

“Utilización de Luminarias Led como Reemplazo de Luminarias Incandescentes y Fluorescentes: Análisis de Potencias”

M. A. Dávila

E. F. Durán

Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador

Resumen— análisis de la utilización de luminarias LED en reemplazo de las luminarias incandescentes comunes en un auditorio de la Universidad Politécnica Salesiana. Análisis de consumo de potencia, costos de instalación y costos acumulados por consumo energético.

Palabras claves— LED, incandescente, análisis, lumínico, potencia, eficiencia, energía, Relux.

1. INTRODUCCIÓN

La época de las luminarias incandescentes en instalaciones residenciales internas está llegando a un punto en el cual los rubros por consumo se vuelven muy elevados, por lo cual es emergente aplicar tecnologías nuevas para evitar este inconveniente, y a la vez ser más conscientes con el medio ambiente. Una alternativa válida es el uso de luminarias LED en las instalaciones, pues éstas, después de años de evolución en la tecnología de fabricación, nos ofrecen prestaciones superiores a las luminarias incandescentes, y por un consumo mucho menor.

En este trabajo se analizó la instalación de iluminación dentro del Auditorio 1 del edificio Mario Rizzini dentro de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, y se comparó los resultados en el caso de cambiar todas las luminarias existentes por luminarias LED.

2. ESQUEMA DE INSTALACIÓN

El auditorio consta de 22 dicroicos de 75W y 12 lámparas de neón de 40W, es decir 34 puntos de iluminación. Para realizar el levantamiento de la instalación debemos considerar el código NEC, el cual dicta que en circuitos de iluminación se debe instalar 100W por cada punto, así calculamos la potencia instalada dentro del auditorio (Ver esquema de la figura 1):

Potencia instalada=34 x 100W

Potencia instalada=3400W

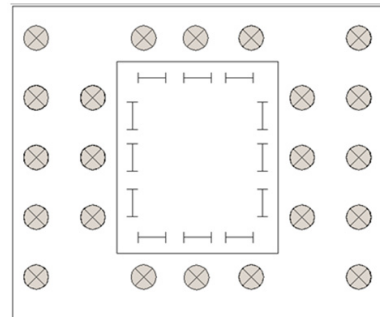


Figura 1: Esquema de instalación a analizar

La instalación está dividida en 3 circuitos, uno de 2000W para los dicroicos interiores, otro de 2000W para los dicroicos exteriores y un último de 2000W para las lámparas de neón. Para la simulación de este ambiente, se utilizó la plataforma Relux, así se dibujó el plano de planta del auditorio, y se ubicó las luminarias existentes (figura 2).

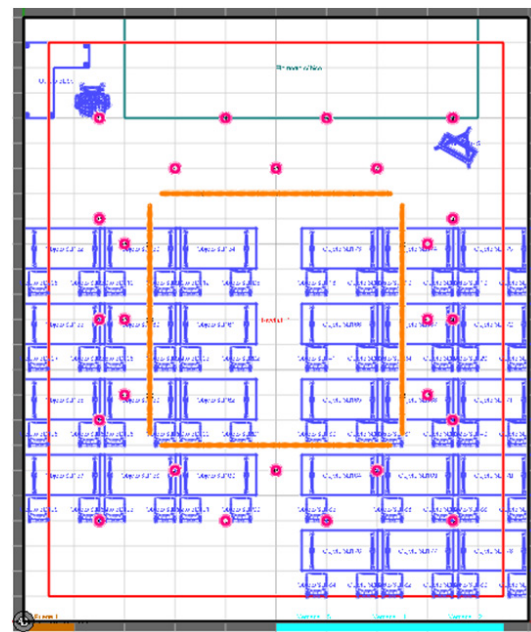


Figura 2: Distribución de las luminarias realizada en Relux

Utilizando lámparas comunes, se realizó el análisis lumínico existente en la instalación. Los valores de las lámparas los de la tabla 1:

Tabla 1: Características básicas de las lámparas para la simulación en Relux

Descripción del sistema de iluminación		
Designación	Tubo Fluorescente	Incandescente
Número de lámparas por luminaria	1	1
Valores básicos		
Flujo luminoso nominal de la lámpara (lm)	2 400	5 000
Duración media de la lámpara (h)	8 000	8 000
Vatios por cada luminaria (W)	40	58

Con estos valores, se realizó el cálculo de luminosidad, con lo cual se encontró que la luminancia media en la instalación está alrededor de los 528 lx.

