

# Arduino en la automatización de los sistemas de riego

## Arduino in the automation of irrigation Systems

Williams R. Cervantes

*Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí*

*Manuel Félix López*

*Correo: wil\_taz777@hotmail.com*

Luis A. Santana

*Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí*

*Manuel Félix López*

*Correo: bmolina@espam.edu.ec*

Bethsy A. Molina

*Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí*

*Manuel Félix López*

*Correo: alitaquinex1202@hotmail.com*

Fecha de recibido: 19/09/2016 y Fecha de aprobación: 30/09/2016

### Resumen

El propósito principal de la investigación es integrar la tecnología de la placa Arduino a los sistemas de riego con la finalidad de mejorar el control del agua en el riego, evitar el desperdicio y mal uso del líquido vital. Para esto se utilizó la metodología de hardware libre, se inició por el análisis y alcance en los sistemas de riego utilizados habitualmente, lo que determinó los componentes que complementarán/complementaron la automatización y tecnificación del riego, como lo son: módulo Relé, módulo lector de micro SD, módulo RTC, módulo LCD, electroválvula. Fue necesario recopilar información, para determinar los sectores estratégicos en la instalación de los actuadores en el riego, se realizaron pruebas en prototipos, donde se obtuvo como resultado el correcto funcionamiento del control. Finalmente se sometió a prueba en campo real donde se verificó y demostró el buen funcionamiento de la placa Arduino en la automatización del riego, con resultados óptimos en el manejo del uso de agua.

**Palabras Clave:** *Módulos RTC, Modulo Relé, Prototipos, Tecnificación, Tecnología.*

### Abstract

The purpose of the research is to integrate Arduino's board technology in the irrigation systems in order to improve control of irrigation water, and avoid the waste and misuse of this vital liquid. In order to achieve this, we used the free hardware methodology, which was initiated by an analysis and scope of the irrigation systems commonly used, which determined the components that complement the automation and irrigation technology, as are: Relay module, SD micro reader, RTC module, LCD module, solenoid module. It was necessary to gather information to determine the strategic sectors in the installation of actuators in the irrigation, tests were performed on prototypes, and the result of those test were the proper functioning of the control. Finally, it was tested in a real field where the proper functioning of the implementation of the Arduino board in automation irrigation was verified, obtaining favorable results in the good management of water used in irrigation.

**Keywords:** *RTC Modules, Relay Module, Prototyping, Modernization, Technology.*

### 1. Introducción

El agua es un recurso natural, vital y vulnerable que se renueva a través del ciclo hidrológico en sus diversos estados, por lo cual el uso y aprovechamiento del recurso se debe efectuar en condiciones racionales y compatibles con la

capacidad de recuperación y regeneración de los ecosistemas involucrados, en beneficio de las generaciones futuras. El agua tiene valor social y ambiental. Su aprovechamiento debe basarse en el equilibrio permanente entre estos y la eficiencia en la utilización del recurso hídrico. El cuidado y la protección del agua y su adecuada gestión y consumo es el objetivo prioritario de organismos internacionales, gobiernos nacionales y de organizaciones no gubernamentales [6], todo esto en base a la gran cantidad de desperdicio que infringe en el control inadecuado en áreas como la agroindustria, agricultura y demás.

Los sistemas de riego son esenciales en el desarrollo agropecuario, por lo que sus mejoras son necesarias. Tanto así que optimizar el funcionamiento de estos sistemas en la actualidad ya no es un lujo sino una prioridad, ya que permite aliviar en parte la problemática del desperdicio de agua que se suscita en la gran mayoría de estos riegos anti-técnicos [4].

Existen muchos y variados sistemas de riego, los cuales se encuentran en permanente revisión, ya que se trata de una tecnología que se ha ido desarrollando al mismo tiempo que ha avanzado la sociedad. Las zonas verdes han pasado de ser un lujo a una necesidad y el riego es la operación más importante para mantenerlas [5].

A pesar de que en los últimos años se han desarrollado sistemas para la determinación, automatización, que es la aplicación de la automática al control de procesos [11], son pocos los sistemas de control del riego que han encontrado en la práctica una aceptación considerable. Esto se debe principalmente a la alta demanda de tiempo, trabajo y capacitación para operar y alimentar de datos e información estos sistemas; además, no se tiene el suficiente conocimiento sobre los resultados que estos tienen sobre el consumo de agua y los rendimientos de los cultivos o plantas [7].

