

## **LÁMPARA LED INTELIGENTE ALIMENTADA POR PANELES SOLARES**

### **INTELLIGENT LED LAMP FACED BY SOLAR PANELS**

Daniel Andrés Morales Ospina<sup>1</sup>, Frank Alexis Espinosa Romero<sup>2</sup>, Frank Nixon Giraldo Ramos<sup>3</sup>.

**Resumen:** En el siguiente documento se describe el desarrollo de una Lámpara Led inteligente que se activa de acuerdo a la intensidad de luz que hay en el entorno, dicha lámpara led se alimenta con un panel solar, esta herramienta se compone en dos partes importantes, Primera, El sistema de regulación, El panel solar trabaja a 12 voltios medida estándar, cuando hay mucha luz en el entorno, el Arduino empieza a comparar el voltaje del panel solar con el voltaje de la batería, si el panel solar está generando más voltaje que la batería entonces el Arduino permite el paso de la corriente del panel a la batería, cuando el voltaje de la batería es mayor al del panel solar, el Arduino interrumpe el paso para que la corriente no se vaya a devolver, cuando hay poca luz en el entorno y la batería está al 50 por ciento o 40 por ciento, el sistema apaga o desconecta todo el sistema, así el ambiente este totalmente oscuro, ya que debe haber una protección para la batería porque si se descarga totalmente, llega a una descarga profunda y la batería deja de funcionar, Segunda, La lógica difusa, depende de un observador y de unas medidas estándar, las cuales son: entre 3000 lúmenes en adelante es un día asoleado, un día nublado es entre 1000 a 2000 lúmenes y los más oscuro es entre 0 a 300, dependiendo de esas variables la lógica difusa compara dichas intensidades, y de acuerdo a eso se va trabajando el ciclo útil del pwm.

**Palabras claves:** Lúmenes, Sensores, Carga, lógica difusa.

#### **Abstract:**

The following document describes the development of an intelligent Led Lamp that is activated according to the intensity of light in the environment, said led lamp is powered by a solar panel, this tool is composed in two important parts, First The

<sup>1</sup> Estudiante de tecnología en electrónica (ciclos propedéuticos). Universidad Distrital Francisco José de Caldas – Facultad Tecnológica. E-mail: dmorales@correo.udistrital.edu.co

<sup>2\*\*</sup> Estudiante de tecnología en electrónica (ciclos propedéuticos). Universidad Distrital Francisco José de Caldas – Facultad Tecnológica. E-mail: faespinosar@correo.udistrital.edu.co

<sup>3\*\*</sup> Ing. Electrónica, maestría en docencia, investigador del semillero de investigación DIGITI. Universidad Distrital Francisco José de Caldas – Facultad Tecnológica. E-mail: frank\_correo@hotmail.com



**VISIÓN ELECTRÓNICA**

VISIÓN ELECTRÓNICA

20/10/17

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

solar panel works at 12 volts standard measure, when there is a lot of light in the environment, the Arduino begins to compare the voltage of the solar panel with the voltage of the battery, if the solar panel is generating more voltage than the battery then the Arduino allows the passage of the current of the panel to the battery, when the voltage of the battery is greater than the one of the solar panel, the Arduino interrupts the passage so that the current is not going to return, when there is little light in the environment and the battery is at 50 percent or 40 percent, the system turns off or disconnects the entire system, so the environment is totally dark, as there must be a protection for the battery because if it desc Secondly, fuzzy logic, depends on an observer and standard measurements, which are: between 3000 lumens onwards it is a sunny day, a cloudy day is between 1000 to 2000 lumens and the darkest is between 0 to 300, depending on these variables the fuzzy logic compares those intensities, and according to that the working cycle of the pwm is working.

**Keywords:** Lumens, Sensors, Load, Fuzzy Logic.

## 1) INTRODUCCION

Se pensó aprovechar la energía solar como fuente principal de energía renovable, ya que cada vez más los rayos UV que genera el sol son más intensos, El sol emite radiaciones electromagnéticas alcanzando la tierra, estas son aprovechadas por el ser humano principalmente para el calor y la luz. En la actualidad y en la búsqueda de nuevos sistemas de energías limpias y renovables mediante diferentes captos podemos aprovechar la radiación solar para transformarla en energía eléctrica.[1] ; En Colombia la falta de recursos para zonas rurales hace pensar en una alternativa más para las personas de escasos recursos, en especial el recursos energético, además de poder preservar y ayudar el medio ambiente del país Ahora teniendo en cuenta el claro concepto de cómo se puede aprovechar la energía que emite el sol, surge la idea de construir en primera instancia un prototipo capaz de aprovechar los rayos UV para así generar energía eléctrica por medio de celdas fotovoltaicas y de acuerdo a la luminosidad que haya en el ambiente, una lámpara LED varia su intensidad de iluminación con ayuda de



**VISIÓN ELECTRÓNICA**

VISIÓN ELECTRÓNICA

20/10/17

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

la lógica difusa, con el objetivo de diseñar un dispositivo que cumpla con tal fin, se tuvieron en cuenta varios elementos como la temperatura de la batería, el voltaje del panel solar y la escala de los lúmenes en el ambiente, variables que se lograron obtener y/o capturar mediante sensores electrónicos específicos, algunos son leídos y capturados mediante una LCD y de un micro controlador central y una serie de entradas y salidas. Utilizando las variables anteriores a determinados valores se controla la intensidad de la lámpara LED mediante un sistema llamado PWM (Modulación por Ancho de Banda)[2], permitiendo entregar parámetros necesarios tanto de voltaje como de corriente para permitirles entregar parámetros al sensor de luminosidad para que así cumpla con la iluminación correcta de acuerdo al entorno y así se pueda cumplir dicho objetivo, Este documento se enfoca en describir la realización del proyecto de una lámpara led inteligente alimentada por paneles solares, se realizara una descripción lo más detallado posible para cada etapa del dispositivo, se presentaran los resultados obtenidos y finalmente las conclusiones.

