

**PROPUESTA DE AHORRO EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL
EDIFICIO PRINCIPAL DE ESSA MEDIANTE ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS
SOSTENIBLES**

**LAURA ISABEL RODRÍGUEZ CARDOZO
GEFFREI RINCÓN RODRÍGUEZ
JAIME GARCÍA MORANTES**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA
ELÉCTRICA
BUCARAMANGA
2015**

**PROPUESTA DE AHORRO EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL
EDIFICIO PRINCIPAL DE ESSA MEDIANTE ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS
SOSTENIBLES**

**LAURA ISABEL RODRÍGUEZ CARDOZO
GEFFREI RINCÓN RODRÍGUEZ
JAIME GARCÍA MORANTES**

**Monografía presentada como requisito para optar al título de:
Especialista en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica**

**Director:
Germán Alfonso Osma Pinto
Magíster en Ingeniería Eléctrica**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA
ELÉCTRICA
BUCARAMANGA
2015**

DEDICATORIA

A mi familia con mucho cariño.

DEDICATORIA

A mis padres José Salomón y María Emilia, mis hermanos Juan de Jesús y Salomón, mis sobrinos Sebastián y Andres Felipe, mis dos primas Rosana y Sandra y mi amiga Aylin por el apoyo y motivación con mucho afecto y cariño.

DEDICATORIA

A mi esposa Ana Jesús Barajas N. quien ha estado a mi lado en todo momento dándome el apoyo y siendo el soporte para lograr este objetivo.

A mis hijas Jised Andrea, Anggie Julieth y Jeimy Alexandra quienes soportaron mi ausencia y sacrificaron momentos de esparcimiento.

A mis padres, hermanos, familiares y amigos por su ayuda incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A ESSA y en especial al Doctor Carlos Alberto Gómez Gómez por la oportunidad que nos dio.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, a ESSA y en especial al Doctor Carlos Alberto Gómez Gómez, al ing. Gustavo Caballero y la ing. Laura Rodríguez por la oportunidad que me brindaron y a mis compañeros y amigos de trabajo de monografía la ing. Laura Rodríguez y al ing. Jaime García por su constancia, paciencia y perseverancia.

Y a los demás compañeros de la especialización por los buenos momentos que se compartieron dentro y fuera de clase.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su infinita bondad y misericordia por permitirme realizar esta especialización y obtener así un nuevo triunfo académico.

A ESSA por darme la oportunidad estudiar esta especialización, a la Ing. Laura Rodríguez e Ing. Geffrei Rincón, por su conocimiento, sabiduría y gran aporte al proyecto.

Al Dr. German Alfonso Osma por su amplio conocimiento y ayuda en la orientación de la monografía.

A todos los profesores quienes aportaron su conocimiento, permitiendo de esta forma quitar velos y ampliar nuestro saber.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	26
1. GENERALIDADES SOBRE EDIFICACIONES VERDES	35
1.1 APLICACIONES ENERGÉTICAS SOSTENIBLES	38
1.1.1 Energía solar	38
1.1.2 Techo verde.	40
1.2 ESTÁNDARES DE CONFORT	41
1.2.1 Confort térmico	41
1.2.2 Confort visual	42
1.3 USO RACIONAL DE ENERGÍA (URE)	43
1.4 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE EDIFICACIONES COMERCIALES	44
2. PROYECTOS FUNCIONALES DE EDIFICACIONES VERDES	46
3. ESTUDIO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO PRINCIPAL DE ESSA	65
3.1 TIPOS DE CARGAS EN EL EDIFICIO ESSA	65
3.1.1 Tipos de aire acondicionado en ESSA.	66
3.1.2 Tipos de computadores en ESSA	66
3.1.3 Tipos de luminarias en ESSA	67
3.2 EQUIPOS DE MEDIDA INSTALADOS PARA REGISTRO DE DATOS	67
3.2.1 En los transformadores en ESSA	68
3.2.2 En aire acondicionado en ESSA	69

3.2.3 Medida de consumo de energía eléctrica a luminaria y equipo de cómputo en ESSA	69
3.3 CARACTERIZACIÓN DE CARGAS	70
3.3.1 Inventario de carga en el edificio principal ESSA	70
3.3.2 Participación de los equipos de mayor consumo de energía en ESSA	71
3.3.3 Curva característica	72
3.3.3.1 Para una luminaria fluorescente 4 x 32 W – T8	72
3.3.3.2 Para un Computador Portátil	73
3.3.3.3 Para un computador de escritorio	75
3.3.3.4 Para un equipo de aire acondicionado mini Split piso-techo	78
3.3.3.5 Para una luminaria LED de 3W	81
3.4 RESULTADOS DE LAS MEDICIONES	82
3.4.1 Medidores instalados en ESSA	82
3.4.2 Medidas de Energía en cada uno de los transformadores	84
3.4.3 Participación del consumo de energía eléctrica en las cargas de ESSA	88
4. ALTERNATIVAS URE Y APLICACIONES ENERGÉTICAS SOSTENIBLES PARA EL EDIFICIO PRINCIPAL DE ESSA	90
4.1 ANÁLISIS DEL POTENCIAL LUMÍNICO	90
4.2 ANÁLISIS POTENCIAL SOLAR	94
4.3 ANÁLISIS DE TEMPERATURA AMBIENTE	99
4.3.1 Instalación de Techo Verde	99
4.3.2 Instalación de Celdas Solares	100
4.3.3 Ventanas low e	100
4.3.4 Cielo Raso	100
4.4 ANÁLISIS DEL POTENCIAL EÓLICO	102
5. PROPUESTA DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL EDIFICIO PRINCIPAL DE ESSA	104
5.1 ESCENARIO URE.	105

5.2 ESCENARIO FOTOVOLTAICO	106
5.3 ESCENARIO TECHO VERDE	109
5.4 ESCENARIO TECHO VERDE COMPLEMENTADO CON URE	111
5.5 ESCENARIO CON IMPLEMENTACIÓN CIELO RASO DE PVC	112
5.6 ESCENARIO CON IMPLEMENTACIÓN CIELO RASO DE <i>DRYWALL</i>	114
5.7 ESCENARIO CON IMPLEMENTACIÓN DE VENTANA LOW E	115
5.8 SELECCIÓN DE ESCENARIOS FACTIBLES	116
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	118
BIBLIOGRAFÍA	121
ANEXOS	127