Con estos antecedentes se procedió a desarrollar un control de riego utilizando como base la placa Arduino, dispositivo de hardware libre, económico, que puede ser programado de acuerdo a la necesidad que se requiera atender [10]. Personalizar el control de riego en beneficio de la agricultura en general, es dar una solución al manejo del agua en los cultivos, ya que estos controles son monitoreados por el usuario. El funcionamiento del sistema es establecido de acuerdo al cultivo en el que se va a implementar. En síntesis, el objetivo principal del proyecto era la implementación de un sistema de riego automatizado y tecnificado que permitiera que los procesos de irrigación se realizaran de manera eficaz y eficiente en las áreas de los cultivos agrícolas.

## **2. Materiales y métodos**

Para el diseño del control en la automatización en los procesos de riego se utilizó el método más usado en cuanto a creación de hardware como lo es la metodología hardware libre [8]. Como herramienta para el diseño, automatización e implementación del control de riego en complemento con puntos de la metodología software libre, conceptualización de proyectos de software libre, administración de proyectos de software libre y construcción de aplicaciones de software libre [2].

### **Fase 1. Proceso de conceptualización**

En la parte de conceptualización, se precisaron los objetivos y necesidades del sistema de riego, se estructuraron y definieron las áreas a implementar la automatización del sistema de riego junto con el alcance que esta tendría en el riego.

En las Tablas 1 y 2 se detallan las fases de los procesos de conceptualización, para obtener el análisis, solución del problema en el sistema de riego [1].

**Tabla 1.** Análisis y reflexión sobre problemas y soluciones.

Análisis y reflexión sobre problemas y soluciones					
Actividad	Responsables Participantes	Insumo	Observaciones	Técnicas/ Herramientas	Productos
Identificar problemas y necesidades	<b>Responsable:</b> Los autores <b>Participantes:</b> Usuarios del sistema de riego	Problemas y requerimientos		<b>Técnicas:</b> Encuesta	Encuesta
Análisis y reflexión sobre los problemas y sus posibles soluciones	<b>Responsable:</b> Los autores <b>Participantes:</b> Usuarios del sistema de riego		Se consideró la solución más adecuada en base a la necesidad de mejorar el control de riego	<b>Técnicas:</b> Planificación estratégica de la ubicación del control y módulos	Realizar una automatización del control de riego.

**Tabla 2.** Definición del alcance de la investigación.

Definición del alcance de la investigación					
Actividad	Responsable Participantes	Insumo	Observaciones	Técnicas/ Herramientas	Productos
Definición del alcance de la investigación del proyecto	<b>Responsable:</b> Los autores <b>Participantes:</b> Usuarios del sistema de riego El autor.	Propuesta del desarrollo de la solución y su factibilidad		Alcance del proyecto	Identificar las necesidades del proceso de sistema de riego

## Fase 2. Proceso de administración

Este proceso se elaboró con base en los resultados que fueron extraídos de los distintos procesos de conceptualización. Al respecto, fueron tomadas decisiones acerca del sistema en cuanto a la arquitectura, necesidades del sistema y la asignación de los componentes de hardware y software. Los detalles y restricciones son presentados en las Tablas 3 y 4.

**Tabla 3.** Descripción del dispositivo a desarrollar.

Descripción del dispositivo a desarrollar					
Actividad	Responsable Participantes	Insumo	Observaciones	Técnicas/ Herramientas/ Plantillas	Productos
Automatización de los procesos del control de riego con una placa Arduino y actuadores	<b>Responsables:</b> Los autores <b>Participante:</b> Los autores	Ficha técnica	El usuario modifique el horario de riego de acuerdo con la conveniencia de cada sembradío.	Descripción del dispositivo requerimientos	Esquema y Diagrama electrónico

**Tabla 4.** Administración técnica del proyecto.

Administración técnica del proyecto					
Actividad	Responsable Participantes	Insumo	Observaciones	Técnicas/ Herramientas/ Plantillas	Productos

