

EFICIENCIA ENERGÉTICA: ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTE Y DISEÑO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE

ENERGY EFFICIENCY: ANALYSIS OF THE ARTIFICIAL LIGHTING SYSTEM
OF THE BUILDING IN THE FACULTY OF ARCHITECTURE, ART AND
DESIGN OF UNIVERSITY AUTÓNOMA DEL CARIBE

JAIR DIAZ BARBOSA

Magister en Energías Renovables, Universidad Federal de ABC-Brasil,
Coordinador del Saber de Investigación del Programa de Arquitectura de la Universidad Autónoma del Caribe.
jair.diaz37@uac.edu.co

**MARIO ALBERTO AYURE GÓMEZ, XIMENA AGUILAR ACCOURTT, ANGIELYS
ANDREA MARTÍNEZ MIRANDA, Y RICHARD ESTEBAN CASTILLO VALDELAMAR**

Semilleros de Investigación, Grupo Arquitectura Bioclimática, Universidad Autónoma del Caribe.

DOI: <https://doi.org/10.15665/ad.v14i01.2033>

p., 36-47

RESUMEN

En la actualidad, el desarrollo sostenible procura un equilibrio en generar espacios amigables con el medio ambiente, y, eficientes energéticamente; esta eficiencia se logra relacionando el consumo de energía en los sistemas de iluminación artificial. Inicialmente se hace necesaria la identificación de los antecedentes históricos, contextualizando, y, posteriormente, localizando geográficamente el objeto de estudio, lo cual identifica el estado del sistema de iluminación, diagnosticando, además, detalladamente, cada uno de los componentes por medio de un levantamiento arquitectónico y relacionando todos

los detalles métricos del espacio; recolectando, tabulando y sistematizando, los datos del sistema de luminarias. Logrando que el consumo de energía de la edificación en las instalaciones de la Facultad de Arquitectura, Arte y Diseño de la Universidad Autónoma del Caribe se mejore con la formulación de una estrategia de eficiencia energética basada en la incorporación de nuevas tecnologías para el confort lumínico.

Palabras Clave: Eficiencia energética, Iluminación, Consumo, Edificaciones Académicas.

ABSTRACT

Currently, sustainable development seeks a balance in generating environmentally friendly and energy efficient spaces; This efficiency is achieved by relating energy consumption in artificial lighting systems. First, it is necessary to identify the historical background, contextualizing and subsequently locating the object of study geographically; which identifies the state of the lighting system; in addition, diagnosing in detail each of the components by means of an architectural study, as well as relating all the metric details

of the space; collecting, tabulating and systematizing the data of the lighting system. As a result, making possible that the energy consumption from the building in the facilities of the Faculty of Architecture, Art and Design of Universidad Autónoma del Caribe, is improved with the formulation of an energy efficiency strategy based on the incorporation of new technologies for light comfort.

Keywords: Energy efficiency, lighting, Consumption, Academic Buildings.

INTRODUCCIÓN

En el año de 1879, Thomas Alba Edison logró el funcionamiento de uno de los primeros prototipos de un invento revolucionario que ya se había estado gestando en décadas atrás, la cual pasó a llamarse “Bombilla incandescente”, fruto de varios descubrimientos ocurridos durante los siglos XVII y XVIII iniciados por Otto Von Guericke frotando un globo de azufre, con la mano, maquina electrostática, produciendo luz por primera vez a partir de esta electricidad (Alglave & Boulard, 1884).

La comercialización de la bombilla incandescente provocó la demanda de nuevas tecnologías para la distribución de la energía eléctrica (Estación generadora), bajo el desarrollo de la *Edison General Electric Company*, la cual, el 4 de septiembre de 1882, instaló el primer sistema eléctrico en el área de Bajo Manhattan en Nueva York; este sistema fue conocido por el nombre de su estación generadora, Pearl Street Station, y funcionaba a través de corriente continua (Barazarte, 2013). Posterior a esto, se generó la conocida “Batalla de las Corrientes” entre Thomas Edison y Nicola Tesla. Ganó la corriente alterna y es la que se usa en la actualidad. Estos acontecimientos científicos marcaron una nueva etapa para la humanidad; se dio una alta demanda del recurso energético para reemplazar las lámparas de gas. Hoy por hoy, ello, el uso desmedido de la electricidad hace parte de un agotamiento de los recursos naturales.

Es un hecho que el acelerado crecimiento de la población mundial y su relación con el potencial agotamiento de los recursos, ha generado importantes cambios en el volumen, composición y dirección de los flujos migratorios (Bullón). Paralelo al incremen-

to de este uso de la energía eléctrica, crece el daño ambiental sobre nuestros ecosistemas, a causa de la generación irresponsable de energía y el abuso indiscriminado de los recursos naturales, lo que se ha traducido en serios problemas como el cambio climático y sus derivados, haciendo urgente la necesidad de implementar acciones y medidas alternativas de energía limpia y no contaminante.

Buscar e implementar fuentes de energía e iluminación sustentable y renovable se ha vuelto imperativo. En respuesta a esta problemática, la comunidad mundial, a través de autoridades globales, como la Organización de las Naciones Unidas, ONU, ha establecido recientemente una lista de objetivos en un documento publicado en el año 2015, llamado “Agenda 2030”, donde se presentan una serie de metas en respuesta a las problemáticas mundiales en diferentes aspectos: sociales, ambientales y económicos, para su cumplimiento en los próximos 15 años. Contemplaron los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible, entre los cuales, en materia de energía, y sobre todo como fuente de iluminación, se referencian los objetivos número siete “Energía asequible y no contaminante”; nueve “industria, innovación e infraestructura” y doce, “producción y consumo responsable”. Sin embargo, según International Energy Agency (2015) muestra que se ha desacelerado el desarrollo de nuevos recursos y tecnologías eficientes, luego este decaimiento es aún más preocupante por la obvia ausencia en la generación de energías renovables.

Dada la importancia de las principales fuentes de energía, se introduce el concepto de eficiencia energética con el fin de optimizar el desarrollo productivo y mitigar los impactos negativos al medio ambiente, involucrando el proceso de sostenibilidad de las edi-

ficaciones, siendo esta eficiencia, una forma de administrar y lograr limitar el crecimiento de consumo; además (Marc & Gonseth, 2012) "La eficiencia energética, es considerada un mecanismo para asegurar el abastecimiento energético, puesto que se sustenta en la adopción de nuevas tecnologías y buenos hábitos de consumo, con el fin de optimizar el manejo y uso de los recursos energéticos disponibles. La eficiencia energética constituye un vehículo para aumentar la productividad y competitividad nacional, y es una de las principales estrategias de mitigación de impactos ambientales en la cadena energética".

En el caso colombiano, la eficiencia energética se alinea principalmente con los Planes de Acción Sectorial-PAS1- derivados de la estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono, con el fin de contribuir en la reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero - GEI, con la que se comprometió el país para el año 2030 en la COP21, y de acuerdo con la revisión del Balance Energético Colombiano (BECO), en el 2015 se consumió 1.219.827 TJ de energía final (Ministerio de Minas y Energía - Unidad de Planeación Minero Energética, 2016) de la cual el 5,32% es consumido por el sector comercial y público (entiéndase como institucional y alumbrado público) siendo la iluminación el uso principal que se le da a la energía eléctrica con un 31.0% del porcentaje anterior, según los datos de UMPE 2013. Dentro de las medidas de eficiencia energética que, propone el Plan de Acción Indicativo de Eficiencia Energética 2017-2022, para el sector terciario (el cual engloba la Educación como subsector con código CIU 80), en electricidad y concerniente a la iluminación, se encuentran las siguientes acciones del rediseño del sistema de iluminación, sustitución de luminarias, automatización e implementación de buenas prácticas y construcción o modernización de sistemas de alumbrado público, empleando luminarias de tecnología LED y sistemas de telegestión.

EL CASO UNIAUTÓNOMA

La Universidad Autónoma del Caribe, como institución generadora de conocimiento y aplicación de este, de acuerdo con las necesidades locales, regionales e internacionales, (Misión) estipula dentro de su Plan de Desarrollo Institucional 2016 – 2020, en el capítulo 2.1, los 10 temas con los que toda universidad colombiana debe alinearse (acordado en el Acuerdo

por lo superior 2034.) "para avanzar hacia el sistema de educación deseado para los próximos 20 años" (Universidad Autónoma del Caribe, 2016), en el cual se menciona como punto N°10 la "sostenibilidad financiera del sistema" cuya meta es "Implementación de la política de optimización del gasto a partir del 2017" y el 1er indicador es "Diagnóstico de principales oportunidades de ahorro", Por ende, a partir del cambio de las luminarias existentes en el sistema de iluminación artificial del Bloque A, siendo la primera y única estructura en la institución previamente diagnosticada, como medianamente eficiente si se mide por el Indicador D (129.29 Kg CO₂/m²) (Diaz, et al., 2018), esto es, ese edificio, Bloque A, debe contribuir a alcanzar los objetivos institucionales de ahorro y sostenibilidad económica, además, asociándose con las metas nacionales de reducción del gasto eléctrico, figurando como la estrategia de eficiencia energética más adecuada, proporcionando una rápida ejecución sin mayores transformaciones en la infraestructura y resultando en un cambio considerable en el consumo energético.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la propuesta de eficiencia energética y rediseño de los elementos de iluminación del bloque A, edificio de la Universidad Autónoma del Caribe, la metodología identifica las siguientes etapas claves para el correcto diagnóstico y análisis de consumo en la iluminación, y, de acuerdo a este, exteriorizar una solución. Como primer paso, se determina la localización geográfica e identificación de la estructura académica, continuada con el diagnóstico actual de las instalaciones de iluminación del bloque A, siguiendo con un análisis del diagnóstico realizado, y finalizando con la propuesta de eficiencia energética para la estructura.

Localización geográfica e identificación de la infraestructura académica.

La Universidad Autónoma del Caribe se establece el 27 de marzo de 1967; este campus aún se localiza en el barrio Altamira, urbanización que se promovió en el año 1949 con una extensión de 13.45 Hectáreas, aunque actualmente ocupa un área de 13.51 Has., la manzana (N°358) donde se encuentra esta institución ocupa un 16% del barrio (2,124 Has).

El campus principal de la Universidad Autónoma del Caribe se encuentra en la Calle 90 #46-112 del Distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla, municipio que pertenece al departamento Atlántico, creado el 11 de abril de 1905 por la Ley 17, localizado en el norte de Colombia siendo parte de la región Caribe. Ilustración 1. Localización de la UAC dentro del contexto barrial.



Ilustración 1. Localización de la UAC
Fuente: fotografías satelitales con intervención de los Autores.

La infraestructura de la institución dispone de accesos y salidas sobre las calles 90 y 88, Plazoleta abierta para el tránsito y desarrollo social de los estudiantes, un Minimall o plaza de comidas, el salón de eventos Casa Club, Teatro Mario Ceballos, Biblioteca Benjamín Sarta con 4 plantas y acceso a internet, 8 bloques de 4 pisos cada uno, bloque A de Arquitectura y la capilla en el primer piso, B, C y D, E de idiomas, el bloque G con salones de clase y salas de Informática, los H e I, el edificio de Postgrados con los bloques J y K, los Laboratorios de Materiales e Ingeniería, la Emisora Uniautónoma FM.

El Bloque A, es la edificación en la que actualmente funciona la Facultad de Arquitectura Arte y Diseño, y, allí, se imparten clases de los programas de Arquitectura, Diseño Gráfico, Diseño de Espacios y Diseño de Modas. Este edificio dispone de 4 plantas, en el primer piso están la capilla, las oficinas de los profesores de diseño gráfico y espacios interiores, y el auditorio de la Facultad. En el segundo piso, de un lado se encuentran las oficinas administrativas y de docentes de los programas de arquitectura y diseño de modas, en el otro lado, los salones de clases numerados del A201 hasta A207. En el tercer

piso, al igual que en el cuarto, se dispone de más aulas de clase del A301 al A308 y en el cuarto piso, del A401 a A407.

DIAGNÓSTICO DE LA EDIFICACIÓN

Se realizó el levantamiento planimétrico de cada uno de los pisos de bloque A, en el cual se identificaron los puntos de iluminación, procediendo a tomar las medidas de los tipos de 3 módulos existentes, en la estructura, con el objetivo de representarla y definir sus características.

En la Ilustración 2. se pueden observar una vista frontal y un corte perteneciente a las luminarias ubicadas en el bloque identificando sus dimensiones. El diseño de la primera luminaria se compone de un marco de aluminio seccionado por 3 hojas del mismo material en el eje X y 3 en el eje Y, empotrado en 4cm en el cielorraso; la segunda posee las mismas medidas y especificaciones agregándole una sección con 4 láminas cóncavas de aluminio, generando así una percepción de la luz más opaca y difusa. La tercera luminaria es un Panel LED.

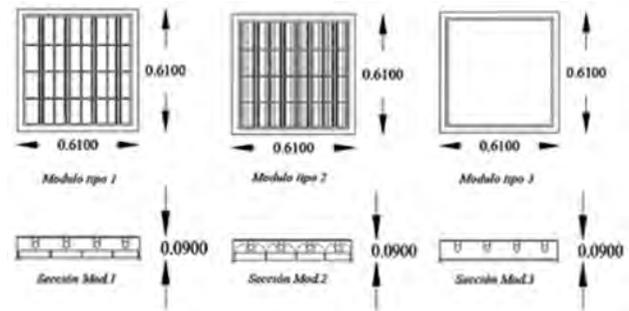


Ilustración 2. Vista frontal y un corte perteneciente a las luminarias.
Fuente: los autores.

Luego se procedió a describir los tipos de bombillas junto con sus especificaciones técnicas, de los módulos 1, 2 y 3, los cuales constan de múltiples características. En primer lugar, la luminaria Philips F17T8/TL841 ALTO - T8, se caracteriza por ser una luminaria fluorescente que cuenta con un diseño de vidrio esmerilado que difunde el calor y la luz de manera uniforme, reduciendo las manchas oscuras, la cual contiene una baja depreciación lumínica, manteniendo el brillo, durante su larga vida útil nominal, con una potencia de 17W, proporcionando una eficiente iluminación de 6500°K. Permitiéndole ser adecuada para aplica-

ciones arquitectónicas, residenciales, comercio al por menor, conjunto de oficinas y de hostelería.

El segundo tipo de luminaria es Eco led Lumek de alta eficiencia, cubierta de vidrio que cuenta con una potencia de 18W, un flujo luminoso de 1400lm y una temperatura de 6500°K, donde sus principales características están conformadas por su encendido instantáneo, el alto índice de reproducción de color mejorando la calidad de la iluminación y el confort visual con una vida útil de 7 años con 8 horas de uso diario.

Y por último contamos con la luminaria Ivy panel LED de la marca sylvania que se empotra en un cielo falso donde se destaca su alta potencia de 45w; su alta luminosidad de 1170Lm no genera intermitencias ni radiaciones ultravioletas y su encendido es instantáneo. Esta luminaria se caracteriza por su marco de acero pintado de color blanco, con un diseño moderno y la luz que proyecta, de manera uniforme, evita el deslumbramiento y el cansancio visual.

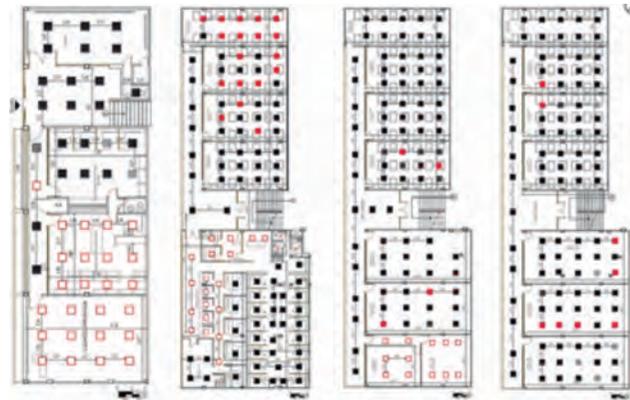


Ilustración 1. Plantas del bloque A (Levantamiento planimétrico)
 Fuente: Autores.

Especificaciones Técnicas						
Imagen	Fabricante	Modelo	Tipo	Potencia (W)	Flujo Luminoso (lm)	Temperatura de Color (°K)
	Philips	F1778/TL841 ALTO - T8	Fluorescente	17	1150	6500
	LUMEK	ECO LED VIDRIO 18W	LED	18	1400	6500
	Sylvania	Ivy panel LED	LED	45	1170	6500

Tabla 1. Especificaciones técnicas
 Fuente: Los autores.

Evaluación y análisis del consumo de energía eléctrica por iluminación.

En esta etapa se realizan 2 pasos fundamentales:

- Levantamiento planimétrico del bloque A con la ubicación de las luminarias, especificando el tipo de bombillo y modulo que posee.
- Evaluación del "consumo energético mensual".

Las siguientes plantas son las pertenecientes a los 4 pisos del bloque A en las cuales se ubican las posiciones de las luminarias con sus actuales módulos y bombillas en funcionamiento o no. El cuadro de color rojo sin relleno representa a las bombillas LED, en negro las fluorescentes y en rojo con relleno las dañadas.

Luego del levantamiento planimétrico, se hizo la tabla 2, en la cual se exponen los procedimientos para conseguir los precios que se deben pagar por iluminación en los distintos niveles que conforman el bloque A, los cuales se obtuvieron al identificar el número de bombillos multiplicándolo por la potencia unitaria de cada bombilla, previamente determinada en las especificaciones técnicas de cada producto, dando así las potencias totales de los espacios; nuevamente, se multiplican por las horas de uso mensual (basado en los horarios de uso de cada recinto) obteniendo el consumo total de los lugares en un mes, y, en el siguiente paso, se multiplican por la tarifa de consumo del mes de enero resultando en el precio correspondiente por área y posteriormente, por piso. Cabe destacar que las horas mensuales de uso están sujetas a pequeñas variaciones, debido a que cuando en los salones no se esté impartiendo clases, por diferentes motivos, durante el horario laboral, pudiesen estar ocupados por estudiantes ajenos a los horarios.

A continuación, en la mencionada tabla 2, se sintetizan las distintas especificaciones y características que posee cada nivel perteneciente al bloque A y en la tabla 3, el Consumo mensual de energía del bloque A.

El primer piso del bloque posee un área de 250,67 M2 y se componen de 3 zonas las cuales poseen 48 módulos de luminarias que contienen 4 bombillos Fluorescente y 0 LED.	El segundo piso posee un área de 595,462 M2 y se componen de 2 zonas las cuales poseen 111 luminarias.	El tercer piso posee un área de 595,462 M2 y se componen de 8 salones con un total de 89 Mod.	El cuarto piso posee un área de 595,462 M2 y se componen de 7 salones con un total de 92 Mod.
<ul style="list-style-type: none"> • Administración e Investigación: 86,62 M2 / 20 Módulos de Luces o luminarias • Capilla: 39,83 M2 / 6 Mod. • Auditorio: 55,00 M2 / 12 Mod. • Hall: 29,48 M2 / 6 Mod. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sala de Profesores, secretario y decanatura: 244,474 M2 / 43 Mod. • Aulas: 218,681 M2 / 47 M • Pasillos y Hall: 70,40 M2 / 8 Mod. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aulas: 450,460 M2 / 73 Mod. • Pasillo y Hall: 112,34 / 15 Mod. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aulas: 450,460 M2 / 82 Mod. • Hall y Pasillo: 112,34 / 13 Mod.

Tabla 2. Especificaciones y características que posee cada nivel perteneciente al bloque A
 Fuente: los autores.

Primer Nivel											
Espacio	Tipo	Tipo de luminaria	Cantidad de luminarias	Unidades (Bombillas)	Total Bombillas	Potencia unitaria (Kw)	Potencia total (Kw)	Tiempo de uso (H)	Kw-h	Precio (\$/kw-h)	Total, consumo (\$)
Capilla	Fluo.	tubo T8	6	4	24	0,017	0,408	4	1,632	349,87	\$570,99
Hall	Fluo.	tubo T8	6	4	24	0,017	0,408	100	40,8	349,87	\$14.274,70
Centro de Inves.	Fluo.	tubo T8	7	4	28	0,017	0,476	300	142,8	349,87	\$49.961,44
Lab. de Comp. Prof.	LED	panel	13	1	13	0,046	0,598	300	179,4	349,87	\$62.766,68
Salón de audiovisuales	LED	Panel	12	1	12	0,046	0,552	28	15,456	349,87	\$5.407,59
Pasillo	LED	Panel	1	1	1	0,046	0,18	100	1,8	349,87	\$629,77
	Fluo.	tubo T8	3	4	12	0,017	0,204	100	20,4	349,87	\$7.137,35
Total			48		114		2,664		402,288	349,87	\$140.749
Segundo Nivel											
Espacio	Tipo	Tipo de luminaria	Cantidad de luminarias	Unidades (Bombillas)	Total Bombillas	Potencia unitaria (Kw)	Potencia total (Kw)	Tiempo de uso (H)	Kw-h	Precio (\$/kw-h)	Total consumo (\$)
Aula 204	Fluo.	tubo T8	10	4	40	0,017	0,68	200	136	349,87	\$47.582
Aula 205	LED	Eco tubo	6	4	24	0,018	0,432	200	86,4	349,87	\$30.229
	Fluo.	tubo T8	6	4	24	0,017	0,408	200	81,6	349,87	\$28.549
Aula 206	LED	Eco tubo	6	4	23	0,018	0,414	200	82,8	349,87	\$28.969
	Fluo.	tubo T8	6	4	24	0,017	0,408	200	81,6	349,87	\$28.549
Aula 207	LED	Eco tubo	9	4	36	0,018	0,648	200	129,6	349,87	\$45.343
	Fluo.	tubo T8	1	4	4	0,017	0,068	200	13,6	349,87	\$4.758
Salones PTC	LED	Panel	3	1	3	0,046	0,138	300	41,4	349,87	\$14.485
	Fluo.	tubo T8	30	4	120	0,017	2,04	300	612	349,87	\$214.120
Decanatura	Fluo.	tubo T8	5	4	20	0,017	0,34	300	102	349,87	\$35.687
Dir. de Programa	Fluo.	tubo T8	5	4	18	0,017	0,306	300	91,8	349,87	\$32.118
Atencion al Pub.	LED	Panel	5	1	5	0,046	0,23	0	0	349,87	\$-
Pasillos	LED	tubo T8	8	4	32	0,018	0,576	100	57,6	349,87	\$20.153
	Fluo.	panel	4	1	4	0,046	0,184	100	18,4	349,87	\$6.438
Total			104		377		6,872		1534,8	349,87	\$536.980
Tercer Nivel											
Espacio	Tipo	Tipo de luminaria	Cantidad de luminarias	Unidades (Bombillas)	Total Bombillas	Potencia unitaria (Kw)	Potencia total (Kw)	Tiempo de uso (H)	Kw-h	Precio (\$/kw-h)	Total consumo (\$)
Aula 301	LED	Panel	6	1	6	0,046	0,276	120	33,12	349,87	\$11.588
Aula 302	LED	panel	6	1	6	0,046	0,276	156	43,056	349,87	\$15.064
Aula 303	LED	Eco tubo	2	4	12	0,018	0,216	172	37,152	349,87	\$12.998
	Fluo.	Tubo T8	10	4	36	0,017	0,612	172	105,264	349,87	\$36.829
Aula 304	LED	Eco tubo	2	4	10	0,018	0,18	240	43,2	349,87	\$15.114
	Fluo.	Tubo T8	9	4	36	0,017	0,612	240	146,88	349,87	\$51.389
Aula 305	LED	Eco tubo	5	4	21	0,018	0,378	224	84,672	349,87	\$29.624
	Fluo.	Tubo T8	6	4	25	0,017	0,425	224	95,2	349,87	\$33.308
Aula 306	Fluo.	Tubo T8	12	4	48	0,017	0,816	136	110,976	349,87	\$38.827
Aula 307	Fluo.	Tubo T8	12	4	48	0,017	0,816	188	153,408	349,87	\$53.673
Aula 308	Fluo.	Tubo T8	10	4	40	0,017	0,68	164	111,52	349,87	\$39.018
Pasillo	Fluo.	Tubo T8	15	4	60	0,017	1,02	100	102	349,87	\$35.687
Total			89		342		6,307		1066,448	349,87	\$373.118
Cuarto Nivel											
Espacio	Tipo	Tipo de luminaria	Cantidad de luminarias	Unidades (Bombillas)	Total Bombillas	Potencia unitaria (Kw)	Potencia total (Kw)	Tiempo de uso (H)	Kw-h	Precio (\$/kw-h)	Total consumo (\$)
Aula 401	Fluo.	Tubo T8	8	4	34	0,017	0,578	168	97,104	349,87	\$33.974
Aula 402	LED	Ecotubo	4	4	15	0,018	0,27	168	45,36	349,87	\$15.870
	Fluo.	Tubo T8	10	4	43	0,017	0,731	168	122,808	349,87	\$42.967
Aula 403	LED	Ecotubo	2	4	8	0,018	0,144	164	23,616	349,87	\$8.263
	Fluo.	Tubo T8	11	4	46	0,017	0,782	164	128,248	349,87	\$44.870
Aula 404	Fluo.	Tubo T8	12	4	48	0,017	0,816	156	127,296	349,87	\$44.537
Aula 405	LED	Ecotubo	1	3	3	0,018	0,054	168	9,072	349,87	\$3.174
	Fluo.	Tubo T8	9	4	35	0,017	0,595	168	99,96	349,87	\$34.973
Aula 406	LED	Ecotubo	1	4	4	0,018	0,072	168	12,096	349,87	\$4.232
	Fluo.	Tubo T8	11	4	42	0,017	0,714	168	119,952	349,87	\$41.968
Aula 407	Fluo.	Tubo T8	10	4	40	0,017	0,68	168	114,24	349,87	\$39.969
Pasillo	Fluo.	Tubo T8	13	4	52	0,017	0,884	100	88,4	349,87	\$30.929
Total			92		370		6,32		988,152	349,87	\$345.725

Tabla 3. Consumo mensual del bloque A Fuente: Los autores.

Bloque A											
Nivel	Tipo	Tipo de luminaria	Cantidad de luminarias	Unidades (Bombillas)	Total Bombillas	Potencia unitaria (Kw)	Potencia total (Kw)	Tiempo de uso (H)	Kw-h	Precio (\$/kw-h)	Total consumo (\$)
1	LED - Fluo	Panel - Tubo	48	de 1 hasta 3	114	0,017 - 0,017	1,939	4 - 300	402,288	349,87	\$140.749
2	LED - Fluo	Panel - Tubo	111	de 1 hasta 4	393	0,017 - 0,018	6,78	100 - 300	1534,8	349,87	\$536.980
3	LED - Fluo	Panel - Tubo	89	de 1 hasta 4	342	0,017 - 0,018	5,971	100 - 240	1066,448	349,87	\$373.118
4	LED - Fluo	Panel - Tubo	92	de 1 hasta 5	370	0,017 - 0,018	6,32	100 - 168	988,152	349,87	\$345.725
Total	LED - Fluo	Panel - Tubo	340	de 1 hasta 4	1219	0,017 - 0,018	21,01	4-300	3991,688	349,87	\$1.396.572

Tabla 4. Tabla de consumo energético mensual en iluminación Fuente: Autores,2019.

En la Tabla 4. se observa como se logró obtener el precio fijo (valor del consumo energético del sistema de iluminación con los horarios de uso de cada espacio) que la universidad ha de pagar mensualmente solo en iluminación, destacándose el piso 2 como el que más energía eléctrica consume, por consecuente es el de más alto valor.

Al realizar el levantamiento del número y tipo de bombillas de cada uno de los espacios del bloque A, se encontró que existían algunas unidades que no funcionaban, faltaban o no existían; relacionando la cantidad y su respectivo porcentaje, dentro del total de bombillas, se explicó el hallazgo de manera gráfica en la Tabla 5.

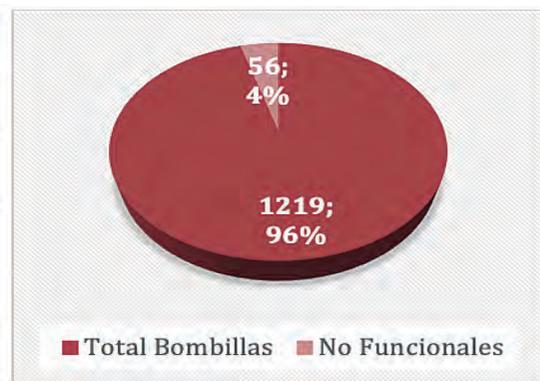
Con los resultados anteriores descritos en la Tabla 5, se puede concluir que, el 4% de las bombillas, del bloque A, no están en funcionamiento o en ciertos casos como en los salones A303, A401 y A405, faltan desde 1 hasta 4 bombillos. En el cuarto piso es donde faltan más bombillas siendo el segundo en menor consumo de luz, y, cabe resaltar que, este cuarto piso es el piso con mayor número de luminarias.

Al poseer 3 tipos de bombillas con sus respectivos valores de consumo y lúmenes y al estar ubicadas de una manera aleatoria, sin ningún patrón o criterio de diseño aparente, se procede al siguiente paso del diagnóstico.

Las problemáticas evidenciadas en la red de iluminación artificial del bloque A de la universidad Autónoma del Caribe, demuestran que las intervenciones para el reemplazo de bombillas han sido en tiempos diferentes, aunque encaminadas en la búsqueda de la implementación de productos que sean catalogados como ecológicos o del tipo ahorrador, debido a que se puede observar que las lámparas más antiguas son los tubos T8 Phillips, siguiendo los Eco LED de la marca LUMEK hasta el panel LED; por consecuencia, el valor del flujo luminoso es variable en la mayoría de los recintos por tener esta combinación de bombillas, sumando el hecho que algunos salones cuentan con unidades inoperantes.

Nivel	Nº de Bombillas	Espacio	Nº de Bombillas dañadas	Total dañadas
1 Piso	114	Lab. Comp.	4	4
2 Piso	393	A204	2	3
		A206	1	
3 Piso	342	A303	1	7
		A304	4	
		A305	2	
4 Piso	370	A401	26	42
		A402	2	
		A403	6	
		A405	6	
		A406	2	
Total	1219		56	

Tabla 5. Porcentaje y cifras de las bombillas no funcionales en comparación con las operantes Fuente: Autores,2019.



PROPUESTA DE MEJORA

Partiendo de las conclusiones anteriores se puede esclarecer que los puntos clave para la optimización de la red de iluminación artificial del bloque A, están en el reemplazo de las unidades no funcionales y la homogenización de las unidades por los paneles LED Ivy de la marca Sylvania, debido a que, actualmente, existen 53 paneles representando el 15% de

los puntos focales, además, al considerarse cómo una unidad, por punto, el valor de consumo será menor a uno con 4 unidades; con esto se unifica el valor del flujo luminoso dentro de los recintos; ello podría ayudar a cumplir las metas institucionales de ahorro económico, posteriormente evaluadas, adaptándose incluso a las estrategias nacionales de eficiencia energética.



Ilustración 4. Propuesta para el Bloque A Fuente: Los autores.

Debido a que solo se reemplazarán gráficamente en todos los niveles las luminarias que no sean el panel LED, el 85% de los puntos focales serán unificados con el 15% restante que representa los paneles.

Por otra parte, en la tabla 6, se recopilan los datos totales de cada uno de los pisos del bloque A, en el cual se pudo registrar el consumo total, con su tarifa mensual, a pagar, solo en iluminación.

Nuestra propuesta al analizar las luminarias LED para el bloque A, tabla 7, arrojó que tendría un consumo de energía eléctrica de 2536,02 kw/h al mes, equivaliendo un 36,47%. Debido a esta notoria reducción del consumo energético en la edificación, su valor facturado mensualmente estima a \$ 827.277 COP mensualmente.

Tabla de consumo mensual											
Primer Nivel											
Espacio	Tipo	Tipo de luminaria	Cantidad de luminarias	Unidades (Modulo Led)	Total Bombillas	Potencia unitaria (Kw)	Potencia total (Kw)	Tiempo de uso (H)	Kw-h	Precio (\$/kw-h)	Total consumo (\$)
Capilla	LED	Panel	6	1	6	0,04	0,24	4	0,96	349,87	\$335,88
Hall	LED	Panel	6	1	6	0,04	0,24	100	24	349,87	\$8.396,88
Centro de invs.	LED	Panel	7	1	7	0,04	0,28	300	84	349,87	\$29.389,08
Lab.comp	LED	Panel	12	1	12	0,04	0,48	300	144	349,87	\$50.381,28
Salon de audiovisuales	LED	Panel	12	1	12	0,04	0,48	28	13,44	349,87	\$4.702,25
		Panel	1	1	1	0,04	0,018	100	1,8	349,87	\$629,77
Pasillo	LED	Panel	3	1	3	0,04	0,12	100	12	349,87	\$4.198,44
Total			47		47		1,858		280,2	349,87	\$98.034
Segundo Nivel											
Espacio	Tipo	Tipo de luminaria	Cantidad de luminarias	Unidades (Bombillas)	Total Bombillas	Potencia unitaria (Kw)	Potencia total (Kw)	Tiempo de uso (H)	Kw-h	Precio (\$/kw-h)	Total consumo (\$)
Aula 204	LED	Panel	12	1	12	0,04	0,48	200	96	349,87	\$33.588
Aula 205	LED	Panel	6	1	6	0,04	0,24	200	48	349,87	\$16.794
Aula 206	LED	Panel	6	1	6	0,04	0,24	200	48	349,87	\$16.794
	LED	Panel	6	1	6	0,04	0,24	200	48	349,87	\$16.794
Aula 207	LED	Panel	9	1	9	0,04	0,36	200	72	349,87	\$25.191
	LED	Panel	3	1	3	0,04	0,12	200	24	349,87	\$ 8.397
Salones PTC	LED	Panel	3	1	3	0,04	0,12	300	36	349,87	\$12.595
	LED	Panel	30	1	30	0,04	1,2	300	360	349,87	\$125.953
Decanatura	LED	Panel	5	1	5	0,04	0,2	300	60	349,87	\$20.992
Dir. de Programa	LED	Panel	5	1	5	0,04	0,2	300	60	349,87	\$20.992
Atencion al Pub.	LED	Panel	5	1	5	0,04	0,2	0	0	349,87	\$
Pasillos	LED	Panel	8	1	8	0,04	0,32	100	32	349,87	\$11.196
	LED	Panel	4	1	4	0,04	0,16	100	16	349,87	\$5.598
Total			108		108		4,32		948	349,87	\$331.677
Tercer Nivel											
Espacio	Tipo	Tipo de luminaria	Cantidad de luminarias	Unidades (Bombillas)	Total Bombillas	Potencia unitaria (Kw)	Potencia total (Kw)	Tiempo de uso (H)	Kw-h	Precio (\$/kw-h)	Total consumo (\$)
Aula 301	LED	Panel	6	1	6	0,04	0,24	120	28,8	349,87	\$10.076
Aula 302	LED	Panel	6	1	6	0,04	0,24	156	37,44	349,87	\$13.099
Aula 303	LED	Panel	2	1	2	0,04	0,08	172	13,76	349,87	\$4.814
	Fluo.	Panel	10	1	10	0,04	0,4	172	68,8	349,87	\$24.071
Aula 304	LED	Panel	3	1	3	0,04	0,12	240	28,8	349,87	\$10.076
	Fluo.	Panel	9	1	9	0,04	0,36	240	86,4	349,87	\$30.229
Aula 305	LED	Panel	6	1	6	0,04	0,24	224	53,76	349,87	\$18.809
	Fluo.	Panel	6	1	6	0,04	0,24	224	53,76	349,87	\$18.809
Aula 306	Fluo.	Panel	12	1	12	0,04	0,48	136	65,28	349,87	\$22.840
Aula 307	Fluo.	Panel	12	1	12	0,04	0,48	188	90,24	349,87	\$31.572
Aula 308	Fluo.	Panel	10	1	10	0,04	0,4	164	65,6	349,87	\$22.951
Pasillo	Fluo.	Panel	15	1	15	0,04	0,6	100	60	349,87	\$20.992
Total			91		91		3,88		652,64	349,87	\$228.339
Cuarto Nivel											
Espacio	Tipo	Tipo de luminaria	Cantidad de luminarias	Unidades (Bombillas)	Total Bombillas	Potencia unitaria (Kw)	Potencia total (Kw)	Tiempo de uso (H)	Kw-h	Precio (\$/kw-h)	Total consumo (\$)
Aula 401	Fluo.	Panel	15	1	15	0,04	0,6	168	100,8	349,87	\$35.267
Aula 402	LED	Panel	5	1	5	0,04	0,2	168	33,6	349,87	\$11.756
	Fluo.	Panel	10	1	10	0,04	0,4	168	67,2	349,87	\$23.511
Aula 403	LED	Panel	4	1	4	0,04	0,16	164	26,24	349,87	\$9.181
	Fluo.	Panel	11	1	11	0,04	0,44	164	72,16	349,87	\$25.247
Aula 404	Fluo.	Panel	12	1	12	0,04	0,48	156	74,88	349,87	\$26.198
Aula 405	LED	Panel	3	1	3	0,04	0,12	168	20,16	349,87	\$7.053
	Fluo.	Panel	9	1	9	0,04	0,36	168	60,48	349,87	\$21.160
Aula 406	LED	Panel	1	1	1	0,04	0,04	168	6,72	349,87	\$2.351
	Fluo.	Panel	11	1	11	0,04	0,44	168	73,92	349,87	\$25.862
Aula 407	Fluo.	Panel	10	1	10	0,04	0,4	168	67,2	349,87	\$23.511
Pasillo	Fluo.	Panel	13	1	13	0,04	0,52	100	52	349,87	\$18.193
Total			104		104		4,16		655,36	349,87	\$229.291

Tabla 6. Tablas de consumo mensual con el reemplazo de bombilla. Fuente: los autores.

Bloque A											
Nivel	Tipo	Tipo de luminaria	Cantidad de luminarias	Unidades (Bombillas)	Total Bombillas	Potencia unitaria (Kw)	Potencia total (Kw)	Tiempo de uso (H)	Kw-h	Precio (\$/kw-h)	Total consumo (\$)
1	LED	Panel	47	1	47	0,04	1,939	4 - 300	280,02	349,87	\$97.971
2	LED	Panel	108	1	108	0,04	6,78	100 - 300	948	349,87	\$331.677
3	LED	Panel	91	1	91	0,04	5,971	100 - 240	652,64	349,87	\$228.339
4	LED	Panel	104	1	104	0,04	6,32	100 - 168	655,36	349,87	\$229.291
Total	LED	Panel	350	1	350		21,01	4-300	2536,02	349,87	\$887.277

Tabla 7. Tabla de consumo mensual total del bloque A con el reemplazo de bombilla. Fuente: los autores.

RESULTADOS

Después de la realización del diagnóstico del conjunto de luminarias existentes en el bloque A y las luminarias propuestas, ya mencionadas anteriormente para el mismo, es preciso hacer una comparación de costos y beneficios, entre estas, ya que, nos permitirán identificar y evidenciar si encontramos falencias, mejoras o constancias, en el consumo de energía eléctrica en dicha edificación.

El conjunto de luminarias existentes en el bloque A, demostró un consumo total de 3991,688Kw/h, al mes, y, con una facturación monetaria de \$ 1'396.572 COP; siendo estas cifras, considerables en comparación con el resultado que se obtuvo en el diagnóstico de las luminarias de panel LED.

La propuesta de iluminación del panel LED manifestó un consumo total de 2536,06 kw/h al mes, el cual corresponde a \$ 887.277 COP, en su costo de facturación. De esta manera se podría evidenciar un ahorro en el consumo de la energía eléctrica del 37% con respecto al consumo actual.

Tabla comparativa de consumo energético			
Consumo	kw - h	Precio	Porcentaje equivalente
Luminarias Establecidas	3991,688	\$1.396.572	100%
Luminarias propuestas	2536,02	\$887.277	63,53%
Ahorro total	1455,668	\$509.295	36,47%

Tabla 8. Comparativa de consumo energético para el ahorro de energía eléctrica mensual del bloque A. Fuente: Autores.

Las luminarias propuestas para la obtención de esta reducción en el consumo energético son de la marca Sylvania y tienen un costo de inversión de \$ 147.900 COP. Cada set, está formado por dos módulos de panel LED de 0,60m x 0,60m de 40w cada uno. De tal manera que, se necesitarían, 175 sets para el cubrimiento de los 350 paneles requeridos en la edificación evaluada, teniendo un costo total de inversión de \$ 30.066.995 COP.

Tabla de inversión		
Luminaria	Unidad	costo
Panel Led Sylvania	1 Set (2 módulos)	\$174.900
Total	175	\$ 30.607.500

Tabla 9. Inversión para la mejora del ahorro en el consumo de energía eléctrica del bloque A. Fuente: los autores.

La inversión total de la propuesta de las luminarias a cambiar en el bloque A, tienen un retorno de inversión estipulado de 61 meses (5 años y 1 mes) definida en una proyección lineal, basándose en el ahorro del nuevo sistema descrito en la tabla 10, en la cual se declara una reducción en el consumo de la energía eléctrica hasta de un 36,47%.

Tabla de Retorno de Inversión		
Ahorro Mensual	1 mes	\$509.295
ahorro Anual	12 meses	\$6.111.540
Ahorro Total	61 meses	\$ 31.066.995

Tabla 9. Inversión para la mejora del ahorro en el consumo de energía eléctrica del bloque A.

Nota: Los porcentajes asignados se tomaron basados en las luminarias existentes del bloque A.

CONCLUSIONES

La tecnología LED implementada en el bloque A, puede llegar a ser un edificio eficiente en el ahorro del consumo de energía eléctrica por medio de la sustitución de las luminarias existentes, por las luminarias propuestas, dejando ver las posibilidades de ahorro en el consumo energético y reducción del valor, en el consumo, representado en la factura de energía eléctrica periódicamente.

Además, la iluminación LED, es la mejor solución de iluminación al día de hoy. Demostrando un mejor desempeño lumínico en cada uno de sus espacios y mitigando el impacto del mercurio contenido en los tubos T8, fluorescentes, en los cuerpos de agua a un futuro, dejando ver el compromiso ambiental que tiene la Facultad de Arquitectura, Arte y Diseño de la Universidad Autónoma del caribe con su entorno físico urbano – ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, C. (12 de Mayo de 2014). *Expok*. From <https://www.expok-news.com/que-es-la-moda-rapida/>

Perez, J. (19 de Noviembre de 2013). *El Orden Mundial*. From <https://elordenmundial.com/sociedad-de-consumo/>

Dinero Revista. (22 de Febrero de 2018). *Dinero*. From <https://www.dinero.com/economia/articulo/consumo-final-de-hogares-en-colombia-2017/255663>

González, M. (8 de Enero de 2018). *Portafolio Revista*. From <https://www.portafolio.co/economia/el-sector-textil-y-el-de-calzado-comienzan-su-recuperacion-513069>

Riera, S. (1 de Marzo de 2016). *Moda.es*. From https://www.modaes.es/files/030publicaciones/docs/2016_moda_sostenible.pdf

Bettoni, G. (1 de Marzo de 2016). *Moda.es*. From https://www.modaes.es/files/030publicaciones/docs/2016_moda_sostenible.pdf

Velásquez, S., & Castro, J. (2013). DENTIFICACIÓN DE FACTORES DE ÉXITO PARA EL SECTOR CUERO, CALZADO Y MARROQUINERÍA EN COLOMBIA. *Portal de Revistas*, 137.

Weinberger, K. (2009). *Plan de Negocios: Herramientas para evaluar la viabilidad de un negocio*. Perú: USAID.

Meyer, L. (3 de Septiembre de 2013). *Ethic*. From <https://ethic.es/2013/09/moda-sostenible-moda-pasajera/>

Añez, L. (2018). *Laura Añez*. From <http://www.lauranez.com/>

Cyclus. (2014). *Cyclus*. From <https://www.cyclus.com.co/pages/the-brand>

Palermo, U. (2014). *Fido Palermo*. From http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyectograduacion/archivos/393.pdf

Quinta Trends Blog. (Enero de 2018). *Quinta Trends*. From <http://www.quintatrends.com/2018/01/chevere-joyeria-textil-sustentable-y.html#>

Karol J., B. A. (2012). Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública, Universidad de Antioquia Colombia*, 155-182.

López Cualla, R. (1995). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Liliana Villegas, B. V. (1992). *Artefactos: objetos artesanales de Colombia*. Independent Publishing Group.

Comercio, S. d. (n.d.). *Superintendencia de Industria y Comercio*. From <http://www.sic.gov.co/preguntas-frecuentes-de-denominacion-de-origen>

Vidal, A. v. (1998). *Grafismo Indígena - Estudios De Antropología Estética*. São Paulo: Nobel.

Grass, A. (1982). *Los Rostros del Pasado. Diseño prehispánico colombiano*. Bogota.

Pelaez, L. S. (1963). *Indios y blancos en la Guajira*. Bogota: Ediciones tercer mundo.

Real academia española. (2018). *Real academia española*. From <http://dle.rae.es/?id=BetrEjX>

VariosAutoresPineda, R. P. (1963). *Indios y blancos en la Guajira*. Bogota, Colombia: Ediciones tercer mundo.

Pushaina, I. F. (15 de Octubre de 2018). *Cosmogonía - Simbología Wayuu*. (D. García, Interviewer)

Ramirez, M. (12 de 10 de 2018). *Wale'Kerü. Compatir experiencias y conocimiento*. (D. G. Gonzalez, Interviewer) Riohacha, Guajira, Colombia.

Wong, W. (1979). *Fundamentos del diseño*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

Burke, P. *Visto y no visto; el uso de la imagen como documento histórico*.

Perrin, M. (1980). *El camino de los indios muertos: mitos y símbolos guajiros*. Editorial Monte Avila.

MinAmbiente, M. d. (2013). *Woumma'Kalü. Nuestra tierra*. Bogota.

Pushaina Adel, A. R. (9 de 10 de 2018). *Experiencias, contrastes mundo wayuu. Simbología*. (D. G. González, Interviewer) Riohacha, Guajira, Colombia.

UNESCO. (2010). *Organización de las naciones unidas para la educación, la ciencia y la cultura*. From <https://ich.unesco.org/es/RL/el-sistema-normativo-de-los-wayuus-aplicado-por-el-putchipuui-palabrero-00435>

Vizcaíno, E. (1999). *Sociología del derecho y la cultura Wayuú*. Barranquilla, Atlantico, Colombia: Editorial Antillas.

Aumont, J. (1990). *La imagen*.

Lopez Barrios, M. C. (2012). *El Impacto ambiental del Fast Fashion. Arquetipo*, 77.

Lipovetsky, G. (2006). *Los tiempos hipermodernos*. Barcelona: Anagrama.

Alonso, R. M. (29 de Septiembre de 2013). *El prosumidor de internet*. From http://actacientifica.servicioit.cl/biblioteca/gt/GT3/GT3_AlonzoGonzalez.pdf

Alvarez, V. A. (15 de Febrero de 2015). *El Tiempo*. From <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15251215>

Alglave, E., & Boulard, J. (1884). *Electric Light: it's History, Production and Application*. Nueva York: D. Appleton and Company.

Barazarte, R. Y. (2013). La Batalla de las Corrientes: Edison, Tesla y el nacimiento del sistema de potencia. *Prisma Tecnológico*, 52.

Bullón, C. C. (n.d.). EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN: CARACTERÍSTICAS, MODELOS Y FACTORES DE EQUILIBRIO.

Marc, V., & Gonthier, C. (2012). Modeling the Impacts of Climate Change on the Energy Sector: a Swiss perspective. 1-25.

Ministerio de Minas y Energía - Unidad de Planeación Minero Energética. (2016). *Plan de Acción Indicativo de Eficiencia Energética 2017-2022*. Bogotá.

Universidad Autónoma del Caribe. (2016). www.uac.edu.co. From www.uac.edu.co: www.uac.edu.co/descargas_uac/reglamento/PDI_UAC.pdf

Díaz, J., Silva, J., Díaz, R., Aguilar, X., Pimienta, J., Zapata, A., et al. (2018). Evaluación de sostenibilidad: Análisis de eficiencia energética del edificio de la facultad de arquitectura, arte y diseño de la Universidad Autónoma del Caribe, Colombia en su sede principal. *Encuentro de Semilleros de Investigación Sector Construcción (Colombia)*, 72-73.

ISO Tools. (16 de 8 de 2016). www.isotools.org. From www.isotools.org: <https://www.isotools.org/2016/08/16/la-iso-3166/>

DANE. (n.d.). <http://www.dane.gov.co>. From <http://www.dane.gov.co>: <http://www.dane.gov.co/reloj/>

Gobernación del Atlántico. (n.d.). <http://www.atlantico.gov.co>. From <http://www.atlantico.gov.co>: <http://www.atlantico.gov.co/index.php/presentaciondepartamento>

Thomas, H. (1965). *Thomas Alva Edison*. Plaza & Janes.

SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. (2012). *PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE - LIBRO I: COMPONENTE GENERAL*. Barranquilla.

Naciones Unidas. (2018). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Santiago: Publicaciones Naciones Unidas.

Philips. (28 de Marzo de 2016). <http://www.assets.lighting.philips.com>. From <http://www.assets.lighting.philips.com>: http://www.assets.lighting.philips.com/is/content/PhilipsLighting/fp927842076501-pss-es_co

Garber, M. (6 de Marzo de 2013). Tower of Light: When Electricity Was New, People Used It to Mimic the Moon. *The Atlantic*.

Lopez de Lucio, R. (1993). *Ciudad y urbanismo a finales del siglo XX*. Valencia: Universitat de Valencia servei de publicacions.