

# Distance & Light Intensity Smart Lamp

## Distancia e intensidad de luz de lampara inteligente

**ENGERST YEDRA ÁLVAREZ**

Departamento de Tecnología de la Edificación. ETSE Edificación. Grupo Sensores y Actuadores. Universidad Politécnica de Madrid.  
Ingeniero en telecomunicaciones y electrónica. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría. La Habana. Cuba. [engerstya@gmail.com](mailto:engerstya@gmail.com)

**This work proposes an electronic system which, adapted to a LED lamp, optimizes the use of electrical energy, improves lighting comfort, etc. All this is possible with the programming of an Ultrasonic Distance Sensor (#28015) through an Arduino Nano Rev. 3. This Arduino, connected to actuators, regulates the intensity of the light depending on the distance between the lamp and the work area. In case an object or a human being approaches or moves away from the lamp, the luminous intensity will increase or decrease in relation to the previously established parameters. In order to achieve this objective, the installation of a breadboard of the proposed system is carried out for its subsequent testing and simulation. Several open source software are also used, such as: Arduino, Fritzing, Inkspace, etc. The Arduino is used to program the brain of the operation, that is, the microcontroller in the arduino platform; Fritzing for the digital assembly in breadboard, its schematic and the PCB (Print Circuit Board), all this of the proposed circuit; and Inkspace for the creation of the components that are not available in the Fritzing. This project combines three technologies, which combined, result in a Distance & Light Intensity Smart Lamp.**

*LED, Optimization, Distance & Illumination, Fritzing, Arduino*

**En este trabajo se propone un sistema electrónico que adaptado a una lámpara LED se obtiene la optimización del uso de la energía eléctrica, la mejora del confort lumínico, etc. Todo esto es posible con la programación de un Sensor Ultrasónico de Distancia (#28015) mediante un Arduino Nano Rev. 3. Este último conectado a actuadores regula la intensidad de la luz en dependencia de la distancia entre la lámpara y el plano de trabajo. En caso de que un objeto y/o ser humano se acerque o aleje de la lámpara, la intensidad lumínica aumentara o disminuirá en con relación a los parámetros previamente establecidos. Para lograr este objetivo se realiza el montaje en un breadboard del sistema propuesto, para su posterior prueba y simulación. Se utilizan además varios softwares, todos open source, tales como: Arduino, Fritzing, Inkspace, etc. El Arduino es utilizado para programar el cerebro de la operación, es decir, el microcontrolador en la plataforma de arduino; Fritzing para el montaje digital en breadboard, su esquemático y el PCB (Print Circuit Board), todo esto del circuito propuesto; e Inkspace para la creación de los componentes que no están disponibles en el Fritzing. Este proyecto combina tres tecnologías, las cuales combinadas, dan como resultado una Distance & Light Intensity Smart Lamp.**

*LED, Optimization, Distance & Illumination, Fritzing, Arduino*

### 1. INTRODUCCIÓN

La Domótica (DOMOTICA: DOMO – casa, TIC – Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y A - Automática) es el conjunto y la combinación de técnicas y tecnologías, orientadas a automatizar una vivienda, mediante la integración de los sistemas de seguridad, gestión energética, bienestar y/o comunicaciones. En este trabajo se propone la combinación de tres tecnologías: Arduino, LED y Ultrasonic Distance Sensor. Mediante la combinación de los mismos se busca obtener un dispositivo que integrado a un sistema domótica aportaría al uso eficiente de la energía y al confort lumínico de la vivienda y/o ambiente de trabajo.

Hoy en día hay muchos estudios de las tecnologías que en este trabajo se evalúan y se utilizan en el dispositivo propuesto, de forma individual o en combinación con otras

tecnologías y para otras aplicaciones, pero son escasos los trabajos que combinan esas tecnologías, para el caso concreto que se plantea.

El dispositivo propuesto adecua la intensidad lumínica tomando en cuenta la distancia a la que se encuentre un objeto (plano de trabajo), su aumento o disminución, depende de los parámetros establecidos previamente, dígame distancia y luxes, según los requerimientos de la norma UNE-EN 12464-1:2012 [1].

