; //SENSOR HUMEDAD 1
int SENSOR2=A2; //SENSOR HUMEDAD 2

DHT dht1 (SENSOR1, DHT11);
DHT dht2 (SENSOR2, DHT11);

bool indicador=false;

const int sensorPin = 2;

//LED
int led = 8;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  dht1.begin();
  dht2.begin();

  pinMode(A1, INPUT);
  pinMode(A2, INPUT);
  pinMode(2, INPUT);

  pinMode(2, INPUT);
  pinMode(8, OUTPUT);
}
```



*Anexo 25 Código del módulo secundario 2*

```
void loop() {
  int value = 0;
  String datos="D";//Letra del sector
  value = digitalRead(sensorPin );
  humed1= dht1.readHumidity();
  humed2= dht2.readHumidity();
  humedp=(humed1+humed2)/2;

  //Lectura de sensores
  if(humedp<hpl) //sensor 1
  {
    indicador=true;
  }
  if(indicador)
  {
    datos=datos+"R";//Riego
  }
  else{
    datos=datos+"N";//No riego
  }
  if(value!=0){
    datos=datos+"L";//LLuvia
  }else{
    datos=datos+"S";//Sin lluvia
  }
  datos=datos+humedp;
  Serial.print(datos);
  indicador=false;
  //3 DELAY DE 10 MINUTOS C/U
  delay(600000);
  delay(600000);
  delay(600000);
}
```

---

*Anexo 26: Código del módulo principal 1*

```
// .....  
#include <LiquidCrystal.h>  
#include <Wire.h>  
#include "RTCLib.h"  
#include <TimeLib.h>  
#include <DHT.h>  
#define COLS 20 // Columnas  
#define ROWS 4 // Filas  
LiquidCrystal lcd(8,9,10,11,12,13);  
RTC_DS1307 RTC;  
  
int state = 0; // Variable lectura dato serial  
int valvula1 = 2;  
int valvula2 = 3;  
int valvula3 = 4;  
int valvula4 = 5;  
int pines[4]={2,3,4,5};  
  
int temp=0;  
int hum=0;  
int sentemp=A3;  
bool lluvia=false;  
  
DHT dhtemp(sentemp, DHT11);  
int humA=100;  
int humB=100;  
int humC=100;  
int humD=100;  
bool humpro[4]={false,false,false,false};  
  
bool areas[4]={false,false,false,false};  
  
DateTime riegos[4];  
int horasRiego[3]= {4,11,16};  
int minutosRiego[3]= {27,16,3};  
float cantidadRiego[3]= {16.73,42.22,61.87};
```

*Anexo 27: Código del módulo principal 2*

```
int mesActual=1;
DateTime InicioMes;

int sectorA = A0;
int sectorB = A1;
int sectorC = A2;

int estadoPanel = 1;

byte potencia3[] = {
    B00111,
    B00001,
    B00111,
    B00001,
    B00111,
    B00000,
    B00000,
    B00000
};

byte dia[] = {
    B00110,
    B00100,
    B01101,
    B11001,
    B10111,
    B10101,
    B00111,
    B00000
};

char cadenaSectorA[5]="ANS90";
char cadenaSectorB[5]="BNS90";
char cadenaSectorC[5]="CNS90";
char cadenaSectorD[5]="DNS90";
```



*Anexo 28: Código del módulo principal 3*

```
void setup() {  
    ///////////////////////////////////  
    Wire.begin();  
    RTC.begin();  
    if (! RTC.isrunning()) {  
        lcd.println("RTC is NOT running!");  
    }  
    RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));  
    ///////////////////////////////////  
    lcd.begin(COLS, ROWS);  
    pinMode(valvula1, OUTPUT);  
    pinMode(valvula2, OUTPUT);  
    pinMode(valvula3, OUTPUT);  
    pinMode(valvula4, OUTPUT);  
    digitalWrite(valvula1, LOW);  
    digitalWrite(valvula2, LOW);  
    digitalWrite(valvula3, LOW);  
    digitalWrite(valvula4, LOW);  
    pinMode(sectorA, INPUT);  
    pinMode(sectorB, INPUT);  
    pinMode(sectorC, INPUT);  
    dhtemp.begin();  
    pinMode(A3, INPUT);  
    Serial.begin(9600);  
    InicioMes=RTC.now();  
    datosPanelA();  
    lcd.createChar(0, potencia3);  
    lcd.createChar(1, dia);  
}
```



*Anexo 29: Código del módulo principal 4*

```
void loop() {  
    state=0;  
    temp=dhtemp.readTemperature();  
  
    cambiarPanel();  
    char cadena[5];  
    int i=0;  
  
    while(Serial.available() > 0) {  
        state = Serial.read();  
        cadena[i]=state;  
        i++;  
    }  
  
    sector(cadena);  
    sectorManual();  
    calcularHum();  
    calcularLluvia();  
    cambiarMes();  
    cerrarLlave();  
    delay(500);  
}
```





*Anexo 30: Código del módulo principal 5*