## **2) ESTADO DEL ARTE**

Alrededor del mundo se realizaron diferentes proyectos donde utilizan y/o aprovechan el uso de la energía solar, para distintas actividades o servicios. Para iniciar el proyecto propuesto se realizó el estado del arte del tema encontrando algunos documentos que se citan a continuación.

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN AUTÓNOMO PARA ESPACIOS EXTERIORES CON CELDAS SOLARES”, En este documento se desarrolla un sistema de iluminación totalmente autónomo para zonas geográficas en Venezuela de difícil acceso y donde no puede llegar un tendido eléctrico o red, su base es un sistema de tipo fotovoltaico, Para el control de los paneles, baterías y lámpara, diseñaron un circuito de tipo encendido y apagado de la lámpara, con el cual se carga y descarga la batería, estableciendo la configuración necesaria de los parámetros del sistema.[3]

“DISEÑO DE UNA LUZ A LED CON PANEL SOLAR Y BATERÍA DE LI-ION, CON SENSOR DE MOVIMIENTO, informa sobre el diseño e implementación de una luz LED con sensor de movimiento que se alimenta únicamente con energía solar para su funcionamiento, el proyecto trabaja por medio de un sensor de movimiento es decir maneja un sensor de movimiento PIR (Passive Infrared), que detecta el movimiento de una persona en un rango determinado, enviando el dato hacia el microcontrolador.[4]

“FUZZY CONTROL OF LED TUNNEL LIGHTING AND ENERGY CONSERVATION” (Control difuso de la iluminación del túnel LED y la conservación de la energía), El documento de este proyecto informa que se trabaja con un sensor de movimiento esto de pendiendo del flujo vehicular, los leds aumentan su intensidad además de esto cambiaron la iluminaria es decir que ellos trabajan con lámparas LED para un mayor ahorro en el consumo de energía.[5]

El proyecto realizado adjunta dos etapas importantes: la regulación entre la batería y el panel solar, el control para la lámpara LED por medio de la lógica difusa y el sensor de luminosidad, Esto crea una diferencia con respecto a los proyectos anteriormente mencionados que solo implementan un sensor distinto al que se trabajó en este proyecto.

### 3) MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Sensor de luminosidad

El sensor bh1750 es un sensor de luz es un sensor de luz, que a diferencia del LDR es digital y nos entrega valores de medición en Lux (lumen /m<sup>2</sup>) que es una unidad de medida estándar para el nivel de iluminación (iluminancia). Tiene alta precisión y un rango ente 1 – 65535 lx el cual es configurable.[6]

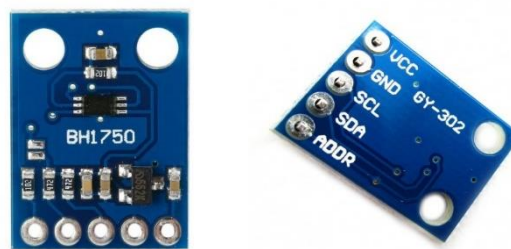


Figura 1. Sensor de luminosidad BH1750.[6]

Este módulo tiene un regulador interno de 3.3V que a la vez puede alimentar con 5V sin ningún inconveniente, la interfaz de comunicación es I2C esto se implementa y/o trabaja en la mayoría de los microcontroladores, aparte de los

pinos de alimentación y los pines de I2C, para tener más claro este tema se evidenciara por medio de una imagen (fig. 2)