En este proyecto, los dispositivos más destacados son los LEDs y el Ultrasonic Distance Sensor, siendo el primero el más importante ya que otros sensores podrían ser evaluados y este sería el único elemento constante. Actualmente los LEDs son utilizados en múltiples aplicaciones, siendo una de ellas las señales de tránsito [2] en las cuales se estudia de que forma mejorar la legibilidad y el confort visual en las vías de

nuestras ciudades.

En los medios de transporte también están presentes los LEDs, un ejemplo muy común, son los indicadores de destino equipados en la parte delantera de los autobuses permitiendo a los peatones identificar rápidamente los números de los mismos [3], con el objetivo de mejorar la legibilidad y la visualización óptima de la información que se desplaza a lo largo del display. Otro sistema que pone a prueba la versatilidad de esta tecnología, es la transmisión de códigos de identificación a través de un canal VLC (Visible Light Communication, Canal de Comunicación de Luz), que en conjunto con otras tecnologías, se determinan las posiciones de los vehículos en función de la relación geométrica entre las coordenadas de los LEDs en las imágenes y sus coordenadas del mundo real, que se obtienen a través de los códigos de identificación [4]. El caso anterior se propone como un sistema de posicionamiento, y su rendimiento se examina realizando simulaciones en Matlab®. Una tecnología recurrente en estudios de este tipo es el CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor, Semiconductor de Óxido Metálico Complementario) cuyo principio de funcionamiento lleva por nombre "Mecanismo de Obturación Enrollable", y se utiliza para realizar el reconocimiento de LED-ID (LED-Identificador) mediante posicionamiento de luz [5-6].

En la agricultura también se encuentran los LEDs, donde se estudian los diferentes espectros de luz en la estructura y filosofía de la plata para mejorar la producción de horticultura y la eficiencia energética [7].

La tecnología Light-Emitting Diode tiene además una notable presencia en los estudios de detección química, utilizando el rango entre UV (Ultravioleta) e IR (Infrarrojo) (247-3800 nm, respectivamente) [8], para detectar metales pesados, toxinas y gases tóxicos, nutrientes ambientales, así como productos bioquímicos y compuestos relacionados con riesgos biológicos. Existe también la posibilidad de medir la concentración de polvo atmosférico, mediante nuevos métodos de transmisión de luz con LEDs [9].

Con respecto a los sistemas de iluminación LED, a través de la combinación de sensores de alta resolución ofrecen un gran potencial para un ahorro sustancial de energía [10].

En este trabajo se estudia la combinación de las tecnologías LED, Ultrasonic Distance Sensor y Arduino, buscando así una solución de bajo coste, que mejore la eficiencia energética en los hogares, centros de trabajo, entre otros lugares donde se requiera de un alumbrado durante intervalos de tiempo prolongados.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. MATERIALES

Las herramientas utilizadas en este trabajo son los softwares de Arduino [11], Fritzing [12] e Inkspace [13]. Además de

componentes y materiales que a través de su combinación se obtiene el montaje del dispositivo propuesto para su posterior prueba en laboratorio. Componentes y materiales: breadboard, Arduino Nano Rev. 3, 3 - Diodos LED, 3 - Resistores de 220  $\Omega$ , Ultrasonic Distance Sensor (#28015).

En la figura 1 el Arduino Nano, la plataforma escogida para el diseño del presente trabajo.

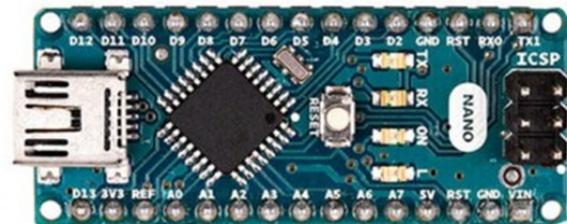


Figure 1: Arduino Nano Rev. 3. Fuente [14].

El Arduino es una plataforma de hardware libre basado en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñado para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinares. En este caso el modelo Nano Rev. 3 tiene en la placa el microcontrolador ATmega328P, siendo este uno de los más versátiles y con mayores capacidades.