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Medidores Elster.	68
Figura 2. Instalación medidor trifásico para medir energía consumida de las diferentes cargas.	69
Figura 3. Tipos de Iluminación.	71
Figura 4. Tipos de Computadores.	71
Figura 5. Tipos de Aire Acondicionado.	72
Figura 6. Curva Consumo de Energía de una Luminaria 4x32 W – T8.	73
Figura 7. Curva consumo de energía de un computador portátil.	74
Figura 8. Curva Consumo de Energía de un Computador Escritorio.	76
Figura 9. Consumo de Energía del Aire Acondicionado.	78
Figura 10. Curva Consumo de Energía de un equipo Aire Acondicionado.	79
Figura 11. Curva Típica F.P Aire Acondicionado.	80
Figura 12. Curva consumo energía luminaria LED 3W.	81
Figura 13. Curva Típica Sector Comercial.	83
Figura 14. Comportamiento consumo de energía de un transformador visto en 3D.	84
Figura 15. Vista Frontal Consumo de Energía en ESSA.	84
Figura 16. Consumo de Energía mes de Octubre.	85
Figura 17. Consumo de Energía mes de Noviembre.	86
Figura 18. Comportamiento consumo energía eléctrica año 2013 en ESSA	87
Figura 19. Comportamiento consumo energía eléctrica año 2014 en ESSA	88
Figura 20. Participación Consumo de Energía de las cargas en ESSA.	89
Figura 21. Iluminación en ESSA.	91
Figura 22. Comportamiento histórico de la radiación solar en Santander	95
Figura 23. Cubierta Área Administrativa.	98

Figura 24. Cubierta Área Operativa.	98
Figura 25. Flujo de caja Escenario URE.	106
Figura 26. Flujo de caja Escenario Fotovoltaico.	108
Figura 27. Flujo de caja Escenario Techo Verde 1.	110
Figura 28. Flujo de caja Escenario Techo Verde 2.	111
Figura 29. Flujo de caja Escenario Techo Verde con URE.	112
Figura 30. Flujo de caja Escenario Cielo Raso con PVC.	113
Figura 31. Flujo de caja Cielo Raso <i>Drywall</i> .	115
Figura 32. Flujo de caja Escenario Ventana <i>LOW E</i> .	116
Figura 33. Tipo Mini Split Interior.	127
Figura 34. Tipo Mini Split Exterior.	127
Figura 35. Mini Split piso-techo Interior.	128
Figura 36. Mini Split piso-techo Exterior.	128
Figura 37. Cassette Hidrónico Interior.	129
Figura 38. CassetteHidrónico Exterior.	129
Figura 39. Computador de Escritorio.	129
Figura 40. Computador Portátil.	130
Figura 41. Ahorrador de Energía.	130
Figura 42. Luminaria 4*32 W.	130
Figura 43. Luminaria 2*32 W.	131

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Marco legislativo sobre URE en Colombia	29
Tabla 2. Edificaciones Verdes	37
Tabla 3. Promedio mensual radiación solar en varias ciudades de Colombia.	40
Tabla 4. Criterios de confort térmico.	42
Tabla 5. Criterios de confort visual.	43
Tabla 6. Consolidado de edificaciones verdes	64
Tabla 7. Inventario de Carga edificio ESSA.	70
Tabla 8. Consumo de energía de una luminaria fluorescente 4x32 W – T8.	72
Tabla 9. Consumo energía de todas las luminarias de 4x32 W – T8.	73
Tabla 10. Consumo energía de un computador portátil.	74
Tabla 11. Consumo total de energía del computador portátil.	75
Tabla 12. Consumo energía de un computador de escritorio.	75
Tabla 13. Consumo total de energía de los computadores de escritorio.	76
Tabla 14. Consumo diario de energía eléctrica de un computador portátil y de escritorio.	77
Tabla 15. Participación consumo de energía total mes, entre computador portátil y de escritorio.	77
Tabla 16. Consumo de energía diario promedio de un equipo de aire acondicionado.	79
Tabla 17. Consumo de energía diario de un equipo de aire acondicionado.	80
Tabla 18. Consumo total del sistema de aire acondicionado.	81
Tabla 19. Consumo de energía en una luminaria LED de 3W.	81
Tabla 20. Consumo total de energía luminaria LED 3W.	82
Tabla 21. Medidores instalados en ESSA.	82
Tabla 22. Consumo energía eléctrica Año 2013 en ESSA	86

Tabla 23. Consumo de energía eléctrica año 2014 en ESSA	87
Tabla 24. Consumo Energía en kWh-mes en ESSA.	88
Tabla 25. Niveles de Iluminación en Luxes.	90
Tabla 26. Costo total luminarias LED 3W.	92
Tabla 27. Estudio de Iluminación en ESSA.	93
Tabla 28. Energía entregada por panel solar.	96
Tabla 29. Energía del mes entregada según potencia del panel solar.	96
Tabla 30. Costo total del panel solar según potencia.	97
Tabla 31. Resumen comparativo de alternativas URE	103
Tabla 32. Resultados Escenario URE.	105
Tabla 33. Resultados Escenario Fotovoltaico.	108
Tabla 34. Resultados Escenario Techo Verde 1.	109
Tabla 35. Resultados Escenario Techo Verde 2.	110
Tabla 36. Resultados Escenario Techo Verde con URE.	111
Tabla 37. Resultados Escenario Cielo Raso de PVC.	113
Tabla 38. Resultados Escenario Cielo Raso de <i>Drywall</i> .	114
Tabla 39. Resultados Escenario Ventana <i>LOW E</i> .	115
Tabla 40. Comparación resultado de los diferentes escenarios.	117
Tabla 41. Precio de paneles solares y sus accesorios .	139

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. EQUIPOS DE MAYOR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL EDIFICIO PRINCIPAL DE ESSA.	127
ANEXO B. CARACTERISTICAS EQUIPOS DE MEDIDA	132
ANEXO C. KITS DE PANELES SOLARES	139

LISTA DE ABREVIATURAS

ESSA	<i>Electrificadora de Santander S.A</i>
OR	<i>Operador de Red</i>
CO₂	<i>Gas Carbónico (Dióxido de Carbono)</i>
ESCO	<i>EnergyService Company</i>
CREG	<i>Comisión de Regulación de Energía y Gas</i>
URE	<i>Uso Racional de Energía</i>
PROURE	<i>Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales.</i>
PROGRAMA CONOCE	<i>Programa Colombiano de Normalización, Acreditación, Certificado y etiquetado de equipos de Uso Final de la Energía.</i>
SG	<i>SmartsGrids (Redes Inteligentes)</i>
SIN	<i>Sistema Interconectado Nacional</i>
LUCARNA	<i>Tragaluz, claraboya situada en el techo o parte superior de una pared.</i>
ANTROPÓGENAS	<i>Se refiere a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas. Normalmente se usa para describir contaminaciones ambientales en forma de desechos químicos o biológicos.</i>
WACC	<i>Weighted Average Cost of Capital</i>
kWp	<i>Kilovatio pico, es la máxima potencia que entregará el panel solar cuando el día está muy soleado.</i>

RESUMEN

TÍTULO: PROPUESTA DE AHORRO EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL EDIFICIO PRINCIPAL DE ESSA MEDIANTE ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS SOSTENIBLES^{*}

AUTORES: LAURA ISABEL RODRÍGUEZ CARDOZO-GEFFREI RINCÓN RODRÍGUEZ - JAIME GARCÍA MORANTES^{**}

PALABRAS CLAVE: APLICACIONES ENERGÉTICAS SOSTENIBLES (Techo verde, paneles solares, ventanas Low-e, cielo raso)

DESCRIPCIÓN:

En la actualidad, existe en el mundo gran interés por optimizar el uso de los recursos energéticos disponibles, dado que algunos de los más utilizados en procesos productivos, como el petróleo y el carbón, aportan dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera, aumentando los gases efecto invernadero y por ende influyendo en el cambio climático.