La simulación se realizó utilizando las luminarias descritas en la tabla 1. Para los tubos fluorescentes se escogió una luminaria que presente la direccionalidad lumínica descrita en la figura 3.

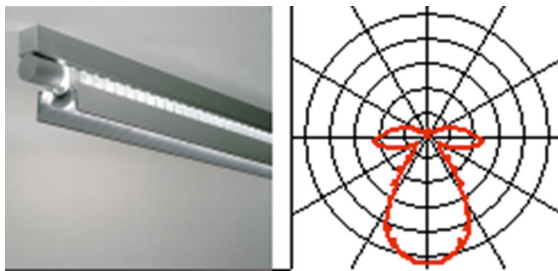


Figura 3: Patrón de iluminación de la luminaria fluorescente utilizada en la simulación [2]

Las luminarias incandescentes utilizadas en la simulación, presentan el patrón de iluminación mostrado en la figura 4.

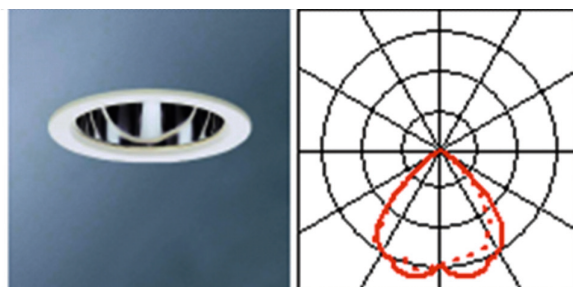


Figura 4: Patrón de iluminación de las luminarias incandescentes utilizadas en la simulación (dicroicos) [2]

El software de simulación, permite también visualizar la intensidad de las luminancias presentes en cada parte del ambiente analizado, obteniendo un cuadro de colores falsos representativos (figura5).

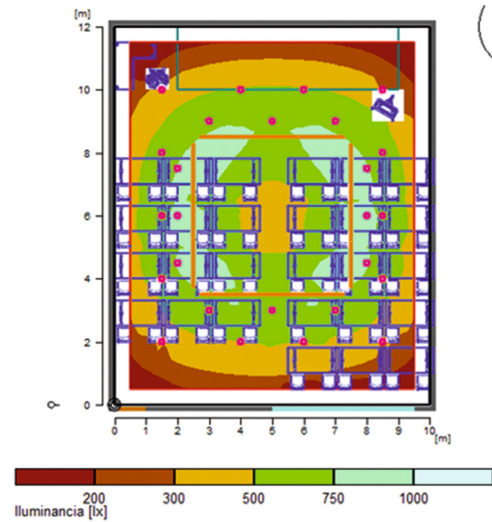


Figura 5: Luminancia presente en la instalación con luminarias incandescentes

De esta simulación en Relux, se obtuvieron los resultados de iluminancias medias dentro del ambiente simulado, los cuales nos dan una idea de la cantidad de luz incidente en las superficies de análisis (tabla 2).

Tabla 2: Resultados de la simulación en el ambiente con luminarias incandescentes y fluorescentes.

General	
Algoritmia de cálculo utilizada	Porción indirecta media
Altura de la superficie de valoración	0,75m
Altura del nivel de luminarias	3,40m
Factor de mantenimiento	0,8
Flujo luminoso total de todas las lámparas	122400lm
Rendimiento global	1736W
Superficie a analizar	120m ²
Rendimiento total por superficie	14.47W/m ² (2.74 W/m ² /100lx)
Iluminancias	
Iluminancia media E _m	528lx
Iluminancia mínima E _{min}	137lx
Iluminancia máxima E _{max}	814lx
Uniformidad g1 E _{min} /E _m	0.26
Uniformidad g2 E _{min} /E _{max}	0.17
Demanda energética	689kwh/año

Utilizando el software Relux, se puede crear el ambiente a simular, y observar el patrón de iluminación que presenta cada luminaria. En la figura 6 vemos el auditorio creado para este propósito, donde los patrones de iluminación se describen como mallas de color rojo. Estos datos de simulación son muy importantes para cuestiones de diseño, pues nos indican la direccionalidad de las luminarias.