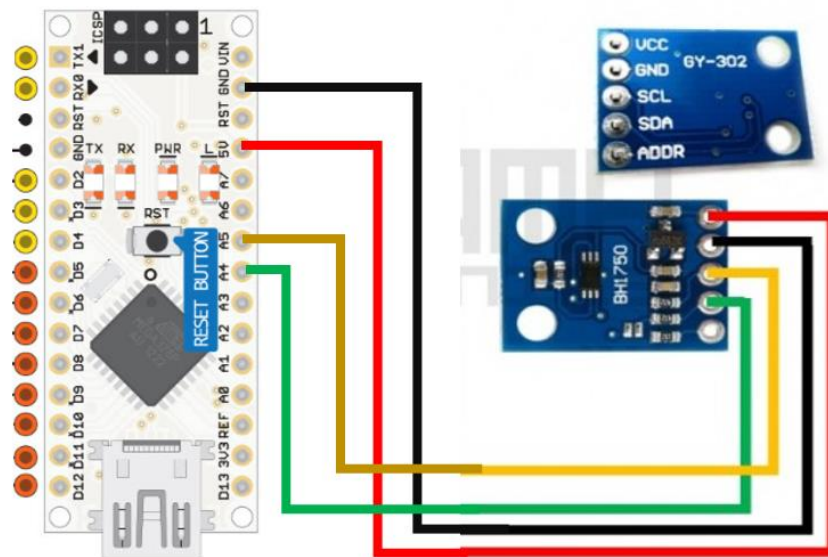


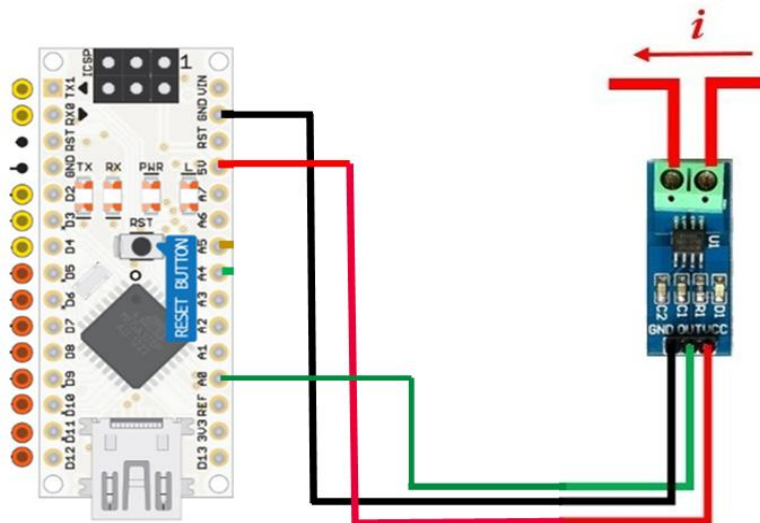
Figura 2. Conexión del módulo bh1750

En la fig. 2 Se observa la conexión de la siguiente manera, el VCC del módulo va conectado a los 5V del Arduino (ROJO), el GND del módulo va conectado al GND del Arduino (NEGRO), el SCL del módulo va conectado al pin A5 del Arduino (AMARILLO) y por ultimo pero no menos importante el SDA va conectado al pin A4 del Arduino (VERDE).[6]

### 3.2 sensor de corriente

El sensor ACS17 es un sensor de corriente por efecto hall, que provee un solución económica y precisa para medir corriente en AC o DC, ya sea en ambientes industriales o comerciales. Este Sensor funciona transformando un campo magnético surgido del paso de la corriente por un alambre de cobre interno en el sensor, y convirtiendo este campo en un voltaje variable. Esto significa que a mayor cantidad de corriente que tengamos, mayor voltaje vamos a tener en un pin.[7]

Para las conexiones en el módulo guiarse por los nombres de los pines, en algunos modelos vienen en diferente orden, en la bornera ingresa la línea de la cual se desea medir, para medir la corriente se debe conectar en serie con el dispositivo o carga, nunca conectar en paralelo a la fuente de voltaje.[8]



**Figura 3. Conexión sensor de corriente ACS17[8]**

### 3.3 Lógica Difusa

La lógica difusa (también llamada lógica borrosa) se basa en lo relativo de lo observado como posición diferencial. Este tipo de lógica toma dos valores aleatorios, pero contextualizados y referidos entre sí. Así, por ejemplo, una persona que mida dos metros es claramente una persona alta, si previamente se ha tomado el valor de persona baja y se ha establecido en un metro. Ambos valores están contextualizados a personas y referidos a una medida métrica lineal.

Para la lógica difusa del proyecto se necesitan 3 elementos fundamentales que son entradas difusas, salidas difusas y reglas difusas.

#### 3.3.1 reglas difusas

El conocimiento humano se expresa en términos de reglas difusas SI\_ENTONCES SI <proposición difusa> ENTONCES <proposición difusa>

Tipos de proposiciones difusas: Atómicas:  $x$  es  $A$ , donde  $x$  es una variable lingüística y  $A$  es un valor lingüístico Compuestas: Composición de proposiciones difusas atómicas con las conectivas.[9]

Las reglas difusas permiten crear relación entre variables, se tienen los siguientes ejemplos:

- Si  $x$  es largo entonces  $y$  es pequeño.
- Si el nivel es bajo entonces el flujo de entrada es alto.
- Si el nivel es alto entonces el flujo de entrada es bajo. [9]

### **3.3.2 Entradas/salidas difusas**

- Un tablero de inferencia es una representación geométrica de los conjuntos difusos y se emplea para especificar esquemáticamente la combinación deseada de entradas/salidas.
- Cada celda en el arreglo es llenada con el nombre de uno de los  $P$  conjuntos difusos definidos para alguna variable de salida.
- De esta forma es posible crear el algoritmo de control para el sistema, plasmado en reglas de control la relación de combinaciones entras/salidas.

