



INFORME FINAL DE PROYECTO EDUCATIVO

1. TÍTULO DEL PROYECTO

Desarrollo de un controlador inteligente de un sistema de riego con Arduino

2. AUTORES DEL PROYECTO

Nombre: David Ricardo Ascencios Templo
Departamento Académico: Recursos Hídricos
Facultad: Ingeniería Agrícola.

Nombre: Néstor Montalvo Arquíñigo
Departamento Académico: Recursos Hídricos
Facultad: Ingeniería Agrícola.

Nombre: Eduardo A. Chavarri Velarde
Departamento Académico: Recursos Hídricos
Facultad: Ingeniería Agrícola.

Nombre: Jeisson Domingo Lluen Montano
Unidad de Riego tecnificado, UNALM.

Nombre: Karem Belen Meza Capcha
Unidad de Riego tecnificado, UNALM.

3. OBJETIVOS

- Comprender y evaluar críticamente el uso la importancia de las herramientas de medición y control para una adecuada gestión de un sistema de riego.
- Identificar, manejar y analizar la integración de distintos sensores para obtener un prototipo de controlador inteligente de riego desarrollado en Arduino.
- Desarrollar de manera colaborativa el prototipo.
- Actualizar a profesores y alumnos en el tema de la plataforma de Arduino aplicado a la automatización en sistemas de riego.



4. METODOLOGÍA

- a) Fecha de inicio y final: abril de 2017(primer semestre) a noviembre del 2017 (segundo semestre).
- b) Acciones del proyecto:

Fecha (mes)	Actividad
Abril	<ul style="list-style-type: none">• Elaboración del plan de trabajo y concientización de los objetivos del proyecto.• Importancia de los sensores y actuadores para la medición y control del agua para una adecuada gestión del sistema de riego.
Mayo	<ul style="list-style-type: none">• Conformación de grupos, conceptos generales de electrónica y programación, uso de microcontroladores (ARDUINO). Se formó equipos de 4 -5 alumnos.• Identificar, manejar y analizar la integración de distintos sensores para obtener un prototipo de controlador inteligente de riego desarrollado en Arduino.• Clases prácticas de programación y electrónica en sensores analógicos.• Clase introductoria de micro controladores, ejemplos básicos con leds.
Junio	<ul style="list-style-type: none">• Clase práctica de sensores analógicos (LDR, sensores de luz)• Clase práctica de sensores analógicos (Sensores de temperatura y humedad)• Clase práctica de sensores digitales (Sensores de movimiento)• Clases prácticas de programación y electrónica en sensores digitales.
Julio	<ul style="list-style-type: none">• Ejemplo de integración de ambos tipos de sensores analógico y digital.• Se dará a conocer los diferentes medios de visualización de valores, monitor serial, lcd, apps.
Agosto	<ul style="list-style-type: none">• Integración de los distintos tipos de sensores y el micro controlador• Elaboración de prototipos preliminares de controladores de riego.• Puesta en marcha de los controladores preliminares en bancos de prueba.• Trabajo grupal para la mejora del prototipo• Clase práctica de usos de relay para el encendido de bombas para sistemas de riego• Clases práctica para el desarrollo de aplicativos para el control ON/OFF remoto de bombas para sistemas de riego. Vía Bluetooth
Septiembre	<ul style="list-style-type: none">• Desarrollo final del prototipo de control inteligente de un sistema de riego utilizando ARDUINO.• Clase práctica para el uso de sensores de caudal para el monitoreo de flujo de agua.• Clases práctica para el desarrollo de aplicativos para el encendido de bombas mediante el control de voz

Noviembre

- Presentación final y exposición de trabajo.
- Clase práctica de sensores integrados para el control y monitoreo de un sistema de riego, se usarán sensores de presión, caudal, humedad y dispositivos de control como bombas y electroválvulas.

Antes de las clases de práctica con el Arduino, se presenta la importancia y utilidad del sensor a tratar con ejemplos prácticos para los sistemas de riego, para lo cual se utilizó presentaciones de power point en el curso de Ingeniería de Riegos II y material adicional, el alumno tiene acceso a la información en el aula virtual de Ingeniería de Riegos II – Moodle.

Sensores utilizados:

- Temperatura, humedad relativa para cálculo de evapotranspiración potencial.
- Presión y caudal, para garantizar coeficientes de uniformidad y eficiencia del sistema de riego.

Actuadores:

- Uso e relay para el encendido y apagado de la bomba vía Bluetooth
- a) Agentes involucrados, fueron los autores que se mencionan en el ítem 2 y los alumnos del cursos de Riegos II, cuya lista se adelanta en anexos.
- b) Materiales: El curso fue desarrollado en el laboratorio de Riegos del Departamento de Recursos Hídricos:
- Se utilizó el banco de pruebas hidráulico, que se utiliza para determinación de las pérdidas de carga por fricción y singularidades.
 - Computadoras de los alumnos
 - Kit del Arduino compuesto por micro controlador del Arduino, sensores y accesorios

Se presentan las fotos de los materiales.



Gráfico 1 Kit de Arduino



Gráfico 2 Laboratorio de riego



Gráfico 3 Prueba de sensores



Gráfico 4 Banco de pruebas y sensores



5. PRESUPUESTO

El monto total utilizado fue de 3624.50 nuevos soles, para la compra de los Arduinos, sensores, actuadores y accesorios, fue solicitado en abril y adquirido el mes de mayo. En el anexo A Presupuesto, se presenta el detalle. Tabla 1 Presupuesto.

FUNDACION PARA EL DESARROLLO AGRARIO

LIQUIDACION DE GASTOS

Fecha: 09/06/2017 00:00

Responsable (I): David Ricardo Ascencios Templo
Con cargo a la Cta: Proyecto UIC-VLR/UNALM
Subproyecto: 4 VLR/UOS-UNALM

Cuenta Corriente N°: 317
Cuenta N°: 317
Actividad:
Codigo Actividad:

Firma del responsable del fondo

V/B* Lider/Sublder del Proyecto

COMPROBANTE		212	X	57654	FECHA	19/05/2017	TIPO CAMBIO	3.284	IMPORTE	33,666.29	
N° O.	N° DOCUMENTO	FECHA	RUC PROVEEDOR	RAZON SOCIAL	CONCEPTO/Descripción del gasto	CUENTA DIARIO CUENTA MAYOR	CTAS. ESPECIAL	VALOR VENTA	I.G.V. 40110	PRECIO VENTA	
1	020124	30/05/17	20519043387	SINGAPUR ELECTRONICS E.I.R.L	Sensores de humedad de suelo, sensor PIR, control de volumen, modulo relay y pantallas LCD.			305.93	55.07	S/ 361.00	
2	020125	30/05/17	20519043387	SINGAPUR ELECTRONICS E.I.R.L	Sensor de luz regulable, circuito sensor de temperatura, desarmadores6 piezas relojeros, cautil, alicote honey y porta pizmas.			469.07	84.43	S/ 553.50	
3	020123	31/05/17	20519043387	SINGAPUR ELECTRONICS E.I.R.L	Sensor de flujo de agua efecto hall, sensor de flujo de agua, protoboard, DTH11 tarjeta			858.9	154.60	S/ 1,013.50	
4	020128	31/05/17	20519043387	SINGAPUR ELECTRONICS E.I.R.L	Pantalla LCD, servomotor, bateria de lipo, minibomba.			434.32	78.18	S/ 512.50	
5	000315	30/05/17	20555928883	ECOPECH S.A.C	Sensor de nivel, fuente de 6.5V, sensor de presion, celda de carga 1kg, 10kg, 20 kg, HX711, electroválvula, fuente 12V.			912.71	164.29	S/ 1,077.00	
6	006252	30/05/17	20510146698	TERRAPLASTIC S.A.C	Caja 330 rey			90.68	16.32	S/ 107.00	
								TOTAL	3,071.61	552.89	S/ 3,624.50

NOTA: LLENAR TODOS LOS ESPACIOS SOMBRADOS

Tabla 1 Presupuesto

6. RESULTADOS

Objetivo a

- Informe sobre uso de las herramientas de medición y control.

En los sistemas de riego es necesario instalar distintos tipos de válvulas y aparatos de control para garantizar su funcionamiento adecuado para alcanzar los coeficientes de uniformidad y eficiencia de riego adecuadas, garantizando presiones y caudales a nivel de subunidades de riego y presiones adecuadas en la red de riego. Además de monitoreo de las variables climáticas como temperatura y humedad relativa entre otras para la determinación del requerimiento de agua de los cultivos. Si realizamos todo aquello en forma automatizada que está definida, como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas, para nuestro caso utilizando La plataforma del Arduino, con los códigos adaptados o desarrollados para los respectivos sensores y



actuadores, se puede garantizar la gestión adecuada del agua, el uso eficiente del agua y la comprensión por parte de los alumnos de cómo funcionan los sistemas comerciales en los grandes sistemas de riego. Los informes de los grupos fueron presentados.

Objetivo b

- Informe sobre las funciones de cada uno de los sensores utilizados y su código de programación en Arduino, de dos tipos de sensores.

Sensor de Flujo de agua

Los sensores de flujo normalmente tienen internamente un rotor cuyas paletas tiene un imán, la cámara en donde se encuentra el rotor es totalmente aislado evitando fugas de agua, externamente a la cámara tiene un sensor de efecto hall que detecta el campo magnético del imán de las paletas y con esto el movimiento del rotor, el sensor de efecto hall envía los pulsos por uno de los cables del sensor, los pulsos deberán ser convertidos posteriormente a flujo utilizando el Arduino o controlador que se desee usar.

Código de programación

Previamente se tiene que calibrar el sensor, calculando el factor de conversión que es el que nos sirve para pasar de Frecuencia de pulsos a caudal de agua.

La variable que podemos medir con exactitud es la cantidad de pulsos (usando el Arduino), y con ayuda de un recipiente con graduación podemos medir la cantidad o volumen de agua. Obteniendo el factor de conversión se podrá realizar la medición de flujo con el siguiente código.

```
volatile int NumPulsos; //Se declara la variable para la cantidad de pulsos recibidos
int PinSensor = 2; //Se declara la variable del Sensor conectado al pin digital 2
float factor_conversion=7.5; //Factor para convertir de frecuencia a caudal

//---Función que se ejecuta en interrupción-----
void ContarPulsos ()
{
    NumPulsos++; //incrementamos la variable de pulsos
}

//---Función para obtener frecuencia de los pulsos-----
int ObtenerFrecuencia()
{
    int frecuencia;
    NumPulsos = 0; //Ponemos a 0 el número de pulsos
    interrupts(); //Habilitamos las interrupciones
    delay(1000); //muestra de 1 segundo
    noInterrupts(); //Desabilitamos las interrupciones
    frecuencia=NumPulsos; //Hz(pulsos por segundo)
    return frecuencia;
}

void setup()//En esta sección configuramos el sensor como un pin de entrada
{
    Serial.begin(9600);
    pinMode(PinSensor, INPUT);
    attachInterrupt(0,ContarPulsos,RISING); //(Interrupcion 0(Pin2),funcion,Flanco de subida)
}

void loop ()//En esta sección contiene el código que se ejecutara continuamente
{
    float frecuencia=ObtenerFrecuencia(); //obtenemos la Frecuencia de los pulsos en Hz
    float caudal_L_m=frecuencia/factor_conversion; //calculamos el caudal en L/m
    float caudal_L_h=caudal_L_m*60; //calculamos el caudal en L/h

    //----Enviamos por el puerto serie-----
    Serial.print ("FrecuenciaPulsos: ");
    Serial.print (frecuencia,0);
    Serial.print ("Hz\tCaudal: ");
    Serial.print (caudal_L_m,3);
    Serial.print (" L/m\t");
    Serial.print (caudal_L_h,3);
    Serial.println ("L/h");
}
```

Sensores de presión

El sensor de presión o transductores de presión, nos permite medir la presión en tuberías, medición de nivel por presión hidrostática, sistemas de presión constante. Funciona transformando una magnitud física en una eléctrica, en este caso transforman una fuerza por unidad de superficie en un voltaje equivalente a esa presión ejercida.

Este sensor trabaja en el rango de 0 a 5 Bar. La salida del sensor es un voltaje analógico que varía linealmente desde 0.5V para 0 Bar hasta 4.5V para 8 Bar. Esta salida analógica es compatible con las entradas analógicas (ADC) de Arduino.

Código de programación

Al igual que el sensor de flujo de agua debe ser calibrado para hallar un factor de corrección y convertir el voltaje a presión (bar). La curva de calibración con ayuda de un manómetro nos da la ecuación $P=31.77*V-19.88$, donde P es la presión en metros y V el voltaje. Teniendo esta ecuación se puede medir la presión con el sensor con el siguiente código.

```
int sensorVal = analogRead(A1); //Se declara la variable del Sensor conectado al pin analógico A1

void setup()
{
  Serial.begin(9600); //Configuramos para que los valores leídos por el sensor se visualicen en el puerto serie
}
void loop()
{

float voltaje = (sensorVal*5.0)/1024.0; // De forma directamente proporcional se calcula el voltaje
float presion_m=(voltaje*31.77)-19.88; //Obtenemos la presión en metros con la ecuación de la curva de calibración.

//-----Enviamos por el puerto serie-----
Serial.print ("Presión_metros: ");
Serial.println (presion_m);

delay(2000);
}
```

Objetivo c

- Los alumnos presentaron la exposición de un controlador inteligente de riego utilizando un sensor de caudal, presión, humedad relativa y temperatura, se presenta un esquema en el Grafico 5.

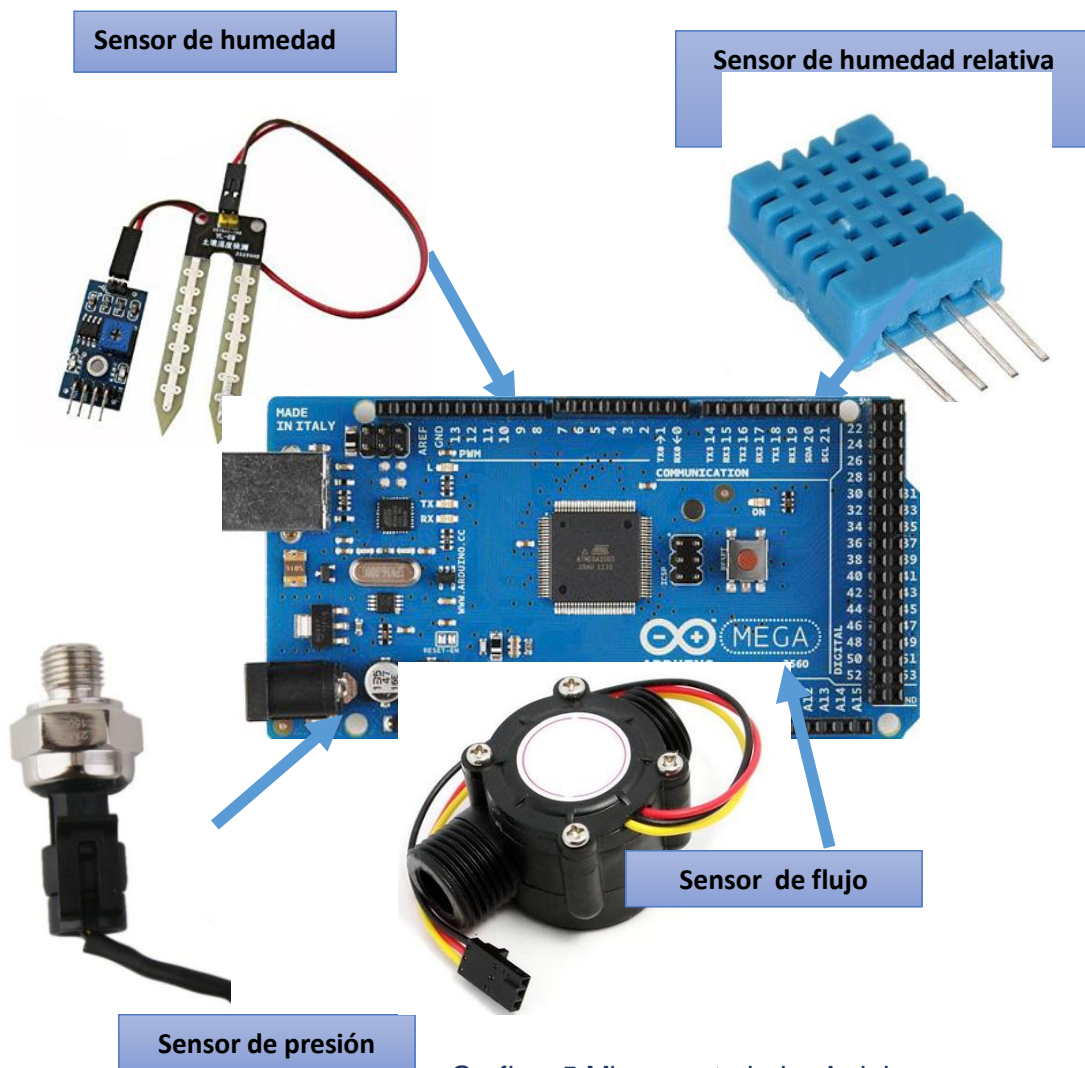


Grafico 5 Micro controlador Arduino y sensores

- Se adjunta la encuesta de autoevaluación con una población de 18 alumnos, en la tabla 2.

1 = Totalmente en desacuerdo 3 = de acuerdo 2 = En desacuerdo 4 = Totalmente de acuerdo	Numericos				Porcentajes			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Contenido								
Los temas son tratados a profundidad.			8	11	0	0	44.44	61.11
Existe una relación coherente entre los temas.		1	7	11	0	5.56	38.89	61.11
Los objetivos del curso estuvieron claros.		1	8	10	0	5.56	44.44	55.56
Los temas son relevantes para mi carrera profesional.			5	14	0	0	27.78	77.78
Profesor(a)								
El profesor se preocupa porque los alumnos entiendan los temas y/o los motiva.			8	11	0	0	44.44	61.11
El profesor genera un clima adecuado para el aprendizaje.			12	7	0	0	66.67	38.89
El profesor es un guía para el aprendizaje.			10	8	0	0	55.56	44.44
Metodología y materiales								
Las actividades y metodología son relevantes para lograr el objetivo del curso.		1	7	10	0	5.56	38.89	55.56
Los materiales apoyan el aprendizaje.		1	8	9	0	5.56	44.44	50.00
Los materiales están actualizados.		1	9	8	0	5.56	50.00	44.44
Sistema de evaluación								
El sistema de evaluación es adecuado al curso.		1	11	6	0	5.56	61.11	33.33
Los criterios de la(s) evaluación(es) son claros para todos.		1	11	7	0	5.56	61.11	38.89
General								
En general, estoy satisfecho con el curso			9	9	0	0.00	50.00	50.00

Tabla 2 Resumen de encuesta de auto evaluación

Objetivo 4

- Número de profesores 4 y alumnos 18 capacitados en la plataforma del curso de Arduino.

7. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los estudiantes entendieron la importancia de los sensores de control y medición en los sistemas de riego, y su beneficio de la automatización, para lo cual se utilizó el micro controlador Arduino, para su adecuada interpretación y realizar una mejor gestión del agua. Se presentó y desarrollo las funciones y aplicación de cada sensor, así como realizar la conexión entre el Hardware (sensor y accesorios) y el software (códigos) a través del microcontrolador.

Durante el desarrollo del curso a los alumnos fueron agrupados en equipos de 5 personas para el desarrollo de las prácticas y presentación de sus resultados, lo cual presento buena coordinación y cooperación entre ellos. La encuesta de auto evaluación presenta una satisfacción del 95 %, en lo que respecta al contenido, profesores, metodología, materiales y sistema de evaluación, incrementando el número de profesores y alumnos capacitados en Arduinos y su aplicación en sistemas de riego. Anteriormente no se ha realizado el desarrollo de los Arduinos para el curso de Ingeniería de Riegos II. Es posible expandir a cualquier área debido a que debido a los avances tecnológicos, la mayoría de los procesos están siendo automatizados, y para que sea sostenible es necesario realizarlo a nivel de pos grado



(maestrías) debido a que su currículo es más flexible y los alumnos podrían solventar ciertos costos.

8. RECOMENDACIONES

- Involucrar solo un ciclo para el desarrollo del curso complementario de Arduinos al curso de Ingeniería de riegos e incrementar las horas adicionales para el curso complementario de Arduinos. Considerar los costos adicionales para la adaptación de los sensores y actuadores al banco de pruebas del Laboratorio de riegos.
- Incrementar 1 o 2 prácticas en el curso de Ingeniería de Riegos II utilizando Arduinos, para motivar a los alumnos en estas áreas de automatización.
- Es necesario curso de repaso de electricidad, electrónica y programación básica previos al curso, lo que requiere más horas (10 horas).

9. COMENTARIOS DOCENTES

Se desarrolló una experiencia positiva porque se ha podido entender fácilmente como se puede automatizar los sistemas de riego. El microprocesador es tan simple que se logra abrir una caja negra y entender los procesos internos, despertando interés de los alumnos esta área de automatización, que involucra los usos de conceptos hidráulicos, eléctricos, electrónicos y programación aplicados a los sistemas de riego.

10. COMENTARIOS ALUMNOS

El proceso de automatización nos ayuda a facilitar el proceso de control y monitoreo de los parámetros de riego, por ello con este curso llevado paralelamente con el de Ingeniería de Riegos II, se facilitó el entendimiento básico sobre programación, como funciona internamente los sensores y actuadores, como transmiten la señal e información, siendo de esta manera una experiencia de buen provecho e incentivando a la investigación, ya que el proceso de automatización no es ajena a la carrera de Ingeniería Agrícola

David Ricardo Ascencios Templo