

Sistema de riego automatizado para zonas rurales

Automated irrigation system for rural areas

Keyner Araya-Portuguez¹, Gustavo Fuentes-Quirós²

Araya-Portuguez, K; Fuentes-Quirós, G. Sistema de riego automatizado para zonas rurales. *Tecnología en Marcha*. Vol. 37, special issue. June, 2024. IEEE Latin American Electron Devices Conference (LAEDC). Pág. 92-102.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v37i5.7222>

1 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
 keyner3282@ieee.org
 <https://orcid.org/0000-0002-5584-7781>

2 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
 gustavo.fuentes.tec@gmail.com

Palabras clave

Agricultura; optimización; riego; automatización; tecnología; innovación.

Resumen

La agricultura es una actividad económica importante en nuestro país, ya que proporciona empleo a miles de personas y contribuye significativamente al PIB nacional. Según un informe de Jiménez en 2020, la agricultura contribuyó con el 9,1% del PIB en 2019. Además, el sector agropecuario genera alrededor del 11% del empleo en el país, según un artículo del periódico digital “El Guardián”. Sin embargo, la agricultura también enfrenta desafíos, especialmente durante la época seca, cuando las plantaciones pueden perderse si no se riegan adecuadamente. Por lo tanto, en este proyecto se propone un sistema de riego automatizado que ayudará a los agricultores a regar sus cultivos de manera más eficiente. Este sistema de riego utilizará aspersores, sensores de temperatura y humedad, y un PLC para controlar el riego de forma automática. El objetivo del proyecto es proponer un sistema de riego automatizado con el fin de ayudar a los agricultores que más lo necesitan al mejorar la eficiencia del riego. Si se implementa correctamente, el sistema de riego automatizado puede ayudar a reducir las pérdidas de cultivos durante la temporada seca, aumentando la producción y el rendimiento de los cultivos. Esto, a su vez, puede contribuir a la economía nacional al generar más empleo y aumentar la producción agrícola. En resumen, este proyecto tiene como objetivo mejorar la agricultura en el país y aumentar su contribución al desarrollo económico.

Keywords

Agriculture; optimization; irrigation; automation; technology; innovation.

Abstract

Agriculture is an important economic activity in our country, since it provides employment for thousands of people and contributes significantly to the national GDP. According to a report by Jiménez in 2020, agriculture contributed 9.1% of GDP in 2019. In addition, the agricultural sector generates around 11% of employment in the country, according to an article in the digital newspaper “El Guardian”. However, agriculture also faces challenges, especially during the dry season, when plantations can be lost if not adequately irrigated. Therefore, in this Project, an automated irrigation system is proposed to help farmers irrigate their crops more efficiently. This irrigation system will use sprinklers, temperatura, humidity sensors, and a PLC to automatically control irrigation. The Project aims to help farmers who need it most by improving irrigation efficiency. If implemented correctly, the automated irrigation system can help reduce crop losses during the dry season, increasing crop production and yield. This, in turn, can contribute to the national economy by creating more employment and increasing agricultural production. In short, this project aims to improve agriculture in the country and increase its contribution to economic development.

Introducción

Actualmente en muchas zonas del país en donde se practica la agricultura se ven fuertemente afectadas por la época seca (como por ejemplo Guanacaste o lugares en el valle central de Costa Rica como Ujarrás), la cual se da entre los meses de diciembre a mayo. Muchos agricultores se ven afectados por esta época y como solución a ello deben implementar sistemas de riego como lo son los aspersores de agua (Figura 1) o bien personas que de

