

Desarrollo de estrategias para el ahorro del consumo energético en la Universidad Libre sede Bosque Popular

Development of strategies for the saving of energy consumption in the university Libre headquarters Bosque Popular

Julián David Baquero Muñoz¹, Yenny Johana González Varón², Ever Ángel Fuentes Rojas³, Julio Fernando Ochoa Rodríguez⁴

¹Ingeniero Industrial (P). Universidad Libre

²Ingeniera Industrial (P). Universidad Libre

³Ingeniero Industrial (P). Universidad Libre

⁴Ingeniero Industrial (P). Universidad Libre

FECHA DE RECEPCIÓN DEL ARTÍCULO: 20/06/2017 FECHA DE ACEPTACIÓN DE ARTÍCULO: 10/08/2017

Página
114

ESING

REVISTA INGENIEROS MILITARES
- REVISTA INGENIEROS MILITARES
- ISSN 2215-7107 / BOGOTÁ-COLOMBIA
número 12, Año 2017

RESUMEN

Actualmente el planeta tierra se encuentra en la necesidad de generar nuevas alternativas culturales y tecnológicas para la sociedad debido a dos de sus problemas más representativos, el cambio climático y la crisis energética, que surgen a causa de la dependencia a los combustibles fósiles no renovables y las crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero.

Dadas las anteriores condiciones, la Universidad pretende contribuir como entidad educativa con el uso racional de los recursos eléctricos del país y la generación de alternativas energéticas complementarias para poder suplir algunas necesidades institucionales.

Para ello se efectuó una revisión bibliográfica sobre proyectos similares, se analizó el estado actual de la Universidad realizando mediciones higiénicas de iluminación, estado de instalaciones eléctricas y encuestas a la comunidad educativa.

Por lo anterior, con los datos obtenidos se evaluaron las posibles soluciones identificando el alcance, la viabilidad económica y técnica de acuerdo a las necesidades, generando así dos grupos de estrategias; en el primero se encierran las energías alternativas como lo son, solar, eólica y biomasa y el otro grupo se compone de reubicación y cambios estructurales, que se dan a partir de escenarios simulados demostrando las

posibles reducciones de consumo.

PALABRAS CLAVES

Reducción de consumo energético, energías alternativas, estrategia de residuos.

ABSTRACT

Today planet Earth is in need of generating cultural and technological alternatives in society through the most representative problems, climate change and the energy crisis, residues due to dependence on non-renewable fossil fuels and increasing concentrations of greenhouse gases.

Given the above conditions, the University proposes as an educational entity with the rational use of the country's energy resources and the generation of complementary energy alternatives in order to meet some institutional needs.

For this, a bibliographic review was carried out on similar projects, the current state of the university was analyzed by carrying out hygienic measurements of lighting, state of electrical installations and surveys of the educational community.

Therefore, with the data obtained, possible solutions were identified, identifying the scope, economic and technical feasibility according

Para citar este artículo / To cite this article

J. D. Baquero Muñoz, Y. J. González Varón, E. Á. Fuentes Rojas, J. F. Ochoa Rodríguez. Desarrollo de estrategias para el ahorro del consumo energético en la Universidad Libre sede Bosque Popular. Revista Ingenieros Militares. No. 12, pp. 114, 2017.

to the needs, thus generating two groups of strategies; in the first, alternative energies such as solar, solar, wind and biomass are enclosed and the other group is composed of relocation and structural changes, which are based on simulated scenarios demonstrating possible consumption reductions.

KEY WORDS

Reduction of energy consumption, alternative energies, reduction strategies.

INTRODUCCIÓN

La Universidad Libre es una institución educativa que en su formación educativa contempla y gestiona actividades de cultura ambiental para toda la comunidad, así como la gestión de potenciales problemas ambientales en el contexto institucional y territorial, en este sentido, se deberá generar una sinergia con el ambiente universitario en todos sus ámbitos: Docencia, investigación, extensión y proyección social, administrativa e infraestructura, reflejando la coherencia entre el discurso y la práctica, entre lo que se aprende y se vive en contexto.