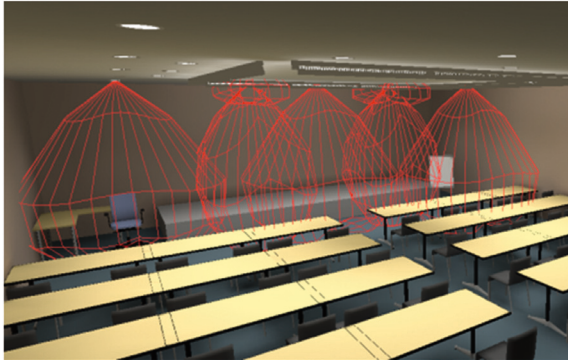


Figura 6: Disposición de luminarias incandescentes

Debido a que el espacio de análisis se encuentra dentro del edificio de la universidad, las luminarias tienen un factor de utilización de 1 durante el tiempo que se utiliza dicho espacio. Para obtener los costos medios de consumo energético del circuito, se procedió a realizar una encuesta a los encargados de los auditorios, con lo que se obtuvieron los siguientes valores:

- Uso del aula durante la mañana: 3 horas
- Uso del aula durante la tarde: 2 horas
- Uso del aula durante la noche: 4 horas
- **Uso total del aula durante el día: 9 horas**

Por lo tanto

$$\text{Uso de dicróicos} = 75W \times 22 \text{ unidades}$$

$$\text{Uso de dicróicos} = 1650W$$

$$\text{Uso de lámparas de neón} = 40W \times 12 \text{ unidades}$$

$$\text{Uso de lámparas de neón} = 480W$$

$$\text{Potencia total consumida} = 2130W$$

Con lo cual se puede calcular el consumo mensual de este espacio de la siguiente manera:

$$\text{Consumo mensual} = \frac{\text{Potencia}(W) \times \text{horas de uso por día} \times \text{días de uso al mes}}{1000} \quad (1)$$

$$\text{Consumo mensual} = \frac{2130 \times 9 \times 21}{1000}$$

$$\text{Consumo mensual} = 402.57 \text{Kwh/mes}$$

Teniendo en cuenta un costo de \$0.08 por kwh, se tiene:

$$\text{Costo mensual} = \text{consumo mensual} \times \text{costo por Kwh}$$

$$\text{Costo mensual} = 402.57 \times 0.08$$

$$\text{Costo mensual} = \$32.21/\text{mes}$$

Estimando 10 meses de utilización durante un año, se tiene

$$\text{Costo anual} = 32.21 \times 10$$

$$\text{Costo anual} = \$322.10$$

En la tabla 3 se muestra una cotización de las lámparas que se utilizarían en una primera fase de instalación:

Tabla 3: Cotización utilizando lámparas incandescentes

Proveedor	Ítem	Marca	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Electro Instalaciones	Dicroico 110V-50W	Sylvania	22	\$3,23	\$71,06
Electro Instalaciones	Ojo de buey	Osram	22	\$2,82	\$62,04
Electro Instalaciones	Regleta 1x40W 120V	Splendor	12	\$11,79	\$141,48
Electro Instalaciones	Tubo 40W	Sylvania	12	\$1,35	\$16,20
Total					290,78

*Fuente: ElectroInstalaciones

Debido a que las lámparas incandescentes y las de neón tienen un tiempo de vida promedio de 8 000 horas, en cuanto a rubros de cambios de lámparas quemadas, se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Horas de consumo anuales} \\ = 9 \text{ horas} \times 21 \text{ días} \times 10 \text{ meses} \end{aligned}$$

Por lo tanto en un período de análisis de 5 años, se tendrá que cambiar 4 veces las luminarias, con lo que se tiene:

$$\text{Costo por cambios en 5 años} = (\$16,20 + \$62,04) \times 4$$

$$\text{Costo por cambios en 5 años} = \$312,96$$

3. CAMBIO DE LA INSTALACIÓN UTILIZANDO LUMINARIAS LED

Una alternativa de consumo es la utilización de lámparas LED en la instalación. Este tipo de equipos tiene un tiempo de vida muy superior a los elementos normalmente utilizados en instalaciones, y debido al avance de la tecnología de fabricación de los mismos, los fabricantes nos ofrecen soluciones con colores cálidos y de altas prestaciones. En la figura 7 se muestra el esquema de la instalación con los cambios realizados en el software de todas las luminarias incandescentes por luminarias LED de alto rendimiento.