Para un buen uso racional de la energía hay opciones que permiten mejorar el confort lumínico y térmico así como alternativas energéticas sostenibles: Generación fotovoltaica, generación Eólica, techo verde, ventana LOW-E, cielo raso e iluminación LED.

Las alternativas energéticas sostenibles representan iniciativas de generación distribuida, necesarias para el desarrollo de sistemas de micro redes y así darle respaldo al sistema eléctrico.

La mayor demanda de energía eléctrica está en el uso de sistemas de aire acondicionado por lo tanto se recomienda implementar alguno de las siguientes alternativas: Cielo raso drywall, y cambio de computadores de escritorio por computadores portátiles, además se debe dotar cada puesto de trabajo con una lámpara LED de 3W para mejorar la intensidad lumínica.

También como solución paisajística y de control térmico la siembra de árboles frondosos en la zona verde del perímetro del edificio principal de ESSA, para que provea sombra y cree un micro clima alrededor del edificio.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y telecomunicaciones. Especialización en Sistemas de distribución de energía eléctrica. Director German Alfonso Osma Pinto

SUMMARY

TITLE: PROPOSAL FOR SAVING IN THE ELECTRIC ENERGY USE AT THE ESSA MAIN BUILDING THROUGH SUSTAINABLE ENERGY ALTERNATIVES*

AUTHOR: LAURA ISABEL RODRÍGUEZ CARDOZO-GEFFREI RINCÓN RODRÍGUEZ - JAIME GARCÍA MORANTES**

KEYWORDS: SUSTAINABLE ENERGY SOURCES (Green roof installation, solar panels installation, Low-e windows installation, ceilings installation)

DESCRIPTION:

Nowadays, there is a huge interest in the world towards the optimization of the available energy sources, given that some of the most used in production processes, such as petroleum and carbon, add carbon dioxide (CO₂) to the atmosphere, increasing the levels greenhouse gases and influencing the climate change.

For a rational use of the energy there are several options that improve the lighting and thermal comfort, and also sustainable energy alternatives: Photovoltaic Generation, Wind Generation, Green Roof, LOW-E Window, Ceiling and LED Lighting.

Sustainable energy alternatives represent distributed generation initiatives, needed for the development of micro network systems to support the electric system.

The biggest demand for electric energy comes from the use of air conditioning systems, therefore it's recommended to implement some of the following alternatives: Ceiling, Drywall, replacement of desktop computers for laptop computers, and the installation of a LED 3W lamp in every workstation to improve light intensity.

Also, as a landscaping and thermal control solution, it is recommended the planting of leafy trees in the green area surrounding the perimeter of the ESSA main building, so these provide shadow and create a micro climate around it.

* Project of grade

** Faculty of Engineering physicomechanical. School of Electrical Engineering, Electronics and Telecommunications. Systems Specialization distribution of electricity. Director Alfonso Osma German Pinto

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existe en el mundo gran interés por optimizar el uso de los recursos energéticos disponibles, dado que algunos de los más utilizados en procesos productivos, como el petróleo y el carbón, aportan gases efecto invernadero a la atmósfera, como el dióxido de carbono (CO₂) influyendo en el cambio climático.

Predomina así una tendencia mundial orientada a incrementar el porcentaje de electricidad en el conjunto de la demanda energética por medios más amigables con el medio ambiente, y así, restarle protagonismo al petróleo y al carbón por el impacto mencionado.

Conforme a dos escenarios (2DS y 4DS) de las prospectivas presentadas en el documento *Energy Technology Perspectives 2014*¹, elaborado por la International Energy Agency IEA, se prevé un crecimiento de la demanda de electricidad promoviendo un cambio en el suministro de la energía a través de fuentes no convencionales de energías renovables y el uso de la misma mediante aplicaciones energéticas sostenibles. Esto está en consonancia con la intención expresada por los países miembros de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico OECD de recortar las emisiones e impulsar la eficiencia energética.

En la lista de involucrados asociados al uso de la energía eléctrica, están las ciudades y con ellas sus edificaciones, en las cuales se pueden incorporar nuevas tecnologías tendientes al ahorro y eficiencia energética.

¹ IEA (International Energy Agency), *Energy Technology Perspectives 2014*, Paris, 2014, IEA Publications, [en línea] disponible en: <http://www.iea.org/etp/>, [consultada en marzo 2015]

En Bucaramanga se han desarrollado algunos proyectos que buscan reducir significativamente el consumo de energía eléctrica; como por ejemplo las instalaciones de Homecenter, que recibieron la distinción LEED en categoría Silver, por implementar diversos sistemas para mitigar su impacto ambiental, especialmente por el sistema de climatización eficiente.

Asimismo, se aprecia la participación de los entes de educación superior en esta temática, como es el caso de la Universidad Industrial de Santander, donde el Edificio de Ingeniería Eléctrica ha reducido su consumo cerca del 70% en comparación al enfoque de operación tradicional, a partir de sistemas de iluminación y ventilación natural, iluminación y climatización híbrida inteligente, techos verdes². De manera similar, se debe hacer referencia al edificio Ernesto Sábato de la Universidad de Investigación y Desarrollo (UDI) de la ciudad de Bucaramanga (Santander), donde se implementó un sistema fotovoltaico de 21 kW, logrando un ahorro del 20% del total de la demanda de la institución³.

Estos proyectos reflejan la necesidad social existente de fortalecer el uso racional de la energía y de desarrollar nuevas edificaciones y remodelaciones de edificaciones existentes, donde se apropien los conceptos de construcción verde.