Por tal motivo siendo la Universidad un garante de los recursos recibidos por parte de los estudiantes y así mismo por el uso y consumo de éstos, deberá garantizar las condiciones adecuadas para el desarrollo y formación, siendo uno de los principales problemas que puede generar el bajo rendimiento o problemas de salud de la comunidad educativa, se deben a condiciones físicas no adecuadas, iluminación deficiente e instalaciones eléctricas con algunos fallos para el uso de equipos electrónicos necesitados en laboratorios, ensayos o procesos claves para la ayuda de conocimientos.

Con el objetivo de mejorar éstas condiciones y aumentar el rendimiento académico de los estudiantes, la Universidad se encuentra en la búsqueda diaria por una educación que propenda el desarrollo sustentable, donde se combinen procesos de análisis crítico, concientización y cultura ciudadana, con aspectos de orden conceptual, técnico, investigativo y participativo, contribuyendo a las crisis globales que se están presentando en este momento.

En relación a lo anterior, se identificaron cuatro focos de interés que encierran los factores que se consideran de influencia en el problema del manejo actual de los recursos energéticos de la Universidad debido al estado del arte encontrado con algunos proyectos similares, los cuáles fueron: 1) Iluminación, 2) Adecuación estructural, 3) Infraestructura de la red eléctrica y 4) La cultura de la comunidad Unilibrista.

Según estos cuatro focos se crean ambientes para el desarrollo del proyecto, teniendo como resultado 4 estrategias donde se demuestran ahorros de energía que oscilan en un 4% al 8%, implementando cambios estructurales y energías alternativas, abriendo la iniciativa a implementarlas y hacia futuro ampliar los campos de investigación como comunidad educativa.

METODOLOGÍA

Para la solución de ésta problemática se establecieron tres fases para la obtención de los resultados finales esperados, cómo primera medida se realiza un estudio de antecedentes y diagnóstico del estado actual del consumo eléctrico de la Universidad, seguidamente se analizan los éstos datos obtenidos y se toma la decisión de realizar un estudio Higiénico de iluminación a toda la sede, cómo tercera etapa se evaluaron las posibles alternativas de solución y así finalizar con el plan o las diferentes estrategias para el mejoramiento del sistema eléctrico, cómo se muestra en la figura 1.

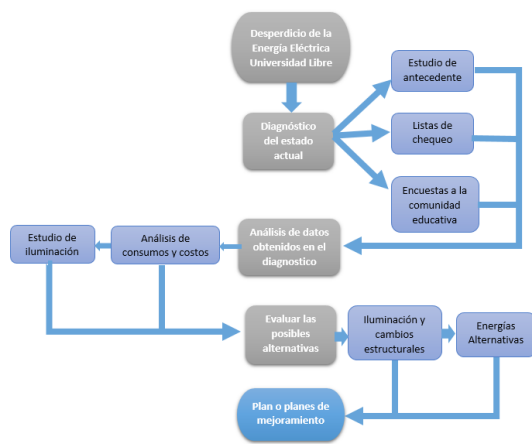


Figura 1. Metodología. Fuente: Autores

Estudio de antecedentes y diagnóstico del estado actual del consumo eléctrico de la Universidad.

Se convierte en el punto de partida de la investigación, realizando una revisión teórica de antecedentes sobre proyectos donde se implementará algún tipo de estrategia para la disminución del consumo de energía en universidades, empresas o lugares cerrados, generando fichas bibliográficas donde se pudieran contemplar los siguientes parámetros establecidos por el grupo de investigación:

- Condiciones técnicas del espacio
- Cambios estructurales
- Funcionamiento y uso de la energía

Con éstas variables permite tener una breve descripción de los artículos leídos y así poder consultarlos fácilmente durante el transcurso del proyecto. En la tabla 1 se presenta un ejemplo de una de las fichas realizadas.