manera manual se movilizan a lo largo de los cultivos con mangueras regando las plantas con agua de una en una (Figura 2). Ambos sistemas tienen muchas desventajas, empezando por los aspersores estos deben activarse y desactivarse de manera manual que por lo general es mediante válvulas, esto tiene varios problemas, para que se entienda mejor se va a explicar con un caso real, en la zona de Ujarrás de Paraíso de la provincia de Cartago es una zona en la que la agricultura es la principal actividad económica y cuyo principal cultivo es el chayote hay muchos agricultores tanto pequeños como medianos, así como grandes empresas dedicadas a cultivar y exportar el chayote, todos estos agricultores comparten un problema en común, la época seca, para combatir este problema se aprovechan las aguas de los ríos o bien se hacen excavaciones para tener acceso al preciado líquido. Sin duda alguna saber aprovechar este líquido es de vital importancia por lo que se requiere disminuir el desperdicio, utilizando sistemas de aspersores es una buena solución, sin embargo, el hecho de que tengan que ser activados y desactivados manualmente puede resultar en gastos mayores, tanto de agua como de dinero en personal. Debido a que en algunos casos las fincas son grandes el riego debe hacerse por zonas y por determinado tiempo, como se presenta en la figura 3 la finca se divide en zonas ya que la cantidad de agua no da abasto para poder ser regada toda la finca

simultáneamente y se debe tener a uno o más trabajadores pendientes todo el día para cerrar o abrir las válvulas necesarias. Y por otra parte se tiene el sistema de riego manual, el cual consiste en una o más personas regando las plantas de una en una, lo cual no cabe duda de que es lento e ineficiente debido a los desperdicios de agua que se originan. Se les consultó a tres pequeños agricultores y a un mediano sobre cuántas eran las pérdidas estimadas en la época seca, ellos nos comentaron que alrededor del 80% de los productos se pierden si no se riegan las plantas con agua en comparación a lo que se produce durante la época lluviosa, en cambio cuando ellos hacen uso de aspersores tienen pérdidas aproximadas al 15% pero además de esto se le debe sumar los costos por inversión en sistema de riego y el personal adicional que se requiera para esto. Por lo que se puede ver hay un problema al que se le puede aportar una solución.



Figura 1. Sistema de riego por aspersión.



Figura 2. Riego de plantas manual.

Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8

Figura 3. Distribución de una finca para el riego por aspersores.

Los objetivos de este proyecto se detallan a continuación:

- Proponer un sistema de riego por aspersores automatizado para las empresas agricultoras que deseen optimizar y mejorar sus procesos de riego.
- Demostrar que la realización de este proyecto es rentable y que mediante él se pueden hacer ahorros no solo de dinero sino también de uno de nuestros recursos naturales más preciados que es el agua.
- Simular el sistema de riego mediante el software de computadora llamado CadeSimu, con esta simulación se podrá corroborar que el proyecto funciona.

Definición del problema a resolver

El problema como ya se ha mencionado anteriormente consiste en mitigar lo más posible los efectos ocasionados por la época seca de nuestro país en la agricultura. Los métodos que se tienen actualmente para combatir este problema son básicamente dos, el primero de ellos es el sistema de aspersores y el segundo el sistema de riego manual. El problema de estos métodos es que son ineficientes, por ejemplo, se le consultó a la empresa B Y C Exportadores (empresa real ubicada en Ujarrás) sobre sus métodos de riego y ellos nos comentan que utilizan los dos métodos mencionados anteriormente, nos dicen que los principales problemas de estos es depender demasiado del personal, ya que para el sistema de riego por aspersores deben tener a dos personas por turno encargadas de abrir y cerrar las válvulas, algunos de estos aspersores trabajan inclusive de noche por lo que se debe tener personal en la noche lo que implica más gastos. Mientras que para el sistema de riego manual se tienen lo que la empresa consultada llama “cuadrillas” el cual consiste de un grupo de al menos cuatro personas por finca (no se nos reveló el número de fincas, pero se estima que pueden ser alrededor de diez)