Existen organizaciones como el *World Green Building Council*, que a través del sistema de evaluación de edificios verdes LEED® (“*Leadership in Energy and Environmental Design*”) proporciona las herramientas para desarrollar un edificio sustentable y pretende mejorar estos aspectos como el ahorro entre el 50% y el 90% en los costos de desechos de construcción, entre el 30% y el 70% en el consumo de energía y el 50% en el consumo de agua potable^{4 5 6}.

² OSMA PINTO G. A., Uso racional de la energía a partir del diseño de aplicaciones sostenibles en el edificio eléctrica II de la Universidad Industrial de Santander. Proyecto de Maestría. Bucaramanga: 2011, pp. 1-253.

³ ALIANZA FRANCESA. Energías Limpias en Santander, [en línea] disponible en: <http://bucaramanga.alianzafrancesa.org.co/coloquio/index.php>, [consultada en julio de 2014]

⁴ WORLD GBC. [en línea] disponible: <http://www.worldGBC.com> [consultada en julio de 2014]

Emprender proyectos de construcción de edificaciones sostenibles o remodelaciones de edificaciones existentes para alcanzar ahorros de los recursos requeridos, tales como energía o agua y mitigar los impactos ambientales, no necesariamente es atractivo para las personas, empresas o instituciones desde el solo concepto de rentabilidad. Esto se debe a que las alternativas URE representan inversiones elevadas que no retornan en el corto o mediano plazo, en especial para los casos de remodelaciones o adecuaciones.

Es así como algunos países ya han adoptado políticas y han desarrollado legislación para promover la gestión eficiente de la energía a través de incentivos que viabilizan financieramente los proyectos de inversión de este tipo. No obstante, aún es un desafío competir con los recursos energéticos tradicionales y por lo tanto se debe continuar con la promoción de políticas de eficiencia energética, cambios en las normas de construcción enfocados a promover las edificaciones verdes, investigaciones y desarrollos de las tecnologías de fuentes de energía renovables para minimizar sus costos y la promoción del uso racional de energía en la comunidad en general⁷.

En Colombia desde 1994, a través de las leyes 142 (Ley de Servicios Públicos) y 143 (Ley Eléctrica), se estableció la obligatoriedad de las empresas de servicios públicos de divulgar a los usuarios acerca de la forma como pueden utilizar la eficiencia en el servicio de energía. Adicional a ello, el principio de adaptabilidad, expresado en la Ley 143, conduce a la incorporación de los avances de la ciencia y de la tecnología que aporten mayor calidad y eficiencia en la prestación del servicio al menor costo económico⁸.

⁵ CCCS. [en línea] disponible en: <http://www.cccs.org.co/cccs> [consultada en julio de 2014]

⁶ CEC Green Building [en línea] disponible en: <http://www.cec.org/greenbuilding> [consultada en julio de 2014]

⁷ GRAIZBORD, B., MONTEIRO F., Megaciudades y Cambio Climático: ciudades sostenibles en un mundo cambiante. 1a Edición, México, 2011, El Colegio de México, ISBN 978-607-462-257-7

⁸ MINISTERIO DE MINAS. Normatividad Colombiana [en línea] disponible en: <http://www.minminas.gov.co/normatividad>, [consultada en diciembre de 2014]

También partió de la Ley 697 de 2001, Ley URE⁹, de los estudios de competitividad de la industria y gremios del sector, para estructurar las bases tendientes a desarrollar un cambio en el sector eléctrico dirigido hacia la adopción de nuevas tecnologías y aplicaciones energéticas sostenibles respetando las características propias del país en pro de la eficiencia y suficiencia financiera requerida para incentivar inversiones que permitan un desarrollo sostenible.

En 2014 se aprobó la Ley 1715 por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional¹⁰. Esta ley partió de una iniciativa parlamentaria y el gobierno colombiano buscó integrar y armonizar diferentes intereses e iniciativas con visión de futuro conforme al Plan Energético Nacional, Colombia Ideario Energético 2050, el cual integra las políticas mundiales sobre la materia¹¹.

En la Tabla 1 se relaciona la evolución del marco legislativo sobre el uso racional de energía eléctrica en Colombia desde el año 1994 hasta el año 2014, el cual permite mostrar la iniciativa y compromiso que tiene el estado en promover programas de uso racional y eficiente de energía eléctrica.

Tabla 1. Marco legislativo sobre URE en Colombia

NORMA	DESARROLLO	AÑO
Ley 142	Régimen servicios públicos domiciliarios. Art 11, 74	1994
Ley 143	Régimen generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad	1994
Ley 164	Ratifica convención marco Naciones Unidas cambio climático	1994

⁹ Ibíd.

¹⁰ Ibíd

¹¹ PLAN ENERGÉTICO NACIONAL, Colombia Ideario Energético 2050 [en línea] disponible en: <http://www1.upme.gov.co/search/node/plan%20energ%C3%A9tico%20nacional>, [consultada en marzo de 2015]

NORMA	DESARROLLO	AÑO
Documento CONPES 2801	Estrategias y acciones para fomentar el uso eficiente y racional de energía	1995
Documento CONPES 2926	Autorización a la Nación para contratar un crédito externo para financiar el programa de uso racional y eficiente de energía	1997
Resolución CREG 97	Pautas para el diseño, normalización y uso eficiente equipos y aparatos eléctricos	2000
Ley 629	Adhesión al Protocolo de Kyoto	2000
Ley 697	Declara URE como un asunto de interés social público y de conveniencia nacional, también promueve la utilización de energías alternativas - PROURE	2001
Decreto 2532	Establece procedimiento exclusión IVA (Art. 424-5 E.T.)	2001
Resolución UPME 165	Determina la lista de equipos de uso final de energía que serán objeto del Programa Colombiano de Normalización, Acreditación, Certificación y Etiquetado de Equipos de Uso Final de Energía, "Programa Conoce".	2001
Resolución UPME 312	Actualización lista de equipos a incluir en "Programa Conoce"	2001
Resolución UPME 142	Actualización lista de equipos a incluir en "Programa Conoce"	2001
Resolución UPME 376	Actualización lista de equipos a incluir en "Programa Conoce"	2001
Decreto 3683	Reglamenta Ley 697	2003
Resolución UPME 289	Actualización lista de equipos a incluir en "Programa Conoce"	2003
Decreto 3172	Establece procedimiento deducción RENTA (Art. 158-2 E.T.)	2003
Decreto 2501	Reglamento técnico URE Eléctrica	2007
Decreto 2331	Sustitución bombillas incandescentes por Lámparas Fluorescentes compactas (LFC) de alta eficiencia (Solo Entidades Estatales)	2007