NOMBRE	Buenas prácticas ambientales para el ahorro de energía eléctrica	
ESLABONES	Medidas estructurales, DERO, buenas prácticas ambientales	
FECHA DE PUBLICACIÓN	Enero 2011	
AUTOR (ES)	Guía. Universitat Politècnica de València Área de Medio Ambiente.	
RESUMEN		
Esta guía se elabora en el marco de uno de los objetivos del Plan ambiental y su intención es informar a la comunidad universitaria sobre los cambios estructurales que está realizando la UPV para mejorar la eficiencia energética, así como ofrecer una serie de buenas prácticas ambientales que nos permitan hacer lo mismo utilizando menos energía y así contribuir al desarrollo sostenible, no hipotecando el futuro de las próximas generaciones.		
VARIABLES		
ESTRUCTURAL	Medidas estructurales	Es la que se realiza sobre instalaciones y equipos, no dependiendo del cambio de hábitos de la comunidad universitaria.
TÉCNICO	RED	Sistema de Gestión de la demanda y distribución de recursos energéticos que permite medir el consumo eléctrico de las instalaciones.
FUNCIONAMIENTO Y USO	Buenas prácticas ambientales	Consejos para reducir el consumo energético.

Tabla 1. Ficha Bibliográfica. Fuente: Autores

Por otra parte, se hace necesario indagar y realizar una encuesta a la comunidad universitaria para saber los comportamientos actuales y el uso que se le están dando a los recursos energéticos, en la Institución con base a las condiciones ambientales y de confort a partir de la clasificación LEED [1] y en a lo que corresponde a lo técnico se trabaja de acuerdo a normatividad de la IEEE [2] y el Ministerio de Minas y Energía MME [3].

Tamaño muestral

$\pm 5\%$ para el análisis global.

El tamaño muestral se definió con la fórmula (1):
Donde:

$$n = \frac{Z^2 P Q N}{E^2 (N-1) + Z^2 P Q} \quad (1)$$

n = Tamaño de la población

Z = Margen de Seguridad (entre 95 y 100%)

N = Número de universo o población total a investigar.

P = Probabilidad pertinente del hecho que se investiga (0.5)

Q = Probabilidad no pertinente frente al hecho de investigar (0.5)

E² = 5% margen de error (entre 5 y 10%)²

Generando cómo resultado una muestra de 1610 estudiantes tanto de la jornada diurna y nocturna y de 554 funcionarios comprendidos entre docentes y administrativos.

Según los encuestados el 18% coinciden en que se debe mejorar la infraestructura eléctrica debido a que es evidente el mal estado en algunos salones lo cual se muestra en la figura 2, adicional otro 18% ve viable la posibilidad de la utilización de algún tipo de energía alternativa debido al amplio campus con el que cuenta la Universidad, el 53% considera que se deben realizar algunos cambios en la iluminación cómo lo son instalaciones de bombillos Led, sensores de movimientos, adecuaciones estructurales donde se mejore el aprovechamiento de luz natural y se tenga un cronograma de mantenimiento preventivo a todas los bloques de la Universidad, para así mejorar los controles en el uso y consumo de la energía eléctrica en toda la Sede.

Finalmente, el 8% del total de encuestados tienen claro que una gran ayuda para aumentar el ahorro es creando campañas de concientización a toda la comunidad debido a que sería un factor diferenciador importante para lograr la posible disminución en el consumo de recursos energéticos y el 3% restante tomó la posición de no opinar o no sabe qué puede contribuir al ahorro del consumo en la Universidad.

Cabe agregar que junto a las encuestas se



Figura 2. Instalaciones en mal estado. Fuente: Autores.

realizaron listas de chequeo donde se hizo una inspección del tipo de iluminación, cantidad de luminarias defectuosas por salón o recinto, estado de instalaciones eléctricas como lo son tomacorrientes, interruptores, conexiones de las ayudas audiovisuales y revisión de la infraestructura como los colores de las paredes, techos y fuentes de iluminación natural.