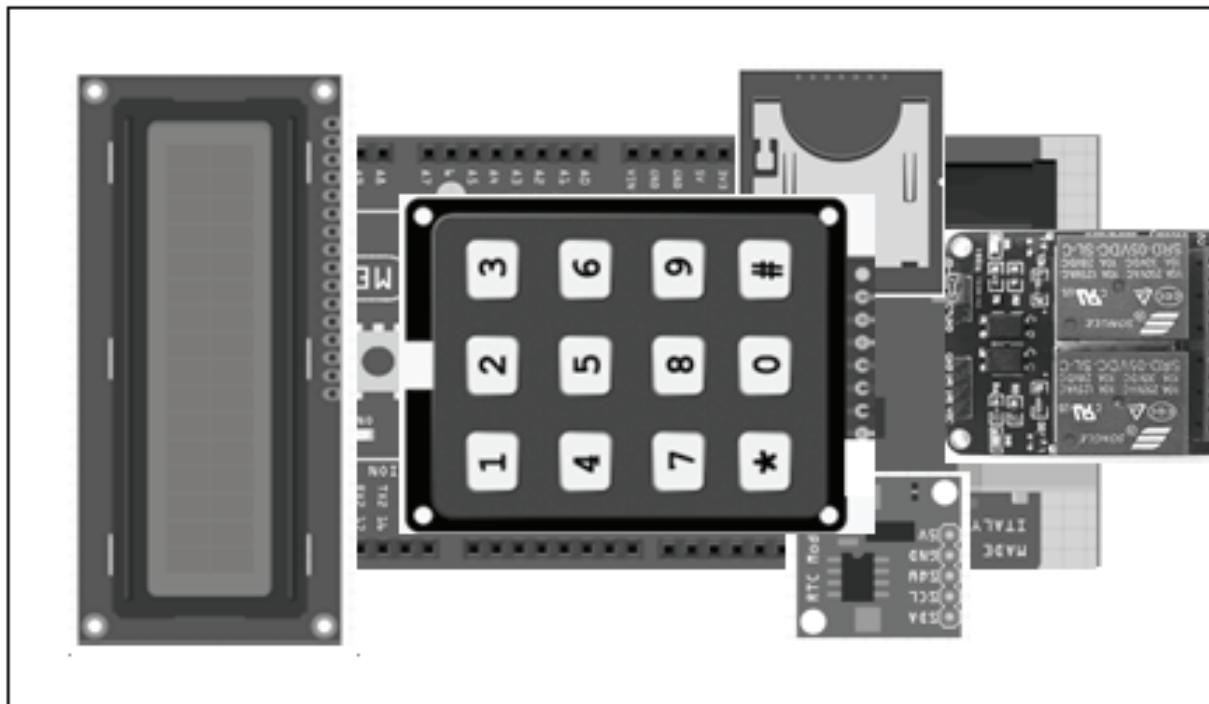
Requerimientos del código fuente Sistema de Riego	<b>Responsable:</b> Los autores  <b>Participante:</b> Los autores y Usuarios del sistema de riego	Editor de lenguaje Arduino -1.6.4-windows	Uso de librerías adecuadas a los módulos del Arduino	Caso de uso	Diagrama de flujo para elaboración del código fuente.
---	---	--	--	-------------	---

*Proceso de administración de hardware y software*

En el proceso de administración de hardware se empleó el componente Arduino como hardware libre, hardware programable, conveniente a las necesidades que presenta el control de riego, adaptable a múltiples componentes periféricos, que son necesarios para complementar la automatización del control de riego. Adicionalmente, se definieron los procesos que cumplirán cada uno de los módulos y actuadores, de acuerdo a la información acerca de las características y desempeño necesarios. Se procedió a la búsqueda de los componentes a implementar en la automatización del sistema de riego.

*Diseño de objetos*

Se elaboró un modelo detallado del sistema de riego, sin descender en detalles particulares, para elaborar los procesos que forman parte en el control del riego con enfoque a la orientación del mundo real. El diseño del mismo se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Diseño del control de riego y sus actuadores.

**Fase 3. Proceso de Desarrollo**

El proceso de desarrollo se divide en tres etapas que son: (i) Especificación de hardware; (ii) Programación de dispositivos y, (iii) Desarrollo. En la Tabla 5, son presentados los avances realizados en la especificación del hardware estático con sus respectivos productos.

**Tabla 5.** Especificación de hardware.

Especificación de hardware estático					
Actividad	Responsable Participantes	Insumo	Observaciones	Técnicas/ Herramientas	Productos
Especificación del diagrama esquemático	<b>Responsables:</b> Los autores <b>Participantes:</b> Los autores	Especificaciones del diseño esquemático	Acondicionamiento de las posiciones del módulo según su estructura.	Diseño esquemático	ESQUEMA DE MONTAJE ELECTRÓNICO
Verificación del Trazado	<b>Responsables:</b> Los autores <b>Participantes:</b> Los autores	Circuito impreso en digital		Fritzing.0.9.2b. 64 bits	Impresión de diseño del circuito impreso

### Proceso de codificación

El proceso de codificación fue realizado mediante la recolección de información ya analizada y procesada en los métodos usados en los procesos anteriores, los cuales son detallados en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Programación de dispositivos.