NORMA	DESARROLLO	AÑO
Decreto 895	Modifica y adiciona Decreto 2331 (Entidades Estatales)	2008
Resolución MME 180606	Requisitos técnicos fuentes lumínicas alta eficacia usadas sedes entidades públicas	2008
Decreto 3450	Uso obligatorio fuentes iluminación mayor eficiencia lumínica (desde enero 2011 y obliga a todos)	2008
Resolución MME 180540	Actualización RETILAP - Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público, se establecen los requisitos de eficacia mínima y vida útil de las fuentes lumínicas	2010
Resolución MME 180919	Plan de acción indicativo 2010-2014 PROURE	2010
Documento CONPES 3700	Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia.(Estrategia Colombiana de Desarrollo bajo en Carbono - ECDBC)	2011
Resolución UPME 563	Establece procedimientos y requisitos para evaluar y conceptuar sobre las solicitudes ante el MADS con miras a obtener la exclusión del impuesto sobre las Ventas y/o deducción de renta.	2012
Ley 1665	Por medio de la cual se aprueba el "estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA)", hecho en Bonn, Alemania, el 26 de enero de 2009	2013
Ley 1715	Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional	2014
Decreto 2469	Lineamientos para la entrega de excedentes de energía por parte de autogeneradores a gran escala	2014
Resolución CREG 175	Por la que se reglamenta la actividad de autogeneración a gran escala en el sistema interconectado nacional (SIN)	2014

Fuente: MINISTERIO DE MINAS. Normatividad Colombiana [en línea] disponible en: <http://www.minminas.gov.co/normatividad>, [consultada en diciembre de 2014]

Con base en los antecedentes mencionados, es una motivación para las empresas distribuidoras de energía eléctrica, como la ESSA, promover e incentivar iniciativas tendientes a incorporar alternativas URE y aplicaciones energéticas sostenibles que reduzcan el consumo de energía eléctrica, tanto porque beneficia el medio ambiente, como por los ahorros en facturación para los clientes debido a la menor cantidad de energía consumida.

A su vez se mejoraría el uso de la red de distribución al transportar menos energía, reduciendo las pérdidas técnicas y los picos de demanda, mejorando la cargabilidad de transformadores, líneas y circuitos permitiendo mayor flexibilidad en la operación del sistema y posibilitando postergar inversiones tanto en renovación como en ampliaciones de infraestructura.

Es así como esta monografía tiene como objetivo general plantear una propuesta de ahorro de energía eléctrica, tomando como caso de estudio el edificio principal de ESSA, mediante el análisis de alternativas URE y aplicaciones energéticas sostenibles implementadas en edificaciones verdes de uso comercial reconocidas en el ámbito latinoamericano y colombiano.

Para ello, se tienen tres objetivos específicos así:

Primero: Describir los casos de éxito de edificaciones verdes en el entorno latinoamericano y colombiano resaltando las aplicaciones energéticas sostenibles adoptadas junto con los beneficios obtenidos.

El desarrollo de este objetivo específico se muestra en los siguientes capítulos:

1. Generalidades sobre edificaciones verdes
 - 1.1. Aplicaciones energéticas sostenibles
 - 1.2. Estándares de confort
 - 1.3. Uso racional de energía (URE)

- 1.4. Características del sistema eléctrico de edificaciones comerciales; y
2. Proyectos funcionales de edificaciones verdes, donde se describirán casos de éxito en el entorno latinoamericano y colombiano.

Segundo: Identificar las alternativas URE y aplicaciones energéticas sostenibles más apropiadas para el caso particular del edificio principal de ESSA mediante el análisis de diferentes escenarios hipotéticos de implementación.

El desarrollo de este objetivo específico se muestra en los siguientes capítulos:

3. Estudio eléctrico edificio principal de ESSA
 - 3.1 Planos eléctricos
 - 3.2 Tipos de cargas en el edificio ESSA
 - 3.3 Equipos de medidas utilizados
 - 3.4 Caracterización de cargas
 - 3.5 Resultado de las mediciones
4. Alternativas URE y aplicaciones energéticas sostenibles para el edificio principal de ESSA
 - 4.1. Análisis potencial lumínico
 - 4.2. Análisis potencial solar
 - 4.3. Análisis de temperatura ambiente
 - 4.4. Análisis de potencial eólico

Tercero: Realizar una propuesta de ahorro en el consumo de energía eléctrica del edificio principal de ESSA mediante el análisis financiero de los diferentes escenarios que se identifiquen.

El desarrollo de este objetivo específico se muestra en los siguientes capítulos:

5. Propuesta de ahorro en el consumo de energía eléctrica del edificio principal de ESSA
 - 5.1 Escenarios URE
 - 5.2 Escenario fotovoltaico
 - 5.3 Escenario techo verde

6. Conclusiones y recomendaciones

1. GENERALIDADES SOBRE EDIFICACIONES VERDES

Uno de los principales obstáculos para el desarrollo sostenible del planeta es el cambio climático, el cual es ocasionado por los llamados gases de efecto invernadero (GEI). Estos gases son originados en su mayoría por el uso final de energía de los sectores como el transporte, la industria, la construcción, la agricultura y la energía, donde el sector de edificaciones contribuye con un tercio de todas las emisiones de CO₂ globales¹².

En Colombia, existe la Ley 164 de 1994, por medio de la cual se aprueba la que declara en su artículo 2 el siguiente propósito: “estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático”. Esta ley se basa en la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", propuesta en Nueva York el 9 de mayo de 1992¹³.

“Ese nivel de estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurando que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible”¹⁴.

¹² PRICE, L., DE LA RUE DU CAN, S., SINTON, J. and WORRELL, E. Sectoral Trends in Global Energy Use & GHG Emissions. Lawrence Berkeley National Laboratory. 2006

¹³ *Ibíd.*

¹⁴ ALCALDÍA DE BOGOTÁ. Ley 164 de 1994. [en línea] disponible en: <http://www.alcaldíabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21970> [Consultado el 05 de diciembre de 2014]

Dentro de este contexto, el gobierno colombiano suscribe el compromiso de promover incentivos para el uso de energías renovables y uso racional de la energía y por lo tanto inician los programas PROURE.

Las edificaciones construidas de forma tradicional presentan un consumo significativo de energía y de recursos, las cuales son generadoras de cantidades importantes de CO₂, en particular por los sistemas de aire acondicionado y la iluminación¹⁵. Por lo tanto, se debe incursionar en el diseño y construcción de edificaciones amigables con el medio ambiente y sostenibles, también llamadas edificaciones verdes.

Jacob Kriss especialista del U.S. *Green Building Council*, define la edificación verde como un *concepto holístico, el cual inicia con el entendido que el entorno de la construcción tiene profundos efectos positivos como negativos, en el entorno natural, así como las personas que habitan en las edificaciones*. El objetivo de un edificio verde es ampliar los aspectos positivos y mitigar los efectos negativos a lo largo del ciclo completo de duración de un edificio¹⁶.