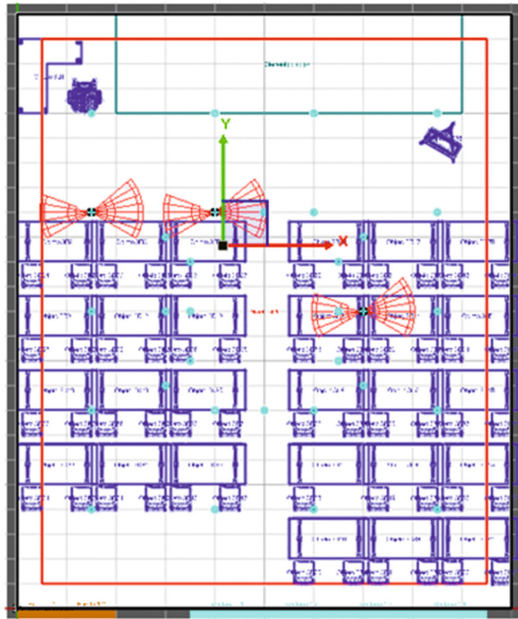


Figura 7: Disposición de luminarias LED en la simulación

Las características de las lámparas LED utilizadas en la simulación se muestran en la tabla 4:

Tabla 4: Sistema de iluminación con lámparas LED

Descripción del sistema de iluminación	
Designación	LED
Número de lámparas por luminaria	1
Valores básicos	
Flujo luminoso nominal de la lámpara (lm)	866
Duración media de la lámpara (h)	60000
Vatios por cada luminaria (W)	14

Para la simulación se utilizó una luminaria LED con un patrón de iluminación como el que se muestra en la figura 8.



Figura 8: Patrón de iluminación de las luminarias LED utilizadas en la simulación

Luego de realizar el cálculo lumínico, se encontró que la luminancia media en el espacio analizado utilizando LEDs, es de aproximadamente 167 lx, es decir un 68,37% menor que el encontrado para luminarias incandescentes, por lo cual

una distribución alterna se debe calcular para cumplir con los requerimientos de luminosidad. En la figura 9 se muestran los resultados obtenidos. Los resultados obtenidos con la simulación en Relux se muestran a en la tabla 5.

Tabla 5. Resultados de la simulación en el ambiente con luminarias incandescentes y fluorescentes.

General	
Algoritmia de cálculo utilizada	Porción indirecta media
Altura de la superficie de valoración	0,75m
Altura del nivel de luminarias	3,40m
Factor de mantenimiento	0,8
Flujo luminoso total de todas las lámparas	28578lm
Rendimiento global	462W
Superficie a analizar	120m2
Rendimiento total por superficie	3.85W/m2 (2.30 W/ m2/100lx)
Iluminancias	
Iluminancia media Em	167lx
Iluminancia mínima Emin	42lx
Iluminancia máxima Emax	316lx
Uniformidad g1 Emin/Em	0.25
Uniformidad g2 Emin/Emax	0.13
Demanda energética	2642kwh/año
Superficie	120m2