Programación de Dispositivos					
Actividad	Responsable Participantes	Insumo	Técnicas/ Herramientas	Productos	
Desarrollo del código fuente del dispositivo	<b>Responsables:</b> El autor. <b>Participantes:</b> El autor.	Librerías de funcionamiento del dispositivo	Programación de Arduino, Software Arduino	Código fuente del dispositivo	
Simulación	<b>Responsables:</b> El autor. <b>Participantes:</b> El autor.	Código fuente del dispositivo	Mejoras del código en caso de que no cumpla con los requerimientos	Comprobación de la funcionalidad del código fuente	

### Integración

En el Tabla 7 se muestra el proceso de integración entre los módulos, la placa impresa, junto con el Arduino Mega y los circuitos integrados. En la Figura 2 es presentada la placa junto a los módulos o componentes integrados. Fue necesaria la guía del proyecto Creación de un ambiente Tecnológico para el Diseño de Circuitos Integrados de Páez y Gerard (2007), en la integración de la placa con sus componentes, para la elaboración del HDL “Desarrollo de Hardware libre” del control de riego.

**Tabla 7.** Integración.

Actividad	Responsable Participantes	Integración		
		Insumo	Técnicas/ Herramientas	Productos
Integración de los módulos, programación de dispositivos	<b>Responsables:</b> Los autores  <b>Participantes:</b> Los autores	Placa con el circuito impreso	Programación de Arduino, software Arduino	Placa con software y hardware Integrada



**Figura 2.** Integración de los módulos con la placa.

**Proceso de prueba y presentación**

Álvarez *et al.* (2009) indican que en esta etapa se busca implementar el controlador en un entorno de hardware determinado. Este trabajo está basado en el uso de microcontroladores utilizando el lenguaje de programación C. El uso de este lenguaje ha sido un avance importante a la hora de implementar controladores, dado que el compilador C; resuelve por ciertas complejidades que deben ser manejadas en forma precisa. El correcto funcionamiento del control de riego fue verificado, evidenciando el adecuado desempeño junto a los diferentes componentes periféricos que lo conforman, tales como el modulo SD, módulo RTC, módulo, Relé, pantalla LCD. La verificación y simulación son presentados en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Verificación y Simulación.

Actividad	Responsables Participantes	Verificación y Simulación			
		Insumo	Observaciones	Técnicas/ Herramientas	Productos
Verificación de las etapas luego de la integración	<b>Responsables:</b> Los autores  <b>Participantes:</b> Los autores	Ficheros del proyecto	En función de los requerimientos del sistema	Verificación del software integrado al hardware	Simulación

En la Figura 3 se muestra la verificación y simulación desarrollada en los procesos que se efectúan en la tecnificación

del riego y liberación del código y control de riego, terminado e instalado (Tabla 9).



**Figura 3.** Implementación del control estable y terminado.

**Tabla 9.** Liberación del hardware y software.

Liberación					
Actividad	Responsables Participantes	Insumo	Observaciones	Técnicas/ Herramientas	Productos
Liberación del control de riego	<b>Responsables:</b> Los autores  <b>Participantes:</b> Los autores	Hardware terminado	Búsqueda de lugar óptimo para su implementación		Producto estable y terminado

### 3. Resultados

La provincia de Manabí tiene condiciones favorables para el desarrollo agropecuario especialmente en la zona norte, el cual puede ser mejorado substancialmente con el sistema de riego del Plan Provincial de Riego. Tomando en consideración la demanda agrícola en esta zona, a través del sistema es posible favorecer el control de flujo de agua que reciben las plantaciones, ya que este aspecto influye en la calidad y estado del producto final.

#### Fase 1. Proceso de conceptualización

Fueron identificadas las necesidades que presentaba el sistema de riego, así mismo fue analizado el funcionamiento y desempeño que el sistema mostraba en los cultivos. Además, fue elaborado un modelo detallado del sistema de riego sin descender en detalles particulares, para elaborar los procesos que se tomaron en el control de riego orientado a atender una problemática del mundo real.

En la Figura 4 se observa el diseño terminado, de la placa Arduino con sus respectivos actuadores en el control del sistema de riego, el cual fue integrado a los conductos encargados de distribuir el agua por los puntos o aspersores establecidos en el área de riego. A este sistema se le ubicó una electroválvula que es controlada por el control de riego.