Aunque existen diferentes definiciones de edificación verde, está generalmente aceptado como la planificación, el diseño, la construcción y las operaciones de edificios con consideraciones principales: el uso eficiente de los recursos agua y energía, la selección de materiales y la calidad ambiental interior del material¹⁷.

En la actualidad, hay varios edificios diseñados y construidos con este principio. En la Tabla 2 se listan algunos de estos casos.

¹⁵ OSMA PINTO G. A., Uso racional de la energía a partir del diseño de aplicaciones sostenibles en el edificio eléctrica II de la Universidad Industrial de Santander. Proyecto de Maestría. Bucaramanga: 2011, pp. 1-253.

¹⁶ USGBC What is green building? [en línea] disponible en: <http://www.usgbc.org/articles/what-green-building>

¹⁷ *Ibíd.*

Tabla 2. Edificaciones Verdes

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	EDIFICIO	PAIS	CIUDAD
[5]	Edificio oficinas ENNE	Ecuador	Quito
[6]	Edificio Real Diez	Perú	Lima
[7]	Estadios Copa Mundial 2014	Brasil	Rio de Janeiro
[8]	Edificio Torre Mayor	México	México
[9]	Nueva Sede Isagen	Colombia	Medellín
[10]	Ruta N Edificio Público	Colombia	Medellín
[11]	Torre 3 Ciudad Empresarial	Colombia	Bogotá
[12]	Edificio Incolmos Yamaha	Colombia	Medellín
[3]	El edificio de eléctrica de la Universidad Industrial de Santander	Colombia	Bucaramanga

Las edificaciones comerciales se caracterizan porque la carga está conformada en su mayoría por sistemas de climatización, sistemas de iluminación y cargas electrónicas, presentes en oficinas o locales comerciales. Por tal motivo, se seleccionó el edificio principal de ESSA para caracterizar una edificación con este tipo de cargas.

Al tenerse en cuenta el compromiso de la sociedad santandereana con la conservación del medio ambiente, se propone analizar la potencial inclusión de aplicaciones energéticas sostenibles en el edificio principal ESSA, con el fin de alcanzar un mayor nivel de sostenibilidad energética.

1.1 APLICACIONES ENERGÉTICAS SOSTENIBLES

Se define como aplicación energética sostenible al sistema que proporciona e integra la atención eficiente de confort visual, confort térmico o uso de equipos electrónicos al interior de una edificación sin consumir energía (arquitectura bioclimática) o que la genere a partir del medio ambiente circundante (fuentes de energía renovable-FER) o utilice sistemas de alta eficiencia energética (iluminación LED)¹⁸.

Las aplicaciones propuestas para el edificio principal de ESSA expuestas en este trabajo son: generación con energía solar, techo verde, optimización de iluminación y sistemas de climatización.

1.1.1 Energía solar. Es una fuente de energía renovable, obtenida a partir de la utilización de la radiación electromagnética proveniente del Sol. En Colombia el aprovechamiento de la energía solar es muy reducido y su mayor uso se presenta con la denominada energía solar térmica, principalmente para el calentamiento de agua en clínicas, hoteles y uso industrial¹⁹.

Las tecnologías solares se agrupan en pasivas o activas según cómo capturan, convierten y distribuyen la energía solar. En las tecnologías activas se incluye la utilización de paneles fotovoltaicos y colectores térmicos para acumular la energía, las técnicas pasivas están enmarcadas en la arquitectura bioclimática²⁰.

La radiación solar es la energía emitida por el sol en forma de ondas electromagnéticas; la radiación que se recibe del sol se descompone en luz

¹⁸ OSMA PINTO G. A. Op. Cit.

¹⁹ ARENAS SANTAMARIA O. A, OVIEDO PINZÓN A. M, Estudio técnico y financiero de implementación de paneles solares enfocado a centros comerciales Proyecto de Pregrado. Bucaramanga: 2009, pp. 1-133.

²⁰ Ibíd.

visible, rayos infrarrojos y rayos ultravioletas, los cuales no son visibles por el ojo humano.

La radiación solar se divide en radiación directa que es la que viene directamente del sol y radiación difusa que resulta de los procesos de reflexión y refracción en la atmosfera terrestre.

Conforme a estudios realizados por el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) Colombia es aventajada por la gran disponibilidad de recurso solar gracias a su ubicación geográfica, con un promedio diario multianual cercano a 4,5 kWh/m² ²¹.

Las zonas de mayor intensidad de irradiación solar en Colombia (alrededor de 5.0 kWh/m² por día) son la región Caribe en especial el departamento de la Guajira, sectores del Meta, Casanare y Orinoquia y pocos sectores de Cauca, Valle, Huila, Tolima, Cundinamarca, Boyacá, Antioquia, los Santanderes y las islas de San Andrés y Providencia²².

En la siguiente tabla se observa al departamento Santander con una radiación solar entre 4,5 y 5,5 kWh/m².

²¹ IDEAM, UPME, Atlas de Radiación Solar de Colombia. Bogotá: Diciembre, 2002, P. 1-175.

²² ARENAS SANTAMARIA O. A, OVIEDO PINZÓN A. M, Op. Cit.

Tabla 3. Promedio mensual radiación solar en varias ciudades de Colombia.

Departamentos	Radiación solar [kWh/m ²]
Arauca, Casanare, Meta, Boyacá, Vichada, Costa Caribe, San Andrés y Providencia	5,0 a 6,0
Orinoquia, Santanderes, Cundinamarca, Tolima, Huila, Cauca y Valle del Cauca	4,5 a 5,5
Chocó, Nariño y Putumayo	3,0 a 4,0

La Universidad Industrial de Santander (UIS), realizó un estudio estadístico del potencial solar en área de la universidad y en otros tres puntos de la ciudad de Bucaramanga, para obtener parámetros característicos que permita evaluar el recurso energético. En conclusión se consideró que el potencial solar en la zona es adecuado para desarrollar proyectos de sistemas fotovoltaicos y que el valor promedio de radiación solar para la ciudad de Bucaramanga es de 4,6 kWh/m²²³.

1.1.2 Techo verde. Una de las consecuencias más beneficiosas del uso del follaje vegetal como techo verde es la protección contra la radiación solar. En la zona tropical, el techo es la parte de la envolvente del edificio más expuesta a la radiación solar. El techo verde busca reducir la radiación solar incidente sobre la superficie a partir del área cubierta por el follaje vegetal y disminuir el calor por medio del proceso de evaporación de agua remanente por riego y/o por precipitaciones, con lo cual se logra mitigar la transferencia de calor²⁴.