Teniendo en cuenta que el objetivo de un estado óptimo de iluminación es el brindar seguridad, confort o resaltar los elementos que componen un ambiente determinado. En las instituciones educativas juega un papel esencial en el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

RESULTADOS

Análisis de los resultados obtenidos en el diagnóstico y estudio higiénico de iluminación

A partir de los datos obtenidos en la primera etapa, se realiza un análisis de los factores más influyentes o repetitivos encontrados en la encuestas, debido a que la comunidad universitaria y administrativa expresa que la mala iluminación y el poco mantenimiento que se le realiza, son los mayores problemas al alto consumo de energía eléctrica en la Universidad, por tal motivo para proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las distintas tareas que desarrollan en su día a día cómo estudiantes se toma la decisión de realizar un estudio de iluminación.

Estudio higiénico de iluminación

Iluminación

La luz se establece como un componente esencial en cualquier medio ambiente que hace posible la visión del entorno, al interactuar con los objetos y el sistema visual de los usuarios, puede modificar la apariencia del espacio, influir sobre la estética y ambientación, afectar el confort visual y el estado de ánimo de las personas [4].

Sistema de iluminación

Se considera como sistema de iluminación los circuitos eléctricos, las fuentes luminosas, las luminarias y los dispositivos de control, soporte y fijación que se utilizan exclusivamente para la iluminar tanto interiores como exteriores de bienes de uso público y privado [5].

Iluminación eficiente

En cuanto a la iluminación eficiente se hace necesario aprovechar las herramientas tecnológicas de las fuentes eléctricas, las luminarias y los sistemas de control, de tal forma que se obtenga el mejor resultado lumínico con los menores requerimientos de energía posibles.

Los tres objetivos que persigue la iluminación eficiente son:

- Reducir el consumo de energía
- Alargar la vida de las bombillas
- Reducir el impacto sobre el medio ambiente

Un sistema de iluminación eficiente es aquel que, además de satisfacer necesidades visuales y crear ambientes saludables, seguros y confortables, posibilita a los usuarios disfrutar de atmósferas agradables, empleando apropiadamente los recursos tecnológicos y evaluando todos los costos razonables que se incurren en la instalación, operación y mantenimiento del proyecto de iluminación [6].

Diseño de iluminación

Al iniciar cualquier estudio de iluminación se deberá tener en cuenta los mínimos requerimientos dependiendo del uso y el área o espacio a iluminar que tenga la construcción.

Los puntos más importantes a tener en cuenta antes de iniciar un diseño de alumbrado interior o estudio higiénico de iluminación, son los siguientes:

- Conocer al detalle la actividad que se desarrolla en cada espacio.
- Cuál es la exigencia visual de cada uno de los puestos de trabajo y su respectiva localización.
- Condiciones de acabado y reflexión de las superficies cada una de las superficies del recinto.
- La distribución e ingreso de la iluminación natural al lugar.
- Conocimiento de algún tipo de deslumbramiento causado por la iluminación natural, previsto.
- Los requerimientos especiales en las propiedades de las luminarias, por el tipo de aplicación [7].

Niveles de iluminación o iluminancias, ugr, irc y distribución de luminancias.

En los lugares de trabajo y estudio siempre se deberá asegurar el cumplimiento de los niveles

de iluminancia de la tabla 410.1, adaptados de la norma ISO 8995 “Principles of visual ergonomics - The lighting of indoor work systems” [7].

El valor medio de iluminancia, relacionado en la tabla 410.1, debe considerarse como el objetivo de diseño y por lo tanto esta será la referencia para la medición en la recepción de un proyecto de iluminación [8].

Estudio de iluminación

Luego de determinar la constante de salón y que gracias a esta se logrará identificar la cantidad y la ubicación de los puntos necesarios para tomar los datos con el luxómetro, se hayo el estado de iluminación en cada uno de los puntos de medición y por ende el estado general de luminosidad por salón, por bloque y por jornada (mañana, tarde, noche) [9].