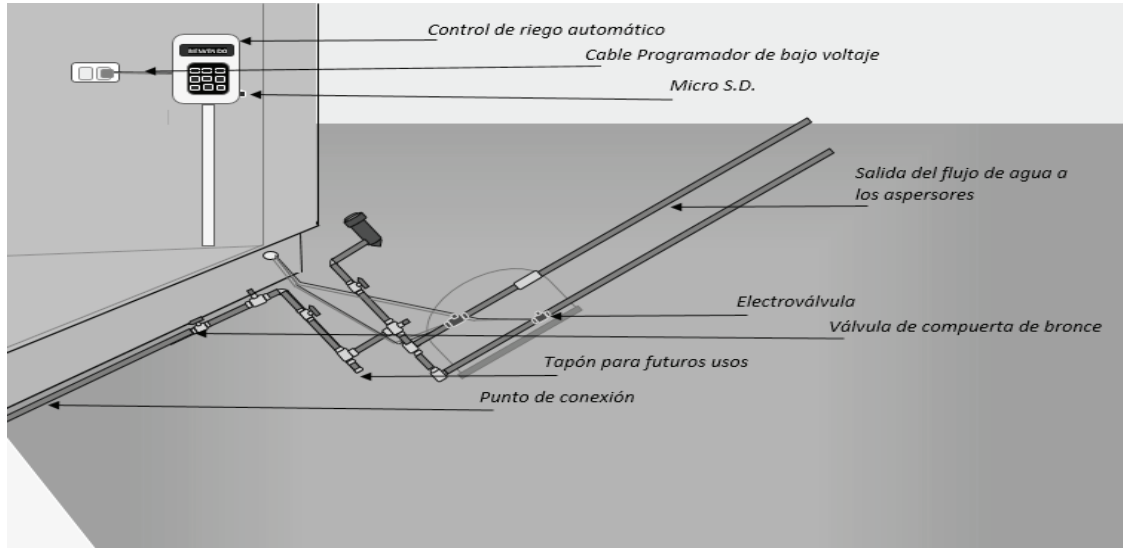


Figura 4. Tecnificación del controlador de sistema de riego.

## Fase 2. Proceso de administración

Se llevó a cabo la administración de asignación de componentes software y hardware lo que mostró como resultado el desarrollo del esquema, diagrama electrónico, diseño del circuito integrado (ver Figura 5, 6 y 7).

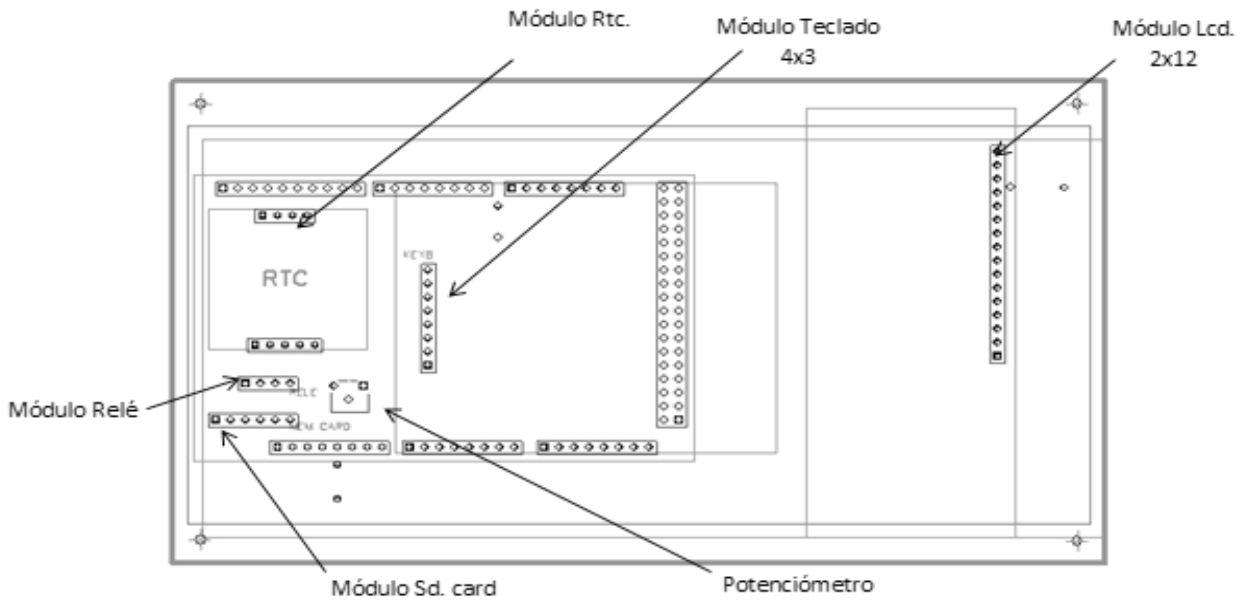


Figura 5. Esquema de montaje electrónico.