que van regando las plantas de una en una con grandes mangueras, lo cual genera aún más gastos para la empresa. En la tabla 1 se pueden apreciar los gastos aproximados (ya que la empresa no quiso dar datos exactos) en salarios cuando se utiliza el sistema de riego por automatización, según nos dijo la persona de la empresa con la que hablamos por día hay seis encargados del sistema de riego, distribuidos en todas las fincas, se nos dijo también que los días de trabajo por mes son quince debido a que no se riegan las plantaciones todos los días, sino que cada día por medio. Además, en la tabla 2 se pueden observar los gastos en salarios para cuando el riego se hace de manera manual, cabe aclarar que ambos métodos se usan muchas veces simultáneamente en diferentes fincas, es decir, hay fincas en las que aún no se han instalado los sistemas de riego por aspersión ahí es donde se utiliza la forma de riego manual. Por lo tanto, si se suman los gastos de ambos métodos de riego se tendría un gasto total de ₡28 080 000,00 por época seca. Cabe aclarar que los salarios mencionados a continuación en la columna llamada salario por persona se refiere al salario diario de una persona en colones.

Cuadro 1. Gastos aproximados en salarios de trabajadores encargados del sistema de riego por aspersión en la empresa ByC Exportadores.

Cantidad de trabajadores	Salario por persona	Total por día	Total por mes (15 días)	Total por época seca
6	₡12 000,00	₡72 000,00	₡1 080 000,00	₡6 480 000,00

Cuadro 2. Gastos aproximados en salarios de trabajadores de las cuadrillas para riego manual en la empresa ByC Exportadores.

Cantidad de trabajadores	Salario por persona	Total por día	Total por mes (15 días)	Total por época seca
20	₡12 000,00	₡240 000,00	₡3 600 000,00	₡21 600 000,00

Justificación

La propuesta de este proyecto va dirigido a implementar nuevas tecnologías así como de mejorar las actuales que existen en el campo de la agricultura, en nuestro país no es para nada común ver mucha tecnología en los campos. Este proyecto se debe hacer porque las empresas están gastando dinero de más en sistemas de riego que no son eficientes o al menos pueden mejorarse, se pueden implementar sistemas tecnológicos y tener ahorros muy significativos. A pesar de que la inversión inicial puede ser algo que a la empresa no le guste se puede comprobar que a mediano y largo plazo tiene resultados muy buenos, además de que no requiere mucho personal (con una o dos personas encargadas de monitorear y darle mantenimiento al sistema puede que sea suficiente). Otra razón de peso para realizar este proyecto es el ahorro que se genera y no solamente de capital sino también del agua ya que con este sistema propuesto se evitan desperdicios debido a que este tendrá los tiempos bien establecidos mediante temporizadores, ya que cuando el sistema de riego no está automatizado depende directamente de una persona para que las válvulas se cierren por lo que si una persona se tarda mucho en llegar debido a contratiempos o porque es un personal ineficiente el agua se puede estar desperdiciando y se le estaría regando a las plantaciones más de lo que necesiten. Esto es una razón muy importante para implementar el proyecto ya que si la empresa tiene agua limitada con este sistema se regula muy bien el agua, además de que se ahorra dinero por uso innecesario de agua.

Marco teórico

Para la implementación de este proyecto se requiere conocer sobre la lógica programada, la cual según Oliver (2007) “son circuitos integrados que contienen una gran cantidad de celdas básicas, específicamente compuertas y registros, cuyas interconexiones pueden ser configuradas por el usuario para dar lugar a un diseño determinado”, la ventaja de utilizar este método y no utilizar lógica cableada es que resulta más fácil implementarlo ya que se puede programar de manera sencilla mediante computadora y luego cargarlo al PLC mediante cables de ethernet, además de que ocupa menos espacio y al estar en una finca no es necesario construir algo grande para guardar los contactores, con una construcción sencilla en la que se guarde el PLC de la intemperie es suficiente. Para la elaboración del sistema con lógica programada se requiere de un PLC (controlador lógico programable), sensores de temperatura los cuales como su nombre lo indica cambiarán de estado conforme se le indique a qué temperatura debe hacerlo, sensores de humedad, temporizadores y electroválvulas. Cabe destacar que un PLC puede ser programado en varios lenguajes de programación. Una vez definido los conceptos más importantes se debe proceder a plantear el sistema en uno de los idiomas de programación en este caso el lenguaje escogido es el grafcet (gráfico funcional de control de etapas y transiciones), se elige este por su sencillez para entender su funcionamiento, lo cual facilita su instalación y su mantenimiento. Para la creación de un grafcet primero tenemos que definir las entradas y salidas que tenemos en el sistema, esto lo podemos ver en la siguiente tabla de símbolos.