*Fuente: Los Autores

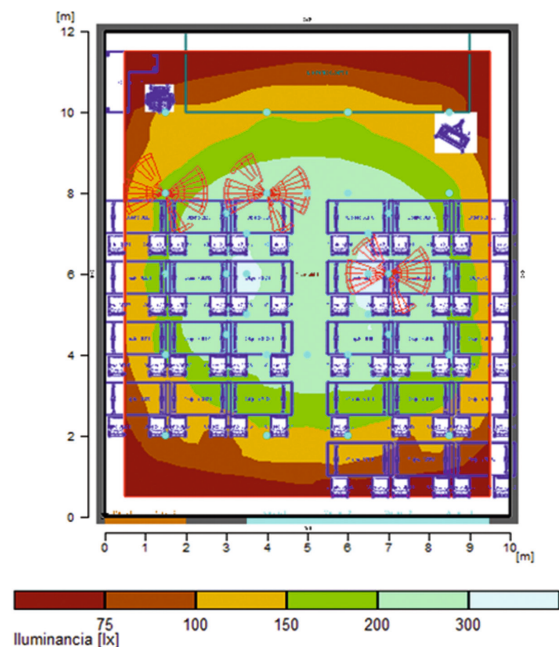


Figura 9: Patrón de luminosidad utilizando luminarias LED

También se puede obtener el ambiente simulado con las luminarias LED como se muestra en la figura 10.

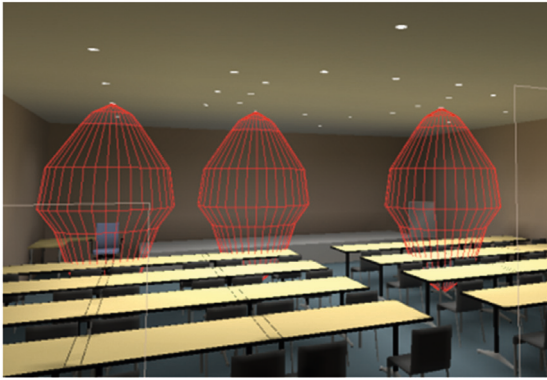


Figura 10: Distribución de luminarias LED

Se procede con el cálculo de consumo, utilizando esta tecnología, de la siguiente manera:

$$\text{Uso de lámparas led} = 14W * 34$$

$$\text{Potencia total consumida} = 476W$$

Con lo cual se puede calcular el consumo mensual de este espacio de la siguiente manera:

$$\text{Consumo mensual} = \frac{\text{Potencia}(W) * \text{horas de uso por día} * \text{días de uso al mes}}{1000}$$

$$\text{Consumo mensual} = \frac{476 * 9 * 21}{1000}$$

$$\text{Consumo mensual} = 89.96 \text{Kwh/mes}$$

Teniendo en cuenta un costo de \$0.08 por kwh, se tiene:

$$\text{Costo mensual} = 89.96 * 0.08$$

$$\text{Costo mensual} = \$7.20/\text{mes}$$

Estimando 10 meses de utilización durante un año, se tiene

$$\text{Costo anual} = \$7.20 * 10$$

$$\text{Costo anual} = \$72.20$$

En la tabla 6 se muestra una cotización aproximada de las lámparas utilizadas en la instalación:

Tabla 6: Cotización utilizando lámparas LED

Proveedor	Marca	Precio unitario	Precio total
Electro Instalaciones	Osram	\$ 14,79	\$ 502,86
Total			\$ 502,86

Debido a que las lámparas LED tienen un tiempo de vida promedio de 60 000 horas, en cuanto a rubros de cambios de lámparas quemadas, se tiene:

$$\text{Horas de consumo anuales} = 9 \text{horas} * 21 \text{días} * 10 \text{meses}$$

$$\text{Horas de consumo anuales} = 1890 \text{horas}$$

Por lo tanto en un período de análisis de 5 años, no se tendrá que cambiar ninguna vez las luminarias, el primer cambio debería hacerse aproximadamente a los 31 años de uso.

4. RENTABILIDAD

Para comparar la ventaja de adquirir una instalación basada en luminarias LED en comparación de la instalación común con luminarias incandescentes, debemos tomar en cuenta los rubros por mantenimiento (cambio de luminarias dañadas). Así prolongamos el tiempo de análisis a 10 años de la instalación, con lo que para luminarias incandescentes se tienen los datos de la tabla 7:

Tabla 7: Valores acumulados en una instalación con luminarias incandescentes

Año	Costo instalación	Costo mantenimiento	Costo consumo	Costo acumulado
1	\$ 290,78	\$ 0,00	\$ 322,10	\$ 612,88
2	\$ 0,00		\$ 322,10	\$ 934,98
3	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 322,10	\$ 1 257,08
4	\$ 0,00	\$ 312,96	\$ 322,10	\$ 1 892,14
5	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 322,10	\$ 2 214,24
6	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 322,10	\$ 2 536,34
7	\$ 0,00	\$ 312,96	\$ 322,10	\$ 3 171,40
8	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 322,10	\$ 3 493,50
9	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 322,10	\$ 3 815,60
10	\$ 0,00	\$ 312,96	\$ 322,10	\$ 4 450,66