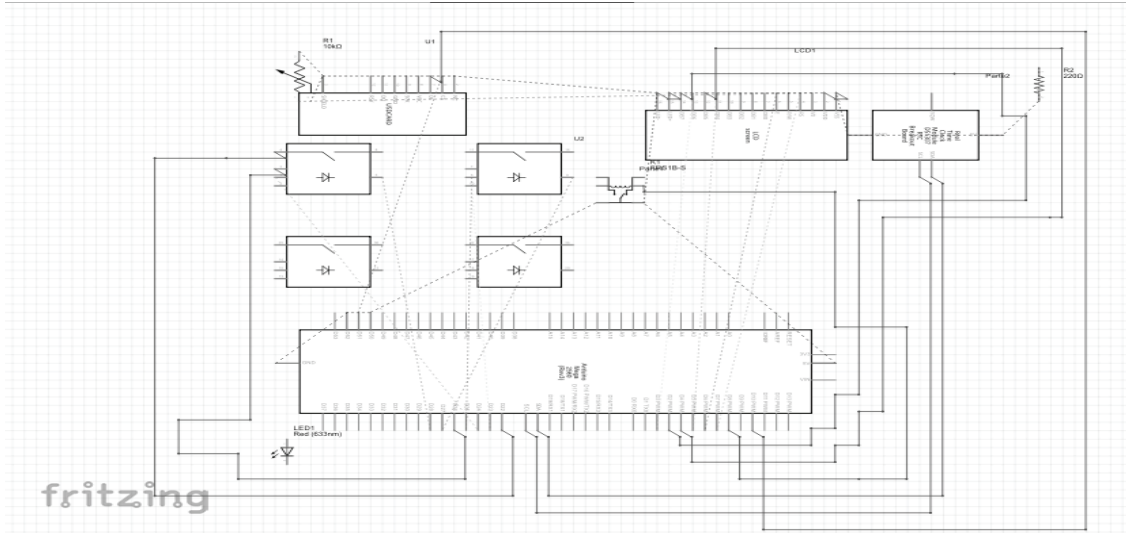


Figura 6. Esquema electrónico de los componentes que conforman el control de riego.

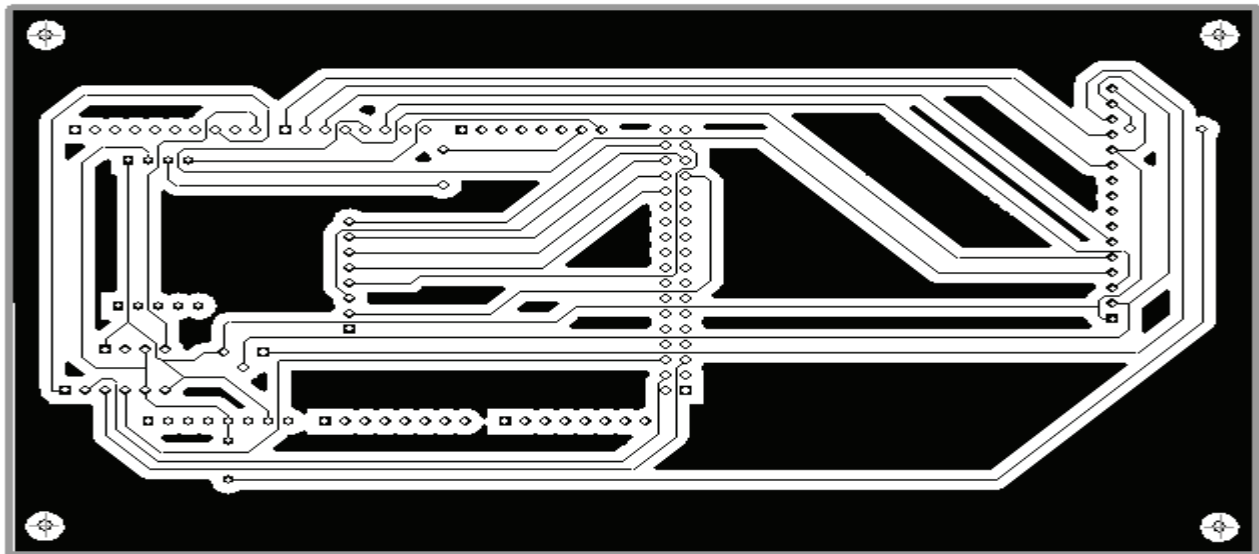
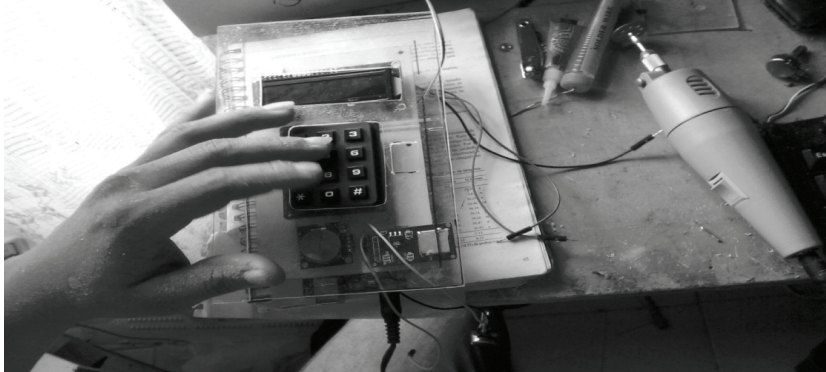