El Arduino Nano Rev. 3 es pequeño, completo, y se puede utilizado de una manera fácil en breadboard. Se escoge por ser uno de los más versátiles, económicos y populares en el mercado.

Entre sus características fundamentales se pueden mencionar: alimentación, memoria, programación, entre otras. Con respecto a su alimentación, es través de la conexión USB Mini-B, una fuente de alimentación externa no regulada de 6-20 V o una fuente de alimentación externa regulada de 5 V. La fuente de poder se selecciona automáticamente a la fuente de voltaje más alto.

El ATmega328 tiene 32 KB (también con 2 KB utilizados para el cargador de arranque). Para ATmega328 tiene 2 KB de SRAM y 1 KB de EEPROM. La programación se hace con el software Arduino. El ATmega328 en el Arduino Nano viene precargado con un cargador de arranque que le permite cargar un nuevo código sin el uso de un programador de hardware externo. Se comunica utilizando el protocolo original STK500. También puede omitir el gestor de arranque y programar el microcontrolador a través del encabezado ICSP (Programación en serie en circuito) utilizando Arduino ISP o similar.

A continuación se presenta una tabla donde resume las características de algunas de las plataformas Arduino más populares en el mercado, con sus especificaciones y propiedades más importantes. En la misma se marca (subrayando el nombre) la plataforma escogida en este trabajo.

Ultrasonic Distance Sensor (#28015), sensor de distancia

Name	Processor	Operating/Input Voltage	CPU Speed	Analog In/Out	Digital IO/PWM	USB
LilyPad USB	ATmega32U4	3.3 V / 3.8-5 V	8 MHz	4/0	9/4	Micro
Micro	ATmega32U4	5 V / 7-12 V	16 MHz	12/0	20/7	Micro
Uno	ATmega328P	5 V / 7-12 V	16 MHz	6/0	14/6	Regular
Due	ATSAM3X8E	3.3 V / 7-12 V	84 MHz	12/2	54/12	2 Micro
Esplora	ATmega32U4	5 V / 7-12 V	16 MHz	-	-	Micro
Leonardo	ATmega32U4	5 V / 7-12 V	16 MHz	12/0	20/7	Micro
Nano	ATmega168	5 V / 7-9 V	16 MHz	8/0	14/6	Mini
	ATmega328P					
Yún	ATmega32U4	5 V	16 MHz	12/0	20/7	Micro
	AR9331 Linux		400MHz			
Arduino Robot	ATmega32u4	5 V	16 MHz	6/0	20/6	1

Tabla 1: Comparación entre los Arduino más populares. Fuente [15].

ultrasonico que proporciona mediciones de distancia precisas y sin contacto de aproximadamente 2 cm a 3 m. El “#28015” hace referencia al número de parte de la compañía que produce este tipo de sensores, la cual lleva por nombre Parallax Inc. Es muy fácil de conectar a los microcontroladores y en las plataformas de Arduino, requiriendo solo un pin de E/S (Entrada/Salida).

El sensor funciona transmitiendo una ráfaga ultrasónica (muy por encima del rango de audición humana) y proporcionando un impulso de salida que corresponde al tiempo requerido para que la ráfaga de eco regrese al sensor. Al medir el ancho del pulso de eco, la distancia al objetivo se puede calcular fácilmente.



Figure 2: Ultrasonic Distance Sensor. Fuente [16].

A continuación en la figura 3 se muestra gráficamente de que forma trabaja el sensor cuando es colocado frente a un objeto.

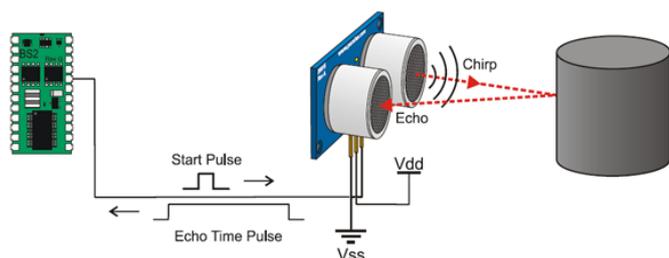


Figure 3: Funcionamiento del Ultrasonic Distance Sensor. Fuente [16].