Teniendo en cuenta el rango en el cual el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público - RETILAP establece los límites de iluminancia y que en el estudio se tomaron en cuenta 7 aulas de clase se evidencia que no se cumple con el principio de iluminación uniforme en el cual la iluminación debe ser

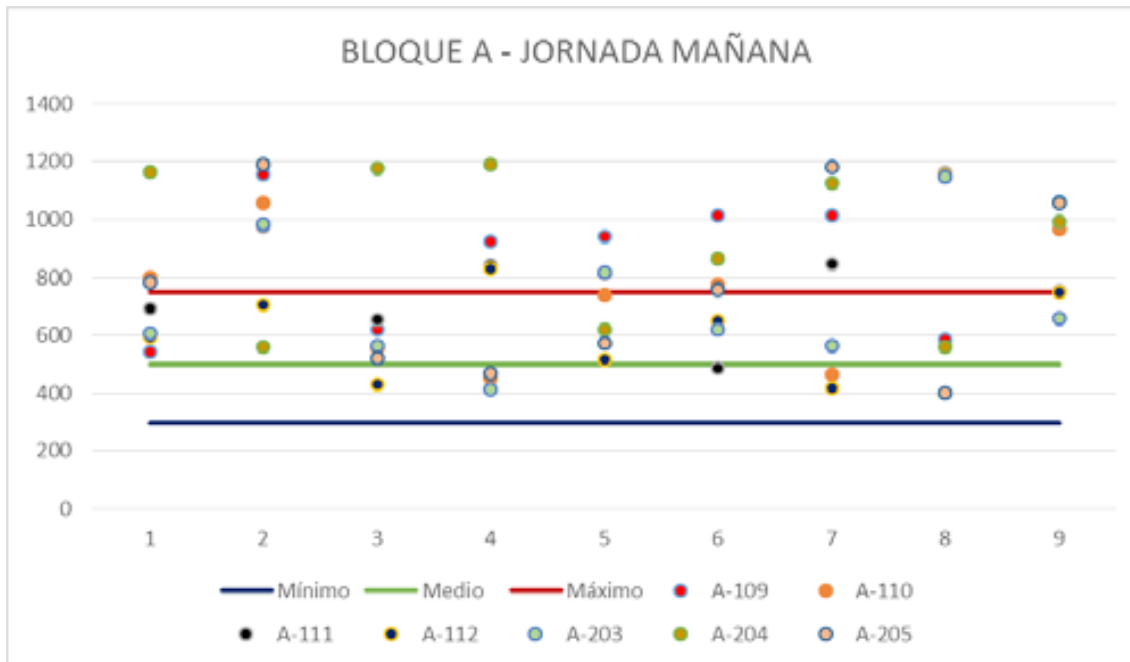


Figura 3. Bloque A jornada mañana en lux. Fuente: Autores.

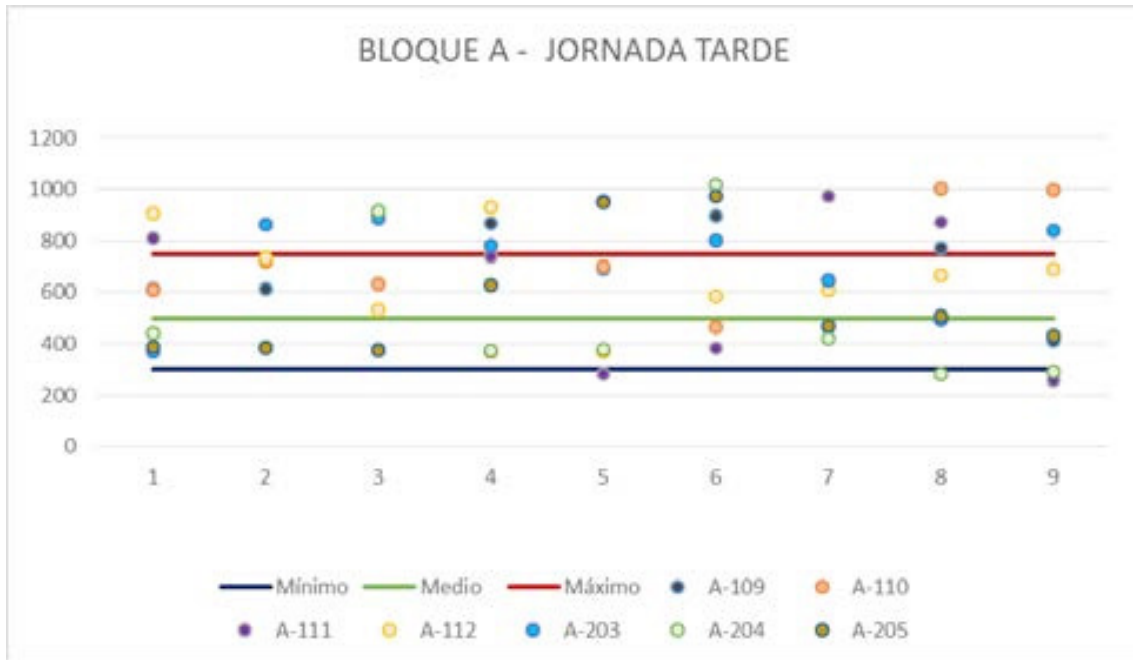


Figura 4. Bloque A jornada tarde en lux. Fuente: Autores.

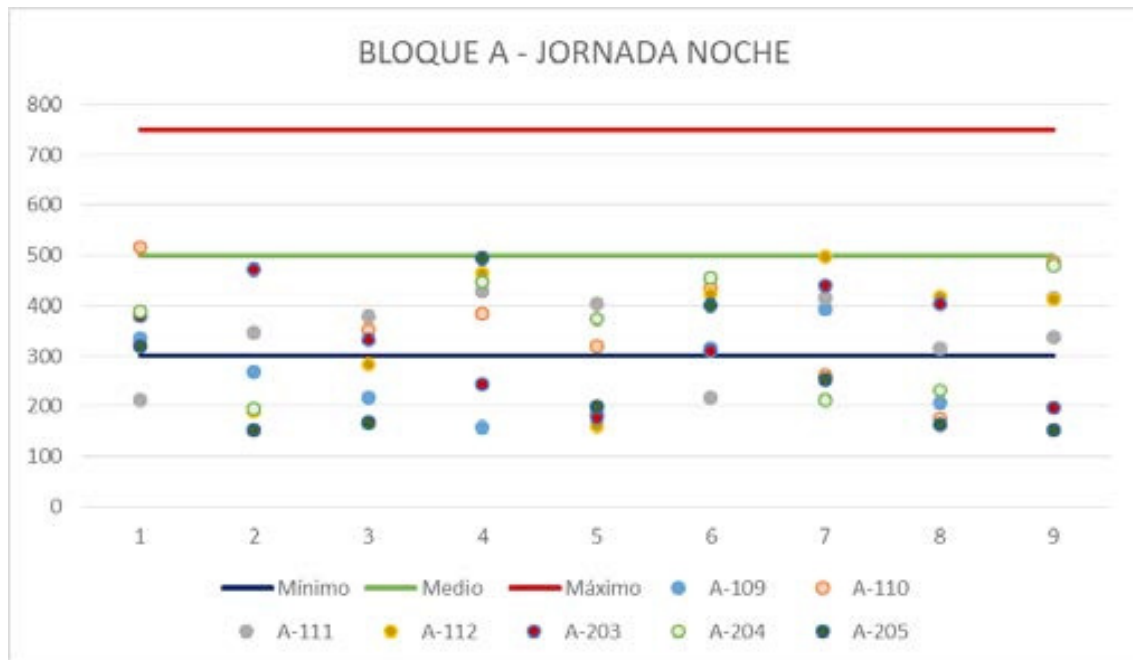


Figura 5. Bloque A jornada noche en lux. Fuente: Autores.

Factura actual		
Consumo anual de electricidad	kWh/año	806628
Valor de su factura para 1 año	\$COP - año	\$300.124.457
Valor presente de su factura para 25 años sin instalación fotovoltaica (con incrementos en precio, sin aumentos en el consumo)	\$COP	\$9.263.971.334
Aspectos técnicos		
Porcentaje del consumo eléctrico atendido con fotovoltaica	%	10%
Producción anual deseada con fotovoltaica	kWh/año	80662
Potencia instalada	kWp	61.11
Número necesario de paneles solares	#	245
Área instalable	Metros 2	586
Inversión y ahorros		
Inversión inicial	\$COP	\$397.199.242
Ahorro generados por su instalación solar fotovoltaica	\$COP	\$926.387.945
Valor presente Neto (ahorros - costos)	\$COP	\$529.188.703

Tabla 2. Paneles solares. Fuente: Autores, 2017.

igual para toda el área de trabajo.

En los niveles de iluminación (lux) se logra determinar que todas las muestras que se tomaron en la jornada de la mañana para los salones del bloque A, ninguno se encontró por debajo de los niveles inferiores establecidos por el RETILAP la cual es de 300 lux. Donde de 63 tomas de datos en total que se recolectaron en este bloque 30 de estos datos se encuentran en el rango de 300 a 750 lux mientras que las otras 33 muestras se encuentran por encima del límite superior, establecido en 750 lux como se evidencia en el gráfico 1 [10].

El uso de la iluminación mixta genera unos puntos de deslumbramiento lo cual genera preocupación ya que estos altos niveles de deslumbramiento generan una fatiga visual [11].

En relación a la jornada de la tarde donde 34 de las muestras obtenidas en el bloque A se encuentran dentro del rango de luminiscencia establecido en el RETILAP mientras que 24 de las muestras generan un nivel de deslumbramiento como se muestra en la figura 3.

La jornada de la tarde, 5 de las muestras alcanzan

a estar por debajo del límite inferior el cual es de 300 lux, lo cual genera una preocupación sobre las condiciones de iluminación mínima con las que cuenta el bloque A, figura 4.

Jornada noche

En relación a las jornadas de la mañana y de la tarde la situación que se evidenció en la jornada de la noche fue muy distinta, puesto que tan solo en 1 muestras de la 63 recolectadas alcanzan a estar sobre la media que la RETIE establece que es de 500 lux, lo cual genera una alerta sobre la gran diferencia que existe en las distintas jornadas, figura 5.

Según la figura 6 de 22 de las muestras obtenidas se encuentra por debajo del límite inferior y 40 de las muestras están por encima, lo cual establece un entorno en el cual se debe trabajar para lograr una mejor iluminación.

Estrategias

Paneles solares

Se debe establecer la cantidad de energía a suplir, en el caso de la Universidad Libre y en el caso

de este proyecto donde se estableció un ahorro del 10% del consumo total energético el cual se promedió en 806628 kWh/año, basados en los datos recolectados, es decir que se busca suplir un 80662 kWh/año en promedio. Donde la inversión en número de celdas fotovoltaicas y el costo total del proyecto se presentan en la tabla.

Eólica

Con base en que el diámetro de rotor del aerogenerador es de 1,6 m, y la altura del mismo es de 1,8 m, se obtuvo una superficie de barrido de 2,88 m², ocupándose en total para las 86 unidades que se requerirían con 24 h de viento una superficie de barrido de 247,68 m², para las 486 unidades de las 4,22 horas de viento una superficie de 1399,68 m².

Conociéndose que el diámetro del rotor del aerogenerador es de 1,6 m, se obtuvo un área de círculo de 2,01 m², y que para 24 horas de viento se necesitarían 86 unidades, se ocuparía una superficie de 172,91 m² de terreno; para el caso de 4,22 horas de viento y 486 unidades, se requeriría de una superficie de 977,16 m² [12].