Otras ventajas de la implementación de techos verdes es la reducción del efecto de isla de calor, mejoramiento de la calidad del aire, gestión de aguas lluvias,

²³ VERGARA, Pedro, et al., Evaluación de potencial solar y eólico del campus central de la Universidad Industrial de Santander y la ciudad de Bucaramanga, Colombia. Rev. UIS. Ingeniería, 2014, vol. 13, n.2 ,p.p 49-57

²⁴ OSMA PINTO G. A. Op. Cit.

reducción del consumo energético y aumento de la vida útil de la capa impermeabilizante.

Primordialmente un techo verde se encuentra compuesto por una capa vegetal, un suelo de cultivo y un conjunto de capas protectoras, de acuerdo al caso, se tendrán más o menos membranas. El espesor de la aplicación generalmente está entre 10 cm y 30 cm²⁵.

1.2 ESTÁNDARES DE CONFORT

Los componentes energéticos, térmicos y lumínicos de una edificación son muy importantes en el proceso de habitabilidad. La estabilidad física, mental y social de una persona corresponde directamente con el grado de confort percibido por el mismo, de allí la importancia que las organizaciones garanticen estos estándares a sus trabajadores para lograr equipos efectivos²⁶.

Los principales criterios que guían las condiciones de confort térmico y visual para los usuarios de un espacio dedicado a oficinas como lo es el caso del edificio principal de ESSA son:

1.2.1 Confort térmico. El confort térmico se define como aquella condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico. Las personas experimentan esta sensación de comodidad cuando hay un equilibrio entre el calor generado por el cuerpo humano y la cantidad de calor disipada por el medio ambiente²⁷.

²⁵ USGBC Peru's first LEED-certified existing building Project [en línea] disponible en: <http://www.usgbc.org/articles/perus-first-leed-certified-existing-building-project>

²⁶ OSMA PINTO G. A. Op. Cit.

²⁷ Ibíd.

La Tabla 4 describe los criterios de confort térmico que se deben tener en cuenta para los usuarios de edificaciones de oficinas.

Tabla 4. Criterios de confort térmico.

Calidad térmica	Se encuentra estandarizada en el informe CEN CR 1752, para el caso de edificio de oficinas aplica una calidad térmica C, que corresponde al valor mínimo en edificios existentes [15]
Actividad física	Establece un índice numérico de la actividad desarrollada, para el caso de la actividad desarrollada en oficinas se fija un valor de 1,2 Met [15]
Grado de vestimenta	Reduce la pérdida de energía y aumenta la sensación de calor, se toman dos valores 0,5 para verano y 1,0 para invierno. [3]
Temperatura del aire óptima	Es establecida de acuerdo co la calidad térmica del ambiente, se utiliza 24,5° C para verano y 22° C para invierno [15].
Velocidad media del aire	La velocidad media del aire permite aumentar el enfriamiento del cuerpo y ofrece la sensación de frescura, se puede limitar de 0,8 m/s a 0,24 m/s en verano y de 0,15 m/s a 0,20 m/s e invierno [15]
Humedad relativa	La humedad relativa limita la evaporación natural del sudor y causa incomodidad térmica, se recomienda limitar sus valores entre el 40% y 60% [15]

1.2.2 Confort visual. Para el ser humano los aspectos del bienestar, como el estado mental o nivel de fatiga, dependen de la calidad y cantidad de iluminación; su deficiencia puede reducir la seguridad laboral y con ello aumentar los índices de accidentes debido a la falta de percepción de los objetos²⁸.

Es necesario definir correctamente los niveles de iluminación y características cromáticas con el objetivo de reducir la fatiga visual y aumentar la sensación de satisfacción, características fundamentales del confort visual; lo aconsejado es que se parezca a la luz natural²⁹. La Tabla 5 presenta la descripción de criterios básicos de confort de un proyecto de iluminación diseñado para un edificio de oficinas.

²⁸ Ibíd.

²⁹ Ibíd.

Tabla 5. Criterios de confort visual.

Nivel de iluminación	Debe disponerse para cada zona de la edificación de acuerdo con la actividad visual a desarrollar, manteniendo un nivel medio de 500 lux [16].
Coeficiente de luz diurna	Estima la disponibilidad de luz natural en interiores y su potencial de ahorro de energía, se recomienda un mínimo CLD del 2% [16].
Estabilidad temporal	Hace referencia a la variación del nivel luminoso según la hora solar, se aplica a la iluminación natural [3].
Transición	Aplica a el transito dentro de los espacios por parte de los ocupantes de la edificación y se debe tener para el confort [16].
Deslumbramiento	Debe garantizar la ausencia del deslumbramiento en los lugares de trabajo el deslumbramiento perturbador produce fatiga visual y perturba la visión [16].
Uniformidad	La iluminación debe ser uniforme, la relación entre el nivel de iluminación del área donde se realiza la tarea y la iluminación general debe ser mayor o igual a 0,7 [15].
Color y fidelidad cromática	Aspecto cromático y rendimiento del color agradables, empleado fuentes de luz con temperatura del color similar a la luz del día (5 500 K) e índices de reproducción cromática superior al 90% [16]
Control del nivel luminoso	Con el fin de evitar el excesivo ingreso de luz natural, es recomendable el desarrollo de protecciones que permitan controlar la radiación solar directa [16]
Gestión sostenible de recursos	La iluminación natural debe ser aprovechada al máximo en aquellos locales donde la actividad a desarrollar lo permita; debe buscarse una integración entre la iluminación natural y artificial [16].

1.3 USO RACIONAL DE ENERGÍA (URE)

Cuando se habla del Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) en Colombia se debe iniciar con la consulta de la Ley 697 de 2001 del Ministerio de Minas y Energía (MME), la cual declara el URE como asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales, de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales y define:

“URE: Es el aprovechamiento óptimo de la energía en todas y cada una de las cadenas energéticas, desde la selección de la fuente energética, su producción, transformación, transporte, distribución, y consumo incluyendo su reutilización cuando sea posible, buscando en todas y cada una de las actividades, de la cadena el desarrollo sostenible”³⁰.

El uso eficiente de la energía “Es la utilización de la energía, de tal manera que se obtenga la mayor eficiencia energética, bien sea de una forma original y/o durante cualquier actividad de producción, transformación, transporte, distribución y consumo de las diferentes formas de energía”³¹.

Por lo tanto, se propone realizar el análisis de los consumos del edificio principal de Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. el cual tiene características de carga comercial (Cargas de aires acondicionados, iluminación y equipos de cómputo).

1.4 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE EDIFICACIONES COMERCIALES

En la actualidad, las edificaciones comerciales de oficinas se convierten en lugares de gran afluencia de personas tanto por los empleados como por los usuarios de las oficinas de atención al cliente y comunidad. Por esto debe tener confiabilidad en su sistema eléctrico³².