Entre sus características principales se pueden mencionar: tensión y corriente de alimentación de +5 VDC y 35 mA (como máximo) respectivamente; comunicación mediante pulso TTL positivo; paquete SIP de 3 pines, con una separación de 0.1 pulgadas; con una temperatura de operación de 0 - 70 ° C; con una tamaño de altura - 22 mm, ancho - 46 mm y profundidad - 16 mm; y un peso de 9 g.

Los LEDs (Light-Emitting Diode, Diodo de Emisión de Luz) son componente electrónicos de estado sólido que producen luz de una corriente eléctrica.

A diferencia de una bombilla de luz incandescente que conduce la electricidad en dos direcciones, un LED, al ser un diodo, conduce la electricidad en una sola dirección. Para limitar la corriente y proteger el diodo es necesario añadir resistores al circuito, en una conexión serie, entre el ánodo de los LEDs y la señal 5 V que se emite desde el Arduino, en este caso a través de D10, D11 y D12.

El diodo LED bloquea cualquier flujo de corriente en esa dirección cátodo - ánodo y no produce luz. En la conexión directa, el cátodo tiene un voltaje negativo y el ánodo tiene voltaje positivo. El ánodo se conecta a uno de los terminales de la resistencia y el otro terminal de la resistencia al positivo de la fuente de alimentación, el terminal del cátodo del LED al negativo de la fuente de alimentación. En este caso en concreto se utilizan resistores de 220 Ω, ya que es el más utilizado y recomendado por Arduino [17].

Los programas que se utilizan en este trabajo con tres: Arduino, Fritzing e Inkspace. Todos open source. El software de Arduino se utiliza para programar la plataforma de Arduino Nano Rev. 3; el Fritzing para el diseño y montaje de forma virtual, el cual genera de forma automática los esquemáticos y el Print Circuit Board y el Inkspace sirve para crear componentes que no existen en el Fritzing, en este caso el componente creado en este último programa fue el Ultrasonic Distance Sensor.

## 2.2. DISEÑO Y ENSAMBLAJE

El diseño del circuito se realiza de forma virtual en el programa Fritzing, el cual ofrece un ambiente de trabajo fácil de utilizar y semejante al que posteriormente se hará de forma real en el laboratorio, además genera de forma automática el esquema del circuito montado en el breadboard, tal y como se verá a continuación. (Ver figuras 4 y 5).

En la figura 4 se muestra el montaje que se realiza de forma virtual en el programa Fritzing, el cual guarda similitud con el circuito que luego se elabora en el laboratorio, y así tener un mejor entendimiento de los elementos que lo conforman en ambas representaciones, virtual y real.

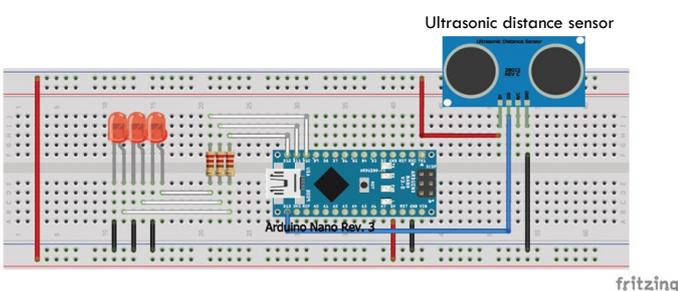


Figura 4: Montaje en el software Fritzing del circuito. Fuente: elaboración propia.

Luego a partir de este diseño se genera de manera automática el esquema del circuito el cual será mostrado en la figura a continuación.