### **3.4 ARDUINO NANO**

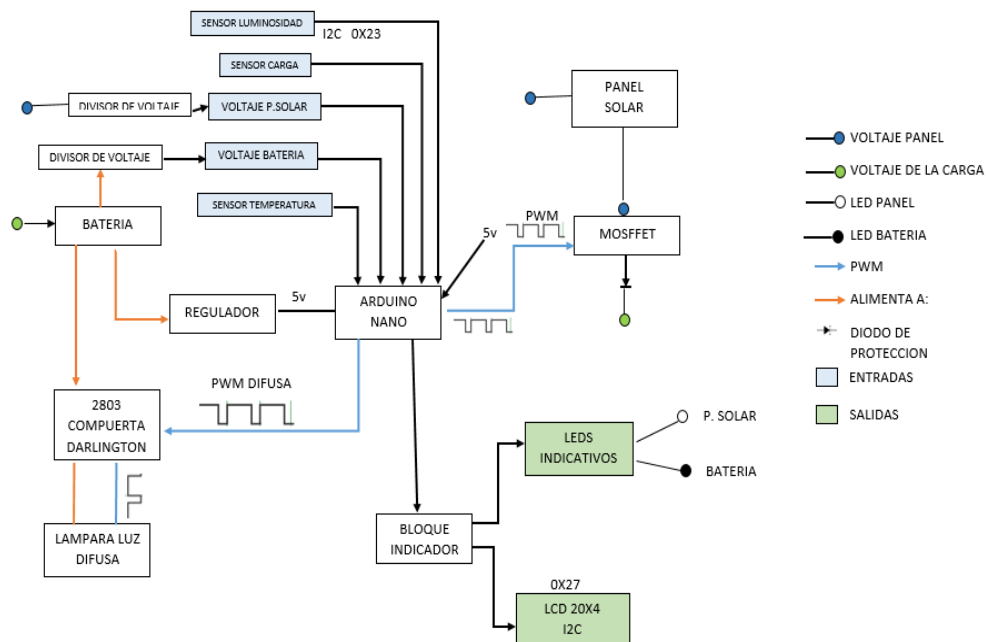
El Arduino Nano es un tablero pequeño, completo y compatible con el tablero basado en ATmega328 (Arduino Nano 3.0) o ATmega168 (Arduino Nano 2.x). Tiene más o menos la misma funcionalidad del Arduino Duemilanove, pero en un paquete diferente. Le falta solo un conector de alimentación de CC, y funciona con un cable USB Mini-B en lugar de uno estándar.

Cada una de las 14 patillas digitales en el Nano se puede usar como entrada o salida, usando las funciones `pinMode ()`, `digitalWrite ()` y `digitalRead ()`. Operan a 5 voltios.



#### 4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El funcionamiento del proyecto se explicará a continuación, las líneas de color naranja son los elementos que alimentan la batería, los elementos de entrada son los 4 sensores que se utilizarán para acondicionar y comparar los datos que necesita tanto el regulador como el microcontrolador, el voltaje del panel solar está representado por un círculo azul, y el voltaje de la carga está representado con un círculo verde, luego está el mosfet y el diodo de protección el cual su función como se mencionó anteriormente es evitar que la dirección de la energía vaya en sentido corriente, este bloque regulador donde regula el voltaje, la carga y la temperatura para la batería, para el panel está el voltaje y la carga, ahora está la función del sensor de luminosidad donde captura y lee la intensidad de luminosidad en el ambiente, estos datos pasan por el microcontrolador, donde este mismo envía una señal de "pwm difusa" en la cual aplica las reglas difusas dependiendo de las entradas difusas, esta señal gradúa y/o intensifica el foco de leds, y con ayuda de la compuerta Darlington, por último el microcontrolador dirige y controla todos los elementos del proyecto anteriormente mencionados. El diagrama de bloques se observa en la figura 4.



**Figura 4. Diagrama de bloques, autoría propia**

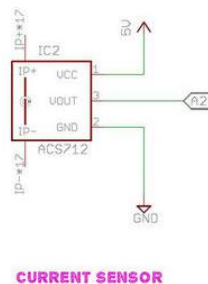


## 4.1 PANEL Y BATERIA

Las entradas del proyecto están compuestas de dos sensores que son el sensor de corriente y el sensor de temperatura, además también se utilizó dos divisores de voltaje tanto para la batería para el panel solar estos sensores se usaron tanto para la protección de los elementos, y para la lectura de los datos que nos envié los dos sensores y los divisores de voltaje.

### 4.1.1 sensor de corriente:

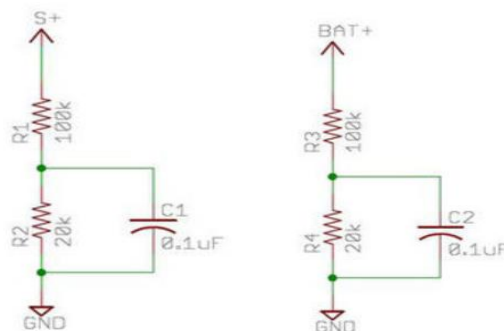
El sensor de corriente funciona transformando un campo magnético surgido del paso de la corriente por un alambre de cobre interno en el sensor, este se implementó en el proyecto porque aparte de tener y/o capturar los datos de la batería y del panel, este sensor ayuda a comparar estos datos al microcontrolador nano arduino, estos datos los tiene en cuenta el microcontrolador para así poder regular la carga que debe recibir la batería del panel solar, no se debe olvidar que el paso de la carga también lo controla un mosfet, que su función prácticamente es un switch, estos datos se evidenciaran en una LCD, uno de los grandes beneficios que se puede tener al implementar este sensor es evitar la sobrecarga de la batería: limitar la energía suministrada a la batería por el panel solar cuando la batería se carga completamente, si hay mucho flujo de carga el sensor de corriente envía este dato al microcontrolador donde este mismo cierra el paso del flujo con ayuda del mosfet. Se observa la conexión de este sensor en la figura 5.