Figura 7. Diseño del circuito impreso.

### Fase 3. Proceso de Desarrollo

Se implementaron los módulos, los actuadores, condensadores, batería, convertidores de voltajes, con la placa arduino en el circuito impreso de la placa mostrado en la Figura 8. Se realizaron las pruebas necesarias haciendo simulacros de situación de riego, para verificar el correcto funcionamiento de los actuadores con la placa. En adición, se realizaron pruebas, ingresando horarios de riego y se comprobó su funcionamiento, generando y guardando los reportes acerca del riego en la Micro SD (ver Figura 9).



**Figura 8.** Implementación de los módulos a la placa impresa.



**Figura 9.** Control de riego en pruebas de funcionamiento óptimo.

Se efectuaron pruebas en prototipos, que permitieron verificar el cumplimiento de cada uno de los requerimientos y necesidades que conllevaron a la implementación de la automatización de los procesos de riego. Una vez efectuada la automatización al riego se evidenció el correcto funcionamiento de los equipos mediante pruebas y simulacros, donde se logró acceder a la información generada sobre los procesos efectuados en el riego de una manera ágil y eficaz (Figura 10).

Inicio RSD	16/08/2015	22:39:02	Fin RSD	22:40:00	
Inicio RSD	16/08/2015	22:45:02	Fin RSD	22:46:00	
Inicio RSD	16/08/2015	22:48:01	Fin RSD	22:51:00	
Inicio RSD	16/08/2015	23:00:01	Fin RSD	23:03:00	
Inicio RSD	16/08/2015	23:12:02	Fin RSD	23:15:00	
Inicio RSD	16/08/2015	23:42:02	Fin RSD	23:44:00	
Inicio RSD	16/08/2015	23:45:02	Fin RSD	23:47:00	
Inicio RSD	16/08/2015	23:48:02	Fin RSD	23:50:00	
Inicio RSD	16/08/2015	23:51:02	Fin RSD	23:53:00	
Inicio RSD	16/08/2015	23:54:02	Fin RSD	23:56:00	
Inicio RSD	16/08/2015	23:57:02	Fin RSD	23:59:00	
Inicio RSD	17/08/2015	0:03:01	Fin RSD	0:05:00	
Inicio RSD	17/08/2015	0:06:01	Fin RSD	0:08:00	
Inicio RSD	17/08/2015	0:09:01	Fin RSD	0:11:00	
Inicio RSD	17/08/2015	0:12:01	Fin RSD	0:14:00	
Inicio RSD	17/08/2015	0:15:02	Fin RSD	0:17:00	
Inicio RSD	17/08/2015	0:18:02	Fin RSD	0:20:00	
Inicio RSD	17/08/2015	9:14:02	Fin RSD	9:15:00	
Inicio RSD	17/08/2015	9:16:02	Fin RSD	9:17:00	

**Figura 10.** Simulación de reporte de procesos efectuados del control de riego.

El usuario logró acceder al control de riego en horas adecuadas gracias a la implementación del hardware programable

en el sistema de riego, personalizando la irrigación del sembradío de acuerdo a cada tipo de cultivo, obteniendo una mayor eficacia en la aspersión y aprovechamiento del agua (ver Tabla 10).