*Fuente: Los Autores

De igual manera, realizamos la amortización para una instalación utilizando luminarias LED, como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Valores acumulados en una instalación con luminarias LED

Año	Costo instalación	Costo mantenimiento	Costo consumo	Costo Acumulado
1	\$ 502,86	\$ 0,00	\$ 72,20	\$ 575,06
2	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 72,20	\$ 647,26
3	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 72,20	\$ 719,46
4	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 72,20	\$ 791,66
5	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 72,20	\$ 863,86
6	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 72,20	\$ 936,06
7	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 72,20	\$ 1 008,26
8	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 72,20	\$ 1 080, 46
9	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 72,20	\$ 1 152,66
10	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 72,20	\$ 1 224, 86

Como podemos observar, aunque el costo inicial en una instalación con luminarias LED es elevado, luego de 4 años (tomando en cuenta el costo de mantenimiento, y el costo por el consumo) la instalación se termina de pagar, y luego de los 10 años de uso, es \$3 225,80 dólares más rentable que una instalación con luminarias incandescentes.

5. RESULTADOS

Los resultados obtenidos mediante cálculos de potencias y simulaciones lumínicas se muestran en la tabla 9.

Tabla 9: Resultados dependientes del tipo de lámpara utilizada

Descripción	Incandescente	LED
Potencia instalada	3400W	3400W
Luminancia media	528lx	167lx
Flujo luminoso	122400lm	28578lm
Rendimiento global	1736W	462W
Potencia total consumida	2130W	476W
Consumo mensual	402.57kwh	89.96kwh
Costo mensual	\$32.21	\$7.20
Costo anual	\$322.10	\$72.20
Costo de instalación	\$290.78	\$502.86
Costo acumulado (10 años)	\$4450.66	\$1224.86

6. CONCLUSIONES

La tecnología LED, aunque en principio resulte más costosa por los valores de instalación, luego de unos años de uso, supera con creces las características de las lámparas incandescentes, por lo que resulta una inversión a largo plazo para la empresa o cliente en general. El cálculo de luminosidad de las instalaciones

nos indica que la incandescente es superior, pero esto se debe a que se realizó un cambio de luminarias, y no una redistribución de las mismas. Además se debe tomar en cuenta que la simulación se realizó con luminarias LED de 45W direccionales, se debe realizar un cálculo más exacto utilizando las nuevas luminarias que tienen un

REFERENCIAS BIBILIGRÁFICAS

- [1] Catálogo de precios en Ecuador para luminarias incandescentes y luminarias LED OSRAM, documento en línea disponible en <http://www.proviento.com.ec/luminarias.html>, febrero de 2012.
- [2] Catálogo de luminarias LED, y software Relux, documentos en línea disponibles en http://www.osram.com/osram_com/LED/index.html, febrero de 2012.
- [3] “Calculo de alumbrado de interiores”, Vanesa Blázquez Sánchez. Documento en línea disponible en http://www.cnoo.es/modulos/gaceta/actual/gaceta384/CNOO_Articulo2.pdf, febrero de 2012.



Edgar Fernando Durán Contreras.- Universidad de Cuenca: Ingeniero Eléctrico. Universidad Politécnica Salesiana: Docente en la facultad de Ingeniería Eléctrica en las materias de Sistemas Eléctricos de Potencia, Sistemas de Distribución, Electrotecnia I y II, Circuitos Eléctricos I y II, Luminotecnia, Diseño I. Docente de Seminarios de Distribución para ECUACER. Superintendente del sistema de Operación y Distribución de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.



Miguel Alberto Dávila Sacoto.- Nació en Cuenca en 1988. Recibió su título de Ingeniero Electrónico de la Universidad Politécnica Salesiana en 2012. Actualmente se encuentra cursando el noveno ciclo de la carrera de Ingeniería Eléctrica en la Universidad Politécnica.