**Figura 5. Sensor de corriente para el panel solar**

#### 4.1.2 Divisor de voltaje:

El divisor de voltaje consta de la siguiente manera, la resistencia R1 es de 100 y está en serie con Vcc y la resistencia R2 que es de 20k queda en serie con GND, ¿Por qué se necesita un divisor?, el micro controlador Arduino no es capaz de soportar 12 voltios por lo que si se piensa trabajar con este voltaje sería difícil, ya que el micro controlador dejaría de funcionar, el divisor ayuda a que los 12 voltios pasen a hacer 2 voltios aproximadamente y esto ayuda a que el ADC (Attack Damage Carry) el convertidor análoga-digital, tenga mayor lectura del voltaje del mismo panel, aún más adelante se menciona que también con ayuda de estos divisores podemos comparar la información enviada del divisor y comparar la información y así mismo el circuito regulador realizara su trabajo, es pocas palabras , el divisor recibe el voltaje de 12 del panel y de la batería, luego transforma este voltaje a 2 voltios, y estos 2 voltios llegan al micro controlador para que este determine qué hacer con la información suministrada por el mismo A continuación los divisores implementados en la batería y en el panel fig. 6



**Fig.6 Divisores de voltaje (panel solar y batería)**

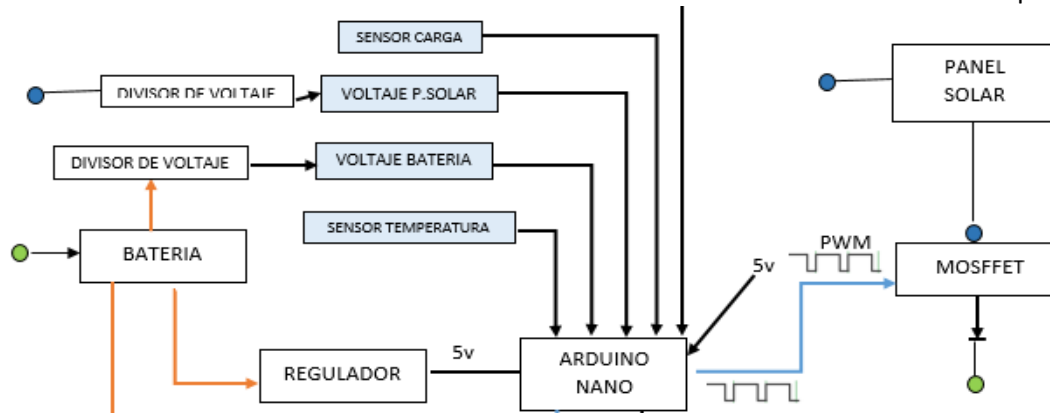
#### 4.1.3 Sensor de temperatura:

Para que la batería trabaje mejor es necesario tener en cuenta la temperatura que tiene este elemento, y por eso trabajamos con el sensor LM35, El LM35 no requiere ninguna calibración o recorte para proporcionar precisiones típicas de  $\pm 1/4$  ° C a temperatura ambiente y  $\pm 3/4$  ° C durante un total -55 a 150 ° C rango de temperatura. El LM35 tiene una baja impedancia en la salida, salida lineal y calibración inherente precisa para realizar una interfaz de lectura y de los circuitos de control de manera fácil, Las reacciones químicas de la batería cambian con la temperatura. A medida que la batería se calienta, la emisión de gases aumenta. A

medida que la batería se enfría, se vuelve más resistente a la carga. Dependiendo de cuánto varía la temperatura de la batería, es importante ajustar la carga para los cambios de temperatura. Por lo tanto, es importante ajustar la carga para tener en cuenta los efectos de la temperatura. El sensor de temperatura medirá la temperatura de la batería y el Controlador de carga solar utilizará esta entrada para ajustar el punto de ajuste de carga según sea necesario.

## **4.2 CIRCUITO REGULADOR**

Para poder tener un control óptimo entre la batería y el panel solar si realizo un circuito que se controla por medio de un Arduino nano y su funcionamiento es el siguiente, el Arduino detecta los voltajes del panel solar y de la batería. De acuerdo con estos voltajes, decide cómo cargar la batería y controlar la carga, la cantidad de corriente de carga se determina por la diferencia entre la tensión de la batería y los voltajes del punto de ajuste de la carga, proporciona una señal PWM de frecuencia fija al lado del panel solar p-MOSFET. La frecuencia de la señal PWM es de 490.20Hz (frecuencia predeterminada para el pin-3). El ciclo de trabajo 0-100% se ajusta mediante la señal de error, El controlador da un comando ALTO o BAJO al lado de la carga p-MOSFET de acuerdo con el atardecer / amanecer y el voltaje de la batería, el circuito regulador es controlado por el arduino nano, por eso la importancia de las 4 entradas que se implementaron, ya que el arduino nano recibe los datos de los dos divisores de voltaje, del sensor de corriente y el sensor de temperatura, dependiendo de los datos que recibe y/o comprara este actúa, por ejemplo , cuando el voltaje del panel solar es mayor que la batería el arduino envía una señal pwm al circuito controlador donde este permite el paso de la carga, otro estado del circuito es el siguiente, cuando el voltaje de la batería llega a 90 por ciento, el pwm baja su intensidad pero no cierra el paso, decir el pwm trabaja a 255 y reduce su intensidad a 50 más a menos esto para evitar que la batería deje de funcionar, y la última configuración trabaja de la siguiente manera , cuando la batería esta en 5 voltios el sistema se apaga completamente esto para evitar que este elemento llegue a una descarga profunda, para ver mejor este comportamiento se realiza un ZOOM del diagrama de bloques. Fig 7.