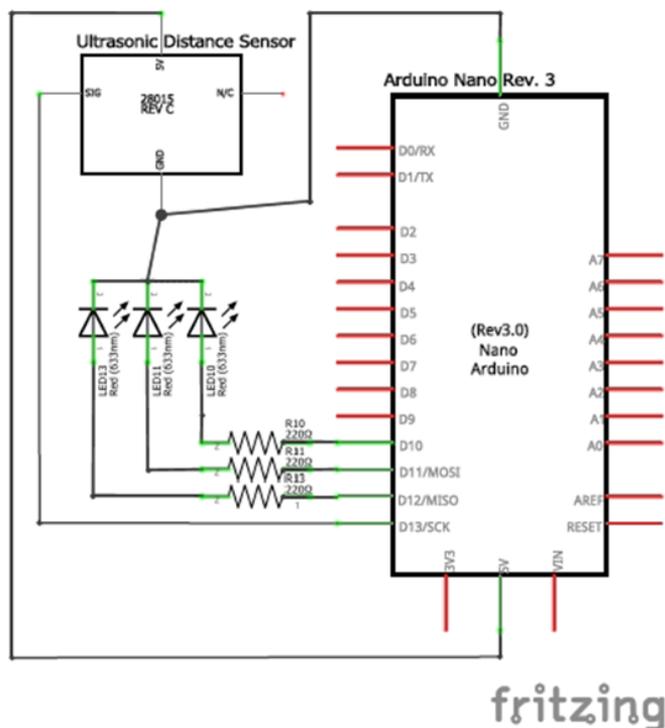


Figura 5: Esquema generado por software Fritzing del circuito. Fuente: elaboración propia.

La figura 5 representa el esquemático del circuito de la figura 4, generado automáticamente por el programa Fritzing, en el cual se visualiza de forma clara los pines asignados a cada

diodo LED, que son D10, D11 y D12 del Arduino Nano Rev. 3 conectados al LED10, LED11 y LED13, respectivamente. Siendo el pin D13 mediante el cual el Arduino se comunica con el sensor Ultrasonico de distancia.

Se procede el montaje del circuito de forma física para el análisis y pruebas de laboratorio.

En la figura 6 se muestra el circuito realizado para el análisis y las pruebas de laboratorio. En la imagen se nombran los componentes más importantes que son el Arduino y el sensor Ultrasonico.

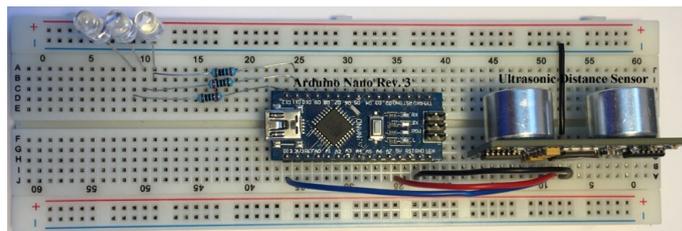


Figura 6: Montaje en laboratorio del circuito. Fuente del autor.

Después de programar el Arduino el funcionamiento es simple y parte de la idea de regular la intensidad de la luz (un LED encendido menor intensidad de luz y los tres encendidos mayor intensidad) con respecto a la distancia a la que se encuentre el sensor el plano de trabajo.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de las pruebas realizadas en laboratorio de la combinación de tres tecnologías: Arduino, Ultrasonic Distance Sensor y LED, se obtiene como resultado la disminución y/o aumento de intensidad lumínica en dependencia de la distancia a la que se encuentre un objeto y del sistema. Esto se logra mediante la utilización de tres LEDs, los cuales se van encendiendo y apagando, aumento y disminución respectivamente de la intensidad de luz.

Este trabajo propone la incorporación de este circuito en lámparas LED para uso sobre las mesas y/o planos de trabajo, las cuales tienen la particularidad de ser desplazables hacia abajo o hacia arriba en dependencia de las necesidades del usuario, por ejemplo un Arquitecto. En el momento de dibujar, en caso de la mesa ser desplazada la lámpara aumentara o disminuirá la intensidad de la luz con relación a la distancia que se encuentre el plano de trabajo. Así el usuario tendrá la misma intensidad lumínica y por tanto confort visual. Además de tener ahorro energético, se evita el deslumbramiento.