PLANTA DE ENERGÍA DE BIOMASA			
Componente	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Caldera	1	\$713.617.000,00	\$713.617.000,00
Turbina	1	\$12.000.000,00	\$12.000.000,00
Condensador	1	\$3.528.096,00	\$3.528.096,00
Bomba	1	\$448.000,00	\$448.000,00
Tolva	1	\$6.500.000,00	\$6.500.000,00
Generador	1	\$8.000.000,00	\$8.000.000,00
Tanque de condensado	1	\$500.000,00	\$500.000,00
Total			\$744.593.096,00

Tabla 4. Biomasa. Fuente: Autores, 2017.

Biomasa

Para los cálculos de consumo de vapor de biomasa, se usó como base la energía a generar en el escenario más favorable anualmente de 27817,66 kWh/año de pasto kikuyo con poder calorífico de 13812,25 kJ/kg y donde el costo de una planta de energía de biomasa se representa en la tabla.

CONCLUSIONES

Las áreas de trabajo con las que cuenta la Universidad Libre sede Bosque Popular pueden ser adecuadas o modificadas para brindarle a

la comunidad Unilibrista mejores condiciones lumínicas, dependiendo del resultado de cada área ya estudiada, la Universidad cuenta con la infraestructura necesaria para hacer estas adecuaciones.

En ciertos casos donde se evidenció una deficiente iluminación y se encontraron luminarias en mal estado o inoperante, se recomienda sustituir luminarias en mal estado y/o cambiarlas por unas más eficientes tipo led [13].

Con solo generar un plan periódico de limpieza de las luminarias crearía un incremento en los niveles de iluminación de los distintos espacios de la Universidad.

En los lugares donde se evidenció niveles de deslumbramiento se recomienda omitir el encendido de las lámparas o en su defecto que estas sean reemplazadas por unas de menor luminosidad; así como también poder regular la entrada de luz natural a los espacios mediante la manipulación de persianas. Además, se recomienda que en áreas en donde exista un color en las paredes que no favorezca con el aumento en la intensidad de luz (paredes en ladrillo), este se sustituya por un color blanco.

Queda a decisión por parte de la Universidad si se inicia con un plan para cambio o paso a energías alternativas.

REFERENCIAS

- [1] Agenbur. (s.f.). Obtenido de Agenbur: <http://www.agenbur.com/es/contenido/index.asp?idsec=9>
- [2] Ammonit. (2017). Obtenido de Ammonit: <http://www.ammonit.com/es/informacion-eolica/energia-eolica#top>
- [3] Descubre la Energía. (s.f.). Obtenido de Descubre la Energía: <https://descubrelaenergia.fundaciondescubre.es/las-fuentes/hidraulica/>
- [4] Endesa. (2016). Obtenido de Endesa: http://www.endesaeduca.com/Endesa_educarecursos- interactivos/ conceptos-basicos/i.-la- energia-y-los-recursos-energeticos

- [5] EpoaNiixt. (s.f).
- [6] Hispagua. (s.f). Origen e historia de la energía hidráulica. Obtenido de Hispagua: http://hispagua.cedex.es/sites/default/files/especiales/energia_hidr/ia_origen.htm
- [7] Icontec. (28 de julio de 1993). Icontec. Obtenido de Icontec: <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC3547.pdf>
- [8] Icontec. (17 de Agosto de 1994). Icontec. Obtenido de Icontec: <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/GTC8.pdf>
- [9] Icontec. (2009). Icontec. Obtenido de Icontec: <https://www.libriadelau.com/ntc-189-electrotecnia-bombillas-electricas-de-filamento-de-tungsteno-para-uso-domestico-y-usos-similares-de-iluminacion-en-general-icontec-null-ingenieria-de-la-energia/p>
- [10] Icontec. (2012 Octubre). NTC 2631. Bogotá: ICONTEC.
- [11] La historia de la energía solar fotovoltaica. (2013). Obtenido de Sitiosolar.com.
- [12] Medina, M. L. (s.f). Energías renovables, una alternativa racional. Ingeniera de Caminos y Licenciada en Sociología., 7.
- [13] Ministerio. (06 de Agosto de 2009). Ministerio de Minas y Energía. Obtenido de Ministerio de Minas y Energía: <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/23517/22031-5126.pdf>