```
void sector(char cadena[]) {
    switch(cadena[0]) {
        case 'A':
            if(cadena[1]='R') {
                digitalWrite(valvula1, HIGH);
                riegos[0]=RTC.now();
                areas[0]=true;
            }
            cadenaSectorA[0]=cadena[0];
            cadenaSectorA[1]=cadena[1];
            cadenaSectorA[2]=cadena[2];
            cadenaSectorA[3]=cadena[3];
            cadenaSectorA[4]=cadena[4];
            state = 0;
            break;
        case 'B':
            if(cadena[1]='R') {
                digitalWrite(valvula2, HIGH);
                riegos[1]=RTC.now();
                areas[1]=true;
            }
            cadenaSectorB[0]=cadena[0];
            cadenaSectorB[1]=cadena[1];
            cadenaSectorB[2]=cadena[2];
            cadenaSectorB[3]=cadena[3];
            cadenaSectorB[4]=cadena[4];
            state = 0;
            break;
    }
}
```



*Anexo 31: Código del módulo principal 6*

```
    case 'C':
        if (cadena[1]='R') {
            digitalWrite (valvula3, HIGH);
            riegos[2]=RTC.now();
            areas[2]=true;
        }
        cadenaSectorC[0]=cadena[0];
        cadenaSectorC[1]=cadena[1];
        cadenaSectorC[2]=cadena[2];
        cadenaSectorC[3]=cadena[3];
        cadenaSectorC[4]=cadena[4];
        state = 0;
        break;
    case 'D':
        if (cadena[1]='R') {
            digitalWrite (valvula4, HIGH);
            riegos[3]=RTC.now();
            areas[3]=true;
        }
        cadenaSectorD[0]=cadena[0];
        cadenaSectorD[1]=cadena[1];
        cadenaSectorD[2]=cadena[2];
        cadenaSectorD[3]=cadena[3];
        cadenaSectorD[4]=cadena[4];
        state = 0;
        break;
    }
}
```



*Anexo 32: Código del módulo principal 7*

```
void cambiarPanel () {
    bool mostrarC=false;
    int i=0;
    if(estadoPanel==1) {
        datosPanelA ();
        estadoPanel = 2;
    }
    else if(estadoPanel==2) {
        datosPanelB ();
        estadoPanel = 3;
    }else{
        do{
            if(humpro[i]) {
                mostrarC=true;
            }
            i++;
        }while(i<4);
        if(mostrarC) {
            datosPanelC(mostrarC);
            estadoPanel=1;
        }else{
            estadoPanel=1;
        }
    }
}
```

*Anexo 33: Código del módulo principal 8*

```

void datosPanelA() {

    lcd.clear(); //limpia la pantalla lcd
    lcd.setCursor(0,0);
    bool estadoSis = true;
    for(int i=0; i<4 && estadoSis==true; i++){
        if(humpro[i]){
            estadoSis = false;
        }
    }
    if(estadoSis){
        lcd.print("Sistema funcionando");
    }else{
        lcd.print("Hay problemas en sectores");
    }
    lcd.setCursor(0,1);
    String areasRegadas="";
    int area=0;
    int letra=65;
    for(int i=1; i<=4; i++)
    {
        if(areas[i-1]){
            areasRegadas=areasRegadas+(char) 34+(char) letra+(char) 34+(char) 32;
        }
        else{
            area++;
        }
        letra++;
    }
    lcd.print("Areas regadas: ");
    lcd.setCursor(0,2);
    if(area!=4){
        lcd.print("                ");
        lcd.setCursor(0,2);
        lcd.print(areasRegadas);
    }
    else{
        lcd.print("No se esta regando");
    }
    fechaHora();
}

```



*Anexo 34: Código del módulo principal 9*

```
void datosPanelB() {  
  
    lcd.clear(); //limpia la pantalla lcd  
    lcd.setCursor(0,0);  
    String temp1 = "Temperatura: ";  
    String temp3 = "C";  
    lcd.print(temp1 + temp + (char)223 + temp3);  
    lcd.setCursor(0,1);  
    String hum1 = "Humedad: ";  
    String hum3 = "%";  
    lcd.print(hum1+hum+hum3);  
    lcd.setCursor(0,2);  
    lcd.print("Lluvia: ");  
    if(lluvia){  
        lcd.print("Si");  
    }else{  
        lcd.print("No");  
    }  
    lcd.setCursor(0,3);  
    lcd.print("Cant. agua: ");  
    lcd.print(cantidadRiego[mesActual-1]);  
    lcd.print("m");  
    lcd.write(byte(0));  
    lcd.write(byte(1));  
}
```

*Anexo 35: Código del módulo principal 10*