## 4. CONCLUSIÓN

Después del montaje y la prueba en el laboratorio del dispositivo propuesto se demuestra su funcionamiento mediante el encendido de varios LEDs, a partir del encendido

de los mismos en dependencia de la distancia a la cual este el plano de trabajo de la lámpara a la que se adecua el dispositivo propuesto. Este dispositivo aumenta así la ergonomía de trabajo para los profesionales del sector de la edificación y obra civil.

El equipo implementado simula el comportamiento de los diferentes anillos de luz que permitirían regular la intensidad lumínica de una determinada estancia de trabajo. Otra posible aplicación de este sistema es la regulación y control de luminarias en pasillos y zonas habitables, controlando la cantidad de luxes volcados en función de la posición de la persona y su distancia a los focos de luz. Este control del consumo e intensidad permite obtener un mayor ahorro energético y una mayor optimización de los recursos dentro de la vivienda.

Se propone el encapsulado del sistema completo, utilizando componentes SMD (Surface Mounted Device) en el circuito, para así optimizar el espacio que ocuparía el dispositivo propuesto en la lámpara. Este encapsulado podría realizarse con ayuda de impresión 3D, previo diseño del mismo mediante alguna herramienta de software tales como FreeCAD 3D o Solid Works, abaratando los costes de manufactura y personalizando el prototipo.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Informes técnicos:

- [1] UNE-EN 12464-1:2012. Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo.

Artículos de revistas científicas:

- [2] Lee, Ted Liang-tai, and Yi-Chun Chen. "Construction and Optimization of Through-Hole LED Models for Use in Designing Traffic Signboards." *Crystals* 9.2 (2019): 96.
- [3] Wu, Chih-Fu, et al. "Legibility of Light-Emitting Diode Destination Indicators Mounted on the Front of Public Buses." *Symmetry* 11.1 (2019): 42.
- [4] Do TH, Yoo M. Visible light communication based vehicle positioning using LED street light and rolling shutter CMOS sensors. *Optics Communications*. 2018 Jan 15;407:112-26.
- [5] Wu Y, Guan W, Zhang X, Huang M, Cao J. Visible light positioning system based on CMOS image sensor using particle filter tracking and detecting algorithm. *Optics Communications*. 2019 Aug 1;444:9-20.
- [6] Ji Y, Xiao C, Gao J, Ni J, Cheng H, Zhang P, Sun G. A single LED lamp positioning system based on CMOS camera and visible light communication. *Optics Communications*. 2019 Jul 15;443:48-54.
- [7] Hitz T, Henke M, Graeff-Hönninger S, Munz S. Three-dimensional simulation of light spectrum and intensity within an LED growth chamber. *Computers and electronics in agriculture*. 2019 Jan 1;156:540-8.
- [8] Yeh P, Yeh N, Lee CH, Ding TJ. Applications of LEDs in optical sensors and chemical sensing device for detection of biochemicals, heavy metals, and

environmental nutrients. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017 Aug 1;75:461-8.

- [9] Li H, Sang X. LED array light source illuminance distribution and photoelectric detection performance analysis in dust concentration testing system. *Sensors and Actuators A: Physical*. 2018 Mar 1;271:111-7.
- [10] Dikel EE, Newsham GR, Xue H, Valdés JJ. Potential energy savings from high-resolution sensor controls for LED lighting. *Energy and Buildings*. 2018 Jan 1;158:43-53.

Páginas web:

- [10] <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>, 2019. Visitada en Abril, 2019.
- [11] <http://fritzing.org/home/>, 2016. Visitada en Abril, 2019.
- [12] <https://inkscape.org/>, 2019. Visitada en Abril, 2019.
- [13] <https://store.arduino.cc/>, 2019. Visitada en Abril, 2019.
- [14] <https://www.arduino.cc/en/Products/Compare>, 2019. Visitada en Abril, 2019.

---

## WHAT DO YOU THINK?

To discuss this paper, please submit up to 500 words to the editor at [bm.edificacion@upm.es](mailto:bm.edificacion@upm.es). Your contribution will be forwarded to the author(s) for a reply and, if considered appropriate by the editorial panel, will be published as a discussion in a future issue of the journal.