Cuadro 3. Entradas y salidas.

Entradas	Simbología	Salidas	Simbología
Arranque	A	Luz verde	LV
Pare	P	Timer 0	T0
Timer 0	T0	Electroválvula 1	EV1
Sensor de calor	SC	Timer 1	T1
Timer 2 días	T2	Sensor de humedad	SHum
Timer 1	T1	Timer 2	T2
Electroválvula	SH	Electroválvula 3	EV3
Timer 2	T2	Timer 3	T3
Timer 3	T3	Sensor de humedad 2	SHum2
Sensor de humedad 2	SH2	Timer 4	T4
Timer 4	T4	Electroválvula 3	EV3
Timer 5	T5	Timer 5	T5
Sensor de humedad 3	SH3	Sensor de humedad 3	SHum3
Timer 6	T6	Timer 6	T6
Timer 7	T7	Electroválvula 4	EV4
Sensor de humedad 4	SH4	Timer 7	T7
Timer 8	T8	Timer 8	T8

Como paso siguiente se tiene que hacer el diafragma de etapas y transiciones (Grafcet) que va a representar el funcionamiento del proceso, este va a reflejar todos los pasos que se requieran y la secuencia que se seguirá.

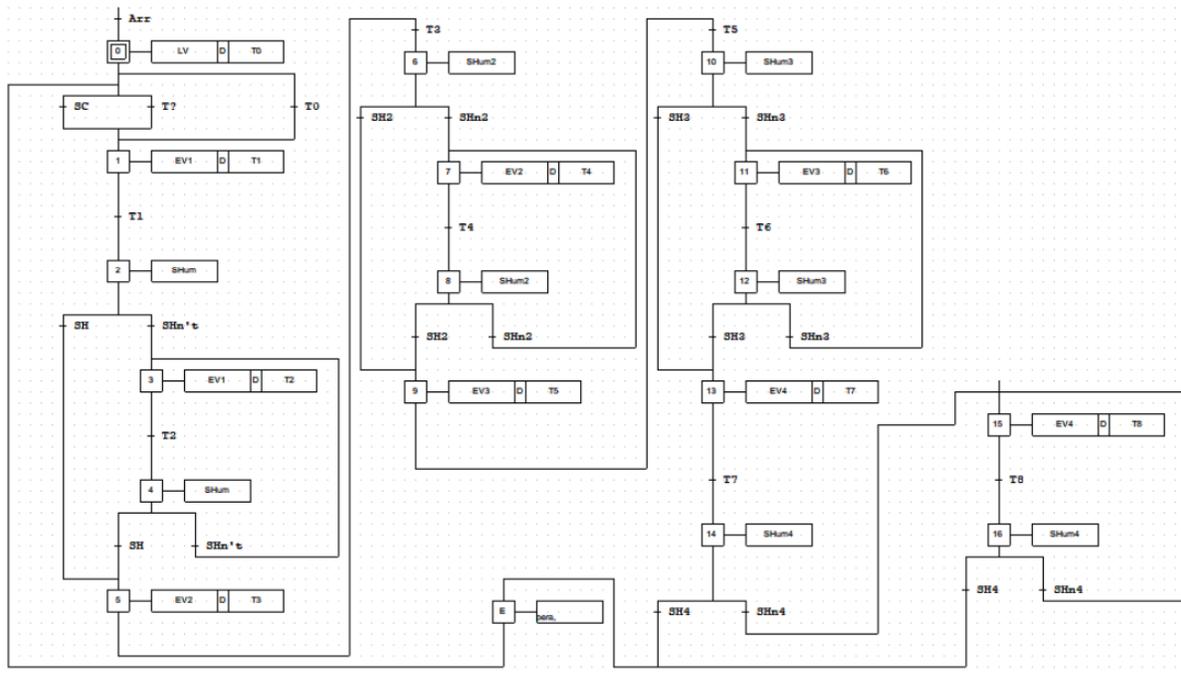


Figura 4. Graficet del sistema.

Después de todo el contexto técnico se va a enfocar, en el aspecto económico, este es de suma importancia para la empresa, ya que este es el principal eje para decidir si un proyecto es aprobado o no, debido a que si se presenta un sistema que genera más gastos, es casi imposible que se aplique en una empresa. Cabe aclarar que los montos presentados a continuación se muestran en colones.

Cuadro 4. Gastos estimados de realizar el trabajo automatizado.

Costo	Automatizado		
	Cantidad	Mensual	Anual
Salarios (Mantenimiento)	1	500000	6000000
Sensor de humedad	4	120000	Inversión Inicial
Electroválvulas	4	160000	Inversión Inicial
PLC	2	1077680	Inversión Inicial
Mangueras	1 km	2000000	Inversión Inicial
Cableado General	1	300000	Inversión Inicial
Aspersores	40	3120000	Inversión Inicial
Instalación	1	2000000	Inversión Inicial
Total		4077680	Por Finca

Resultados y explicación de la solución propuesta