**Tabla 10.** Índice del gasto de agua.

Uso del agua sin control			
Diario	Horas	Cantidad de agua	Total agua
1 a 12	3	800 litros x h	2400 litros
13 a 24	4	800 litros x h	3200 litros
Uso del agua con control			
Diario	Horas	Cantidad de agua	Total agua
1 a 12	2	800 litros x h	1600 litros
13 a 24	2	800 litros x h	1600 litros

En la Tabla 10 se puede apreciar el índice de gasto de agua en el sistema de riego antes y después de la automatización implementada por el autor del control de riego, demostrando la efectividad en el control adecuado del agua en el cultivo.

#### 4. Conclusión

Fue diseñado e implementado un Sistema de Riego tomando como base la placa Arduino, el cual fue empleado en la zona norte de Manabí, demostrando su adecuado funcionamiento para llevar a cabo la actividad de riesgo de cosechas, contribuyendo de este modo a evitar el desperdicio de agua. En general los resultados obtenidos, permitieron apreciar un impacto positivo en la productividad de los cultivos, ya que el sistema es activado en horas específicas, lo que influye de manera positiva en la eficiencia y productividad de los cultivos, terrenos y sembradíos aledaños.

#### Referencias

- [1] Agudelo, R, *El agua, recurso estratégico del XXI*, Revista Facultad Nacional de Salud pública, 23(1): 91-102, 2005.
- [2] Álvarez, J, *Metodología para Desarrollo de Software Libre*. Fundación CENDITEL, Versión 2, 2013.
- [3] Álvarez, C.; Soto, A.; Watkins, F, *Simulación de controladores digitales*. Revista Chilena de ingeniería, 17(3): 309-316, 2009.
- [4] Ambientum.com, *Irrigación automatizada en áreas de agrícolas*, (En línea), Consultado 15 de Enero 2016, Formato PDF, Disponible en: <http://Ambientum.com>, 2008.
- [5] García, I y Briones, G, *Sistemas de riego por Aspersión y Goteo*, Editorial Trillas, 2da Ed 12-44, 2009.
- [6] Hernández, M y De Pablo, S. *Ardudrop 1.0: dispositivo electrónico para el estudio de la humedad del suelo*, Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Volumen 7, Páginas 31, 2010.
- [7] Lugo, O; Quevedo, A; Bauer, J; Del Valle, D; Palacios, E; Águila, M, *Prototipo para automatizar Un sistema de Riego Multicultivo*, *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*. 2(5):659-672, 2011.
- [8] Medrano, A, *Metodología de Desarrollo en Hardware Libre*, (En línea), Consultado, 14 de mayo del 2016, Formato PDF, Disponible en <http://hl.cenditel.gob.ve/intro/metodologia/> , 2011.
- [9] Páez, M. y Gerard, *Creación de un ambiente Tecnológico para el Diseño de Circuitos Integrados*. CEMISID – Facultad de Ingeniería. Universidad de Los Andes, 2007.

- [10] Pomares, J. *Lenguaje Arduino*, Manual para Arduino Universidad de Alicante Grupo de Innovación Educativa en Automática, 2009.
- [11] Toapanta, D. *Diseño e implementación de un módulo didáctico para realizar el proceso de verificación y escariado de piezas mecánicas*, Disponible en <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/2715/browse?value=-toapanta+iza%2c+diego+pa%ef%bf%bd&type=author>, 2012.

### **Sobre los Autores**

---

*Williams R. Cervantes*. Docente, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Carrera de Informática, Coordinación General de Investigación, Campus Politécnico, Calceta, Bolívar, Manabí, Ecuador.

*Bethsy A. Molina*. Docente, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Carrera de Informática, Coordinación General de Investigación, Campus Politécnico, Calceta, Bolívar, Manabí, Ecuador.

*Luis A. Santana*. Docente, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Carrera de Informática, Coordinación General de Investigación, Campus Politécnico, Calceta, Bolívar, Manabí, Ecuador.

### **Este artículo se cita:**

---

IEEE W. R. Cervantes, L. A. Santana, and B. A. Molina, "Arduino en la automatización de los sistemas de riego," *Revista Colombiana de Computación*, vol. 17, pp. 42-60, 2016.

APA Cervantes, W. R., Santana, L. A., & Molina, B. A. (2016). Arduino en la automatización de los sistemas de riego. *Revista Colombiana de Computación*, 17(2), 42-60.