```
void datosPanelC(bool mostrarC){
    lcd.clear(); //limpia la pantalla lcd
    lcd.setCursor(0,0);
    String areasProblemas="";
    String msg1 = "Humedad baja en ";
    String msg2 = "los sectores: ";
    int letra=65;
    for(int i=1;i<=4;i++){
        if(humpro[i-1]){
            areasProblemas=areasProblemas+(char)34+(char)letra+(char)34+(char)32;
        }
        letra++;
    }
    lcd.print(msg1);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(msg2);
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print(areasProblemas);
}
```

*Anexo 36: Código del módulo principal 11*

```
void fechaHora() {
    DateTime now = RTC.now(); //obtiene datos del modulo RTC
    lcd.setCursor(0,4);
    if(now.day() < 10)
    {
        lcd.print("0");
    }
    lcd.print(now.day(), DEC); //imprime dia
    lcd.print('/');
    if(now.month() < 10)
    {
        lcd.print("0");
    }
    lcd.print(now.month(), DEC); //imprime mes
    lcd.print('/');
    lcd.print(now.year(), DEC); //imprime el año
    lcd.print(" ");
    if(now.hour() < 10)
    {
        lcd.print("0");
    }
    lcd.print(now.hour(), DEC); //imprime hora
    lcd.print(':');
    if(now.minute() < 10)
    {
        lcd.print("0");
    }
    lcd.print(now.minute(), DEC); //imprime minutos
    lcd.print(':');
    if(now.second() < 10)
    {
        lcd.print("0");
    }
    lcd.print(now.second(), DEC); //imprime segundos
}
```

*Anexo 37: Código del módulo principal 12*

```
void calcularHum() {
    int d,u=0;
    hum=0;
    d=(cadenaSectorA[3]-48)*10;
    u=(cadenaSectorA[4]-48);
    humA=d+u;
    if (humA<70) {
        humpro[0]=true;
    }
    hum=hum+humA;
    d=(cadenaSectorB[3]-48)*10;
    u=(cadenaSectorB[4]-48);
    humB=d+u;
    if (humB<70) {
        humpro[1]=true;
    }
    hum=hum+humB;
    d=(cadenaSectorC[3]-48)*10;
    u=(cadenaSectorC[4]-48);
    humC=d+u;
    if (humC<70) {
        humpro[2]=true;
    }
    hum=hum+humC;
    d=(cadenaSectorD[3]-48)*10;
    u=(cadenaSectorD[4]-48);
    humD=d+u;
    if (humD<70) {
        humpro[3]=true;
    }
    hum=hum+humD;
    hum=hum/4;
}
```





*Anexo 38: Código del módulo principal 13*

```
void calcularLluvia() {  
    if(cadenaSectorA[2]==76 | cadenaSectorB[2]==76 | cadenaSectorC[2]==76 | cadenaSectorD[2]==76) {  
        lluvia=true;  
        pinMode(valvula1, LOW);  
        pinMode(valvula2, LOW);  
        pinMode(valvula3, LOW);  
        pinMode(valvula4, LOW);  
    }else{  
        lluvia=false;  
    }  
}
```

*Anexo 39: Código del módulo principal 14*

```
void cambiarMes() {  
  
    DateTime actual=RTC.now();  
    time_t fecha=actual.unixtime();  
    time_t fechaInicio=InicioMes.unixtime();  
    time_t diferencia = fecha - fechaInicio;  
  
    if(day(diferencia)>=30) {  
        mesActual++;  
    }  
}
```

*Anexo 40: Código del módulo principal 15*

```
void cerrarLlave() {
    for(int i=0; i<4; i++)
    {
        if(areas[i]){
            int hora=0, minu=0, seg=0;
            DateTime actual=RTC.now();
            time_t horaActual = actual.unixtime();
            time_t horaRiego = riegos[i].unixtime();
            time_t resta = horaActual-horaRiego;
            switch(mesActual) {
                case 1:
                    if(hour(resta)>=horasRiego[mesActual-1]) {
                        if(minute(resta)>=minutosRiego[mesActual-1]) {
                            pinMode(pines[i], LOW);
                            areas[i]=false;
                        }
                    }
                    break;
                case 2:
                    if(hour(resta)>=horasRiego[mesActual-1]) {
                        if(minute(resta)>=minutosRiego[mesActual-1]) {
                            pinMode(pines[i], LOW);
                            areas[i]=false;
                        }
                    }
                    break;
                case 3:
                    if(hour(resta)>=horasRiego[mesActual-1]) {
                        if(minute(resta)>=minutosRiego[mesActual-1]) {
                            pinMode(pines[i], LOW);
                            areas[i]=false;
                        }
                    }
                    break;
            }
        }
    }
}
```



*Anexo 41: Código del módulo principal 16*

```
void sectorManual() {  
    if(digitalRead(sectorA) == HIGH) {  
        char sectorManu[]="ARS82";  
        sector(sectorManu);  
    }  
    if(digitalRead(sectorB) == HIGH) {  
        char sectorManu[]="BRL79";  
        sector(sectorManu);  
    }  
    if(digitalRead(sectorC) == HIGH) {  
        char sectorManu[]="CRS65";  
        sector(sectorManu);  
    }  
}
```