Se tiene una finca utilizada para la plantación de productos agrícolas en la que se desea automatizar un sistema de riego, la finca se divide en cuatro secciones y cada sección posee diez aspersores por los que sale el agua, estos aspersores se interpretan como electroválvulas

en el graficet y en el esquema de contactos. Las electroválvulas se activarán por zonas de manera progresiva, es decir, primero la zona uno, luego la zona dos y así sucesivamente. Cada zona tendrá las electroválvulas abiertas por una hora y al finalizar cada zona mediante sensores de humedad se determinará si la humedad es adecuada o si es insuficiente, en caso de ser insuficiente se vuelven a activar las electroválvulas por media hora más y si es suficiente no se activará más y pasará a la siguiente zona, si todas las zonas están listas el proceso entra a una etapa de espera la cual determinara el siguiente riego el cual será dentro de 2 días, existe la posibilidad de que el sistema se active antes de tiempo en caso de que un sensor de calor se active al alcanzar una temperatura establecida para evitar el reseque de la tierra y el daño a la plantación. El sistema se activa mediante un botón pulsador por un operario, donde hará un riego inmediato. Para la creación del sistema se inicia con la idealización de un sistema graficet ya que este permite la automatización de un proceso de una manera simple y accesible para todo usuario en este caso dirigido a dueños de fincas y campesinos, el sistema graficet consta de una serie de etapas de activación donde se riega la zona requerida de una forma temporizada y se comprueba el grado de humedad de la tierra para garantizar un riego exitoso, de ser contrario existe un lazo para un segundo riego el cuál se repetirá hasta que el sensor de humedad garantice el riego deseado.

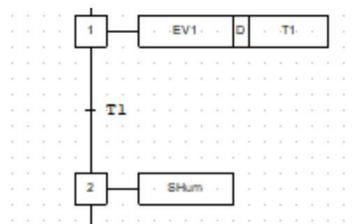


Figura 5. Etapa de riego y sensor de humedad.

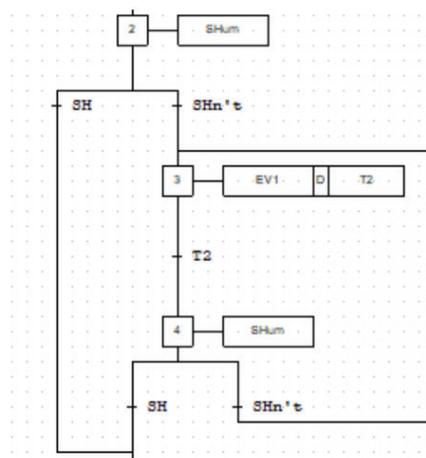


Figura 6. Segunda etapa de riego y lazo cíclico.

Este proceso se repite para las 4 zonas de riego hasta cumplir con todos los parámetros de humedad deseados, una vez finalizado se entra a la etapa de espera donde se esperará la siguiente señal de activación sea el timer de 2 días o el sensor de calor.

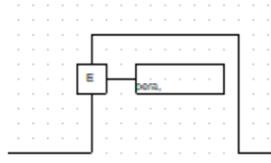


Figura . Etapa de espera (E)

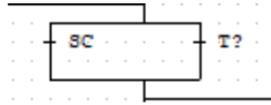


Figura 7. Convergencia en O para la nueva activación.

Conclusiones

1. La propuesta del sistema de riego automatizado se realizó de manera satisfactoria y se le puede presentar a cualquier empresa agrícola que requiera sistema de riego y que posea personal destinado al área de riego o un sistema de riego ineficaz en general.
2. En la sección “Definición del problema a resolver” de este paper se estimó que los gastos actuales de la empresa por año son de ₡28 000 000 (por todas las fincas), mientras que en la tabla 3 se estimó que para el primer año la inversión debe ser de ₡4 100 000 por finca, es decir ₡41 000 000 en total, es un precio elevado debido a que se debe realizar la compra de los equipos necesarios y se debe hacer la instalación, para el segundo y demás años los gastos serán únicamente de salarios y mantenimiento estimado en ₡5 000 000 anual por todas las fincas de la empresa, por lo que si se analiza en un plazo de cinco años los gastos por métodos actuales serían de ₡140 000 000, mientras que si se automatiza el proceso los gastos serán aproximadamente de ₡66 000 000, lo cual a este punto se lograría reducir los gastos de la empresa a la mitad recuperando así la inversión inicial y ahorrando hasta ₡20 000 000 anuales una vez recuperada la inversión inicial.
3. La implementación de un sistema automatizado permitió realizar el trabajo de riego, garantizando un riego adecuado y eficiente, sin necesidad de hacerlo manualmente lo cual requeriría de personal y sería un trabajo bastante complejo y longevo. La disminución de mano de obra humana beneficia al propietario ya que no debe invertir en personal que realice el trabajo y se ahorra tiempo el mismo en caso de tener que hacer este trabajo de forma manual.

Recomendaciones

1. Los propietarios de terrenos de agricultura tienen que empezar a interesarse por la automatización de sus procesos, ya que estos pueden hacer más sencillos y más baratos sus procesos.
2. La automatización no solo se encuentra en procesos tecnológicos de alto costo, con pequeños procesos que puedan realizarse de forma automática mediante soluciones simples se pueden optimizar mucho los recursos.
3. Una continua actualización de los métodos de producción genera una industria que puede llegar a competir de forma más fácil con otras debido a los bajos costos de producción.
4. Es recomendable tratar de implementar sistemas de lógica programada en lugar de lógica cableada por la facilidad de implementación de cambios en el sistema.

5. La agricultura actualmente es un área olvidada en una sociedad moderna, esto debido a la falta de modernización en los procesos. Una reforma en cada uno de los sectores agrícolas puede generar un cambio en cómo se visualiza esta área.

Referencias

- [1] El Sector Agropecuario en la economía costarricense 2003-2019. (2020, septiembre). Recuperado de: http://www.sepsa.go.cr/docs/2020-014-Sector_Agropecuario_economia_costarricense_2003/2019.pdf
- [2] López Mariño, M. A. (2003). Aplicación de una metodología de diseño de ingeniería para la automatización de un proceso de demostración de tanques, bombas, y válvulas usando Grafcet (S7 Graph).
- [3] Reyes, N. R. (2022, 22 noviembre). Productores agrícolas dicen no a Alianza del Pacífico. El Guardián CR. Recuperado de: <https://elguardian.cr/productores-agricolas-dicen-no-a-alianza-del-pacifico/>
- [4] Oliver, J. P. (2007). Diseño digital utilizando lógica programable: aplicaciones a la enseñanza.
- [5] Bermeo Ayala, N. G. (2022). Diseño, programación e implementación de controladores en PLCs para control de sistemas: diseño y construcción de un módulo para el control de un proceso industrial secuencial programado con metodología GRAFCET (Bachelor's thesis, Quito: EPN, 2022.).

AUTOMATED IRRIGATION SYSTEM FOR RURAL AREAS

Keyner Araya Portuguez
Gustavo Fuentes Quirós

Instituto Tecnológico de Costa Rica

keyner3282@ieee.org

gustavo0010@ieee.org

Introduction

Agriculture is a vital economic activity in our country, providing employment and contributing significantly to the GDP. A proposed project aims to improve irrigation efficiency by implementing an automated system using sprinklers, sensors, and a PLC. This system can help reduce crop losses during the dry season, increase production, and create more employment opportunities. The project's goal is to enhance agriculture and its contribution to economic development

Results and Discussion

The most effective approach for this project is to use solenoid valves that are progressively activated by zones. Each zone's solenoid valves will be open for one hour. At the end of each zone, humidity sensors will assess the moisture level. If it's insufficient, the solenoid valves will be activated for an additional half an hour. If it's enough, no further activation is needed, and the system moves to the next zone. Once all zones are completed, the system enters a waiting stage to determine the next irrigation, scheduled within two days. This process continues for all stages of the irrigation system.

Materials and Methods

The project requires understanding logic programming and its advantages over hardwired logic. Using programming allows for easier implementation and can be done on a computer before uploading it to the PLC. In terms of construction, a simple shelter for the PLC is sufficient in the agricultural area. The chosen programming language for this project is Grafset, known for its simplicity and ease of understanding, installation, and maintenance. Inputs and outputs of the system need to be defined for the Grafset design.

Conclusions / Next Steps

The proposal for the automated irrigation system has been successfully implemented and can be presented to agricultural companies in need of an efficient irrigation solution. This automated system eliminates the need for manual intervention, reducing labor costs and complexity. By continuously updating production methods, agricultural companies can compete effectively by benefiting from lower production costs.

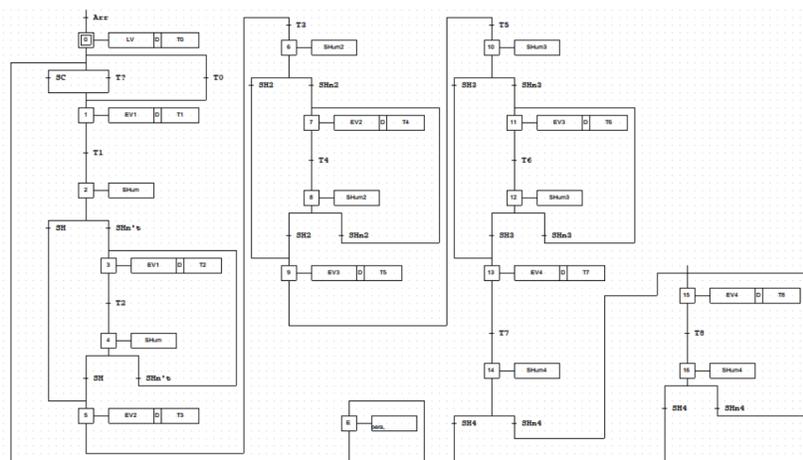


Figure 1. Grafset of the system (own elaboration)