**Fig. 7 relación entre los sensores y el regulador**

Como podemos observar los datos son enviados al arduino para que el arduino active el circuito regulador y dependiendo del caso el circuito empieza regular, una cosa muy importante es el MOSFET que permite el paso de la carga dependiendo que señal enví el pwm.

#### **PROTECCIONES DEL CIRCUITO REGULADOR:**

- Protección al sobre voltaje: Durante el aligeramiento y el trueno sobre la tensión se produce en el sistema. Para proteger el sistema se utiliza un diodo Zener de 11V ya que el voltaje de mi circuito abierto en el panel solar es de 10v. Cuando el voltaje es más de 11v, proporcionará la ruta de tierra a las sobretensiones.
- Protección a sobre corriente: Dos fusibles F1 y F2 se usan para protección de sobrecorriente. Uno está en el lado de entrada, es decir, después del panel solar y otro antes de la carga
- Protección de corriente inversa del panel fotovoltaico: Durante la noche, el voltaje de la batería es más alto en comparación con el voltaje del panel solar. Por lo tanto, la energía puede fluir en la dirección inversa. Esto se evita utilizando un diodo (D1) después del panel solar.

#### **4.3 LUMINOSIDAD**

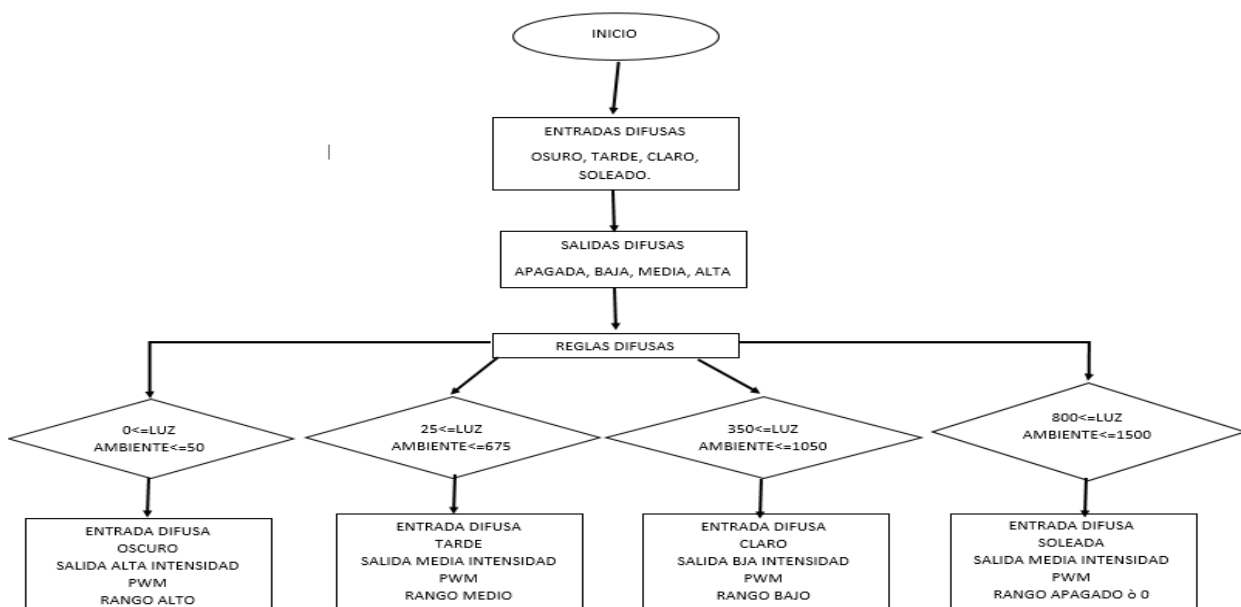
Para tener un buen funcionamiento del proyecto, se explicara la segunda parte de este proyecto el cual es la intensidad de luminosidad que debe generar el foco dependiendo del ambiente que haya en el entorno, y para esto necesitamos dos elementos importantes el sensor de luminosidad y la lógica difusa.

#### 4.3.1 sensor bh1750

El sensor es una entrada que el único dato que envía es la intensidad de luminosidad que hay en el ambiente, estos datos los recibe la arduino nano y los compara con la lógica difusa, elemento el cual se mencionara más adelante.

#### 4.3.2 lógica difusa

La lógica difusa trabaja dependiendo de los datos de entrada que reciba el arduino por medio del sensor bh1750, aquí los elementos más importantes son las reglas difusas, las entradas difusas serian oscuro, tarde, claro, soleado y las salidas difusas serian Apagada, alta, media y baja intensidad, ahora viene algo importante para el proyecto que tiene como nombre las reglas difusas, esto permitirá tener un mejor uso de los rangos de lux, por ejemplo cuando el ambiente está en oscuro la regla difusa compara la entrada y se activa la salida difusa de alta intensidad, estos datos los envía al arduino para el microcontrolador por medio de pwm regule la luminosidad del foco, para una mayor comprensión de cómo trabajan las reglas difusas se anexa un flujograma. Fig.8



**Figura 8. Flujograma de la lógica difusa. Autoría propia**

4.3.3 Foco de luminosidad

Cuando el microcontrolador envía la señal (pwm) llega a una compuerta Darlington que permite el paso de este pwm eso teniendo en cuenta la intensidad que se necesita para el foco.

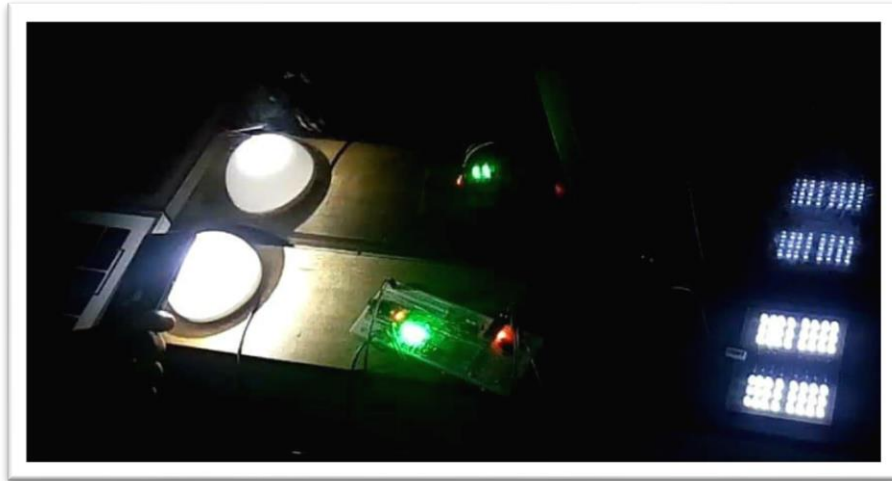
**RANGOS DE LUMINOSIDAD**

- **ENTRADA DIFUSA SOLEADO-RANGO APAGADO**



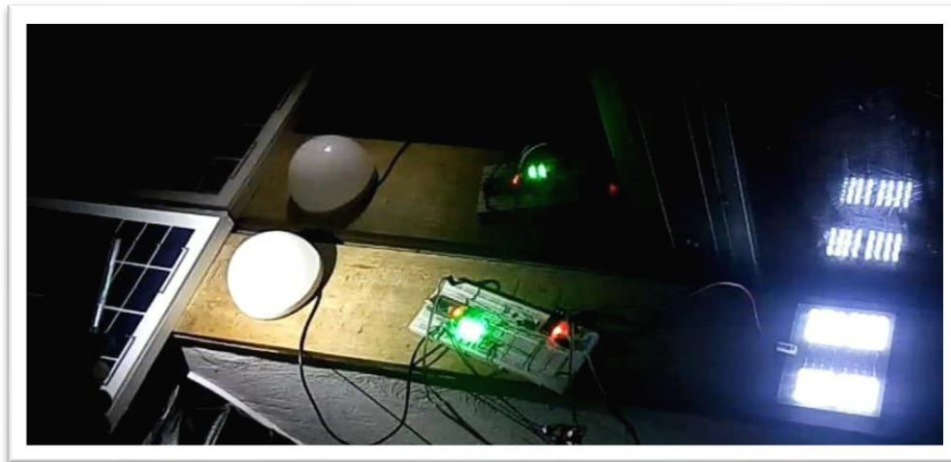
**Figura 9. Foco de luminosidad apagado**

- **ENTRADA DIFUSA CLARO-RANGO BAJO**



**Figura 10. Foco de luminosidad bajo**

- **ENTRADA DIFUSA TARDE-RANGO MEDIO**



**Figura 11. Foco de luminosidad medio**

- **ENTRADA DIFUSA NOCHE-RANGO ALTO**





**Figura 12. Foco de luminosidad alto**

#### 4.4 LCD- SALIDAS

Las salidas en este punto es la lcd , es un elemento que simplemente visualiza los datos que se requiere del proyecto estos datos son los de voltaje de la bateria, voltaje, panel solar y la potencia entre otros datos importantes, y por ultimo pero no menos importantes los leds del panel solar donde, en donde led rojo indica que no esta recibiendo rayos del sol el panel , y el verde es donde indica que si lo esta recibiendo, esto se logra por los datos que envia el microcontrolador a la lcd y los leds. Esto mostrata en las siguientes figuras.



**Fig. 13 LCD CON DATOS VISUALIZADOS**

## **5. RESULTADOS**

En las pruebas realizadas se verifico el funcionamiento del proyecto operando durante 9 horas aproximadamente la luminosidad que se presentaba en el ambiente era optimo ya que no hubo evidencia de que la batería tuviera una descarga rápida, la batería tiene una capacidad de 12 voltios y cuando transcurrió el tiempo anteriormente mencionado, se realizó la medición de voltaje de la batería y el resultado fue de 8 voltios, cabe aclarar que la prueba se realizó desde las 5 pm ya que desde ese tiempo la luminosidad de un entorno habitual empieza a disminuir, cuando la batería llegue a 5 voltios el microcontrolador automáticamente desconecta o apaga todo el sistema para evitar que la bateria llegue al estado de descarga profunda .

Por otra parte se verifico el funcionamiento de los sensores, se observó que el tiempo de respuesta de los sensores es óptimo ya que en un ningún momento se observó recalentamiento de la batería además en la pantalla lcd se muestra que



**VISIÓN ELECTRÓNICA**

VISIÓN ELECTRÓNICA

20/10/17

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

esta misma está a temperatura ambiente, gracias a los sensores que se implementaron en la batería y con ayuda del led multicolor se puede apreciar la durabilidad de carga de la batería, si el led está de color verde es porque la batería está al 100%, cuando el led está en el color azul es porque está en un estado aceptable, inmediatamente el microcontrolador permite el paso de la carga del panel solar a la batería y esto genera que la batería esté completamente cargada, y el led rojo es porque está en un estado crítico, y los sensores implementados en el panel permite saber si este mismo está recibiendo energía del sol, si está activo o desactivado (panel solar), por último pero no menos importante se realizó la medición para el área respectiva que es de un metro cuadrado a una altura de dos metros, el dato que arrojó fue de 520 lux aproximadamente, y cuando se realizó a una altura de un metro el resultado fue de 850 lux a 1000 lux aproximadamente esta prueba se realizó a las 8 pm. Se evidencia la prueba en la siguiente imagen fig. (11)

## **5. CONCLUSIONES**

- La primera consideración al crear un algoritmo de lógica difusa, es definir una representación del problema o modelo del mismo. Se debe definir la función objetivo, teniendo en cuenta, que se pueda alcanzar una mayor aptitud y verdaderamente se dé una mejor solución para el problema dado.
- La luminosidad del ambiente y es muy distinto a la artificial, ya que si se trabaja con la luminosidad artificial es algo complicado de manejar, ya que con el sensor (bh1750) el tiempo de respuesta es lento y no es seguro trabajarlo, cuando se trabaja con luminosidad natural el sistema reacciona mucho mejor.
- El regulador ayuda a tener un mayor control entre el panel solar y entre la batería, ya que si no se aplica dicho control, es muy probable que la

batería pase a un estado llamado “descarga profunda” y esto ocasionaría que deje de funcionar la batería, y como consecuencia el funcionamiento del sistema se reduce a cero.

- La utilización de la lógica difusa es aconsejable para procesos muy complejos, es decir, cuando se carece de un modelo matemático simple o para procesos altamente no lineales, Con los sistemas basados en la lógica difusa se pueden evaluar mayor cantidad de variables, entre otras, variables lingüísticas, no numéricas, simulando el conocimiento humano.
- Un sistema está basado entre 0 y 1 (prendido o apagado), pero con ayuda de la lógica difusa podemos trabajos con rangos y estados, con los cambios de estados le da más posibilidades al observador, ya que tiene más opciones y estas mismas se pueden configurar.

- [1] M. S. B. Mesa, “Propuesta para la implementación del sistema ‘LED’ para la iluminación en Antioquia,” pp. 1–114, 2009.
- [2] “¿Que es una Señal Modulada por Ancho de Pulso (PWM) y Para Qué es Utilizada? - National Instruments.” [Online]. Available: <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/AA1BDEA4AA224E3E86257CE400707527>. [Accessed: 08-Mar-2017].
- [3] M. Desiree and R. Yerena, “Diseño E Implementación De Un Sistema De Iluminación Autónomo Para Espacios Exteriores Con Celdas Solares,” p. 135, 2005.
- [4] A. S. Castro, “Grado en Ingeniería Electrónica Industrial,” 2017.
- [5] H. Zeng, J. Qiu, X. Shen, G. Dai, P. Liu, and S. Le, “Fuzzy control of led tunnel lighting and energy conservation,” *Tsinghua Sci. Technol.*, vol. 16, no. 6, pp. 576–582, 2011.
- [6] “Tutorial módulo sensor de luz BH1750.” [Online]. Available: [http://www.naylampmechatronics.com/blog/44\\_Tutorial-módulo-sensor-de-luz-BH1750.html](http://www.naylampmechatronics.com/blog/44_Tutorial-módulo-sensor-de-luz-BH1750.html). [Accessed: 19-Oct-2017].
- [7] “How to use the ACS712 with an Arduino | Henry’s Bench.” [Online]. Available: <http://henrysbench.capnfatz.com/henrys-bench/arduino-current-measurements/the-ac712-current-sensor-with-an-arduino/>. [Accessed: 19-



VISIÓN ELECTRÓNICA  
20/10/17

Fecha de recepción:  
Fecha de aceptación:

Oct-2017].

- [8] "Tutorial sensor de corriente ACS712." [Online]. Available:  
[http://www.naylampmechatronics.com/blog/48\\_tutorial-sensor-de-corriente-ac712.html](http://www.naylampmechatronics.com/blog/48_tutorial-sensor-de-corriente-ac712.html). [Accessed: 23-Nov-2017].
- [9] "1152198782: Reglas difusas." [Online]. Available:  
<http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/investigacion/mod/page/view.php?id=9137>. [Accessed: 23-Nov-2017].