De acuerdo al tamaño y funcionalidad de las edificaciones comerciales, las características del sistema eléctrico varían en función de las cargas de refrigeración, iluminación y cargas electrónicas para las oficinas, esta diversidad

³⁰ UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ESTRATÉGICA [en línea] disponible en: <http://www.upme.gov.co/ure/index-0.html>

³¹ Ibíd.

³² ARENAS SANTAMARIA O. A, OVIEDO PINZÓN A. M, Op. Cit.

de cargas plantea la necesidad de diseños con una sola subestación con su red de distribución en baja tensión, hasta sistemas de redes de distribución interna en media tensión con varias subestaciones o centros de carga como es el caso del edificio principal ESSA³³.

Estas edificaciones pueden demandar varios niveles de tensión, como la refrigeración que funciona de forma más eficiente a valores de tensión mayores de 120 V nominales de las instalaciones finales, tales como 208 V y 440 V.

Las edificaciones comerciales deben disponer de iluminación de emergencia así como de circuitos especiales de respaldo que son de gran importancia a la hora de realizar la suplencia de una falla³⁴.

El edificio principal de ESSA, posee varias acometidas de alimentación de energía y también varias cuentas de servicio de energía independientes incluyendo las zonas comunes.

³³ *Ibíd.*

³⁴ *Ibíd.*

2. PROYECTOS FUNCIONALES DE EDIFICACIONES VERDES

Para conocer sobre edificaciones verdes, se revisaron las bases de datos del Consejo de la construcción ecológica de Estados Unidos (*U. S Green Building Council – USGBC*), organismo que promueve la sostenibilidad en el diseño, construcción y funcionamiento de los edificios ³⁵.

El USGBC determinó las especificaciones del *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)* o estándar internacional en liderazgo de diseño energético y ambiental. Este estándar evalúa la sostenibilidad de una construcción de edificaciones desde las perspectivas de eficiencia energética, uso de energías alternativas, eficiencia del consumo de agua, calidad del ambiente interior, desarrollo del lugar donde fue construida y operación de alto rendimiento, amigable con el medio ambiente³⁶.

El USGBC otorga cuatro tipos de certificación: certificado (*LEED Certificate*), plata (*LEED Silver*), oro (*LEED Gold*) y platino (*LEED Platinum*) estas certificaciones *LEED* se enfocan en el desempeño de la edificación y tiene versiones para construcciones nuevas, edificios existentes, operación y mantenimiento, interiores comerciales, envolvente y núcleo. De la misma manera aplica para desarrollos de mayor escala denominados “*Neighborhood Development*”³⁷.

LEED evalúa los proyectos y les otorga créditos conforme al cumplimiento de los criterios específicos, así:

³⁵ USGBC [en línea] disponible en: <http://www.usgbc.org/>

³⁶ *Ibíd.*

³⁷ CCCS Certificación de edificaciones [en línea] disponible en: <http://www.cccs.org.co/construccion-sostenible/certificacion-de-edificaciones>

- Sitios sustentables (SS): Concede máximo 24 créditos por la revitalización de terrenos subutilizados o abandonados, la conectividad o cercanía al transporte público y masivo, la protección o restauración del hábitat y el adecuado manejo y control de aguas lluvias en el terreno seleccionado³⁸.
- Ahorro de agua (WE): Confiere máximo 11 créditos e impulsa a utilizar el recurso agua de la manera más eficiente, a través de la disminución cero del agua de riego, con la adecuada selección de plantas y la utilización de baterías sanitarias de bajo consumo o sanitarios secos, entre otros³⁹.
- Energía y atmósfera (EA): Entrega máximo 33 créditos tiene como requisitos mínimos el Standard ASHRAE 90.1-2007 para uso eficiente de la energía y debe demostrar un porcentaje de ahorro energético (que va desde el 12% al 48% o más) en comparación con el caso base⁴⁰.
- Materiales y recursos (MR): Otorga máximo 13 créditos y exige cumplimiento de parámetros en torno a la selección de materiales, ejemplo, que sean de la región, reciclados, rápidamente renovables y/o certificados con algún sello verde, entre otros parámetros⁴¹.
- Calidad ambiental de los interiores (IEQ): Concede máximo 19 créditos y exige cumplimiento de parámetros para proveer un adecuado ambiente interior en los edificios, una apropiada ventilación, confort térmico y acústico, el control de contaminantes al ambiente y niveles conformes de iluminación para los usuarios⁴².

³⁸ USGBC LEED® for New Construction & Major Renovations [en línea] disponible en: <http://www.usgbc.org/Docs/Archive/General/Docs1095.pdf>

³⁹ Ibíd.

⁴⁰ Ibíd.

⁴¹ Ibíd.

⁴² Ibíd.

- Innovación en el diseño (ID): Concede 6 créditos y exige la experiencia en construcción sustentable, así como especificaciones de diseño que no están cubiertas dentro de las cinco categorías ambientales anteriores⁴³.

En total, una base de 100 créditos; adicionalmente hay 6 posibles créditos por innovación en el diseño y 4 créditos en prioridad regional, dando un total de máximo 110 créditos. Para obtener algún tipo de certificación *LEED* se debe realizar la sumatoria de créditos obtenidos determinando el nivel de certificación *LEED* que obtendrá la edificación.

LEED Certified (Certificado) 40 a 49 créditos,

LEED Silver (Plata) 50 a 59 créditos,

LEED Gold (Oro) 60 a 79 créditos y

LEED Platinum (Platino) 80 o más créditos.

A continuación se presentan ejemplos de edificaciones verdes:

- **HOMECENTER MANIZALES**

El proyecto funcional almacén Homecenter de la ciudad de Manizales, se desarrolló en un lote de aproximadamente 20.320 m² de área. En el almacén funcionan salas de ventas con 5.419 m², el área del constructor con 2.950 m², jardinería con 4.125 m² (200% más de lo exigido por la norma) y servicios propios del funcionamiento del almacén. Haciendo uso de todos los procesos, materiales y requerimientos de diseño logró ser reconocido como el primer almacén en Latinoamérica con la certificación Versión *Retail - New Construction* nivel *LEED Gold*⁴⁴.

⁴³ *Ibíd.*

⁴⁴ USHBC Homecenter Manizales [en línea] disponible en: <http://www.usgbc.org/projects/homecenter-manizales>

El almacén integró iniciativas de arquitectura bioclimática con el fin de lograr ahorros significativos en el consumo de energía; también utilizó material de cubierta para garantizar un óptimo aislamiento térmico y acústico⁴⁵.

Para optimizar el sistema de iluminación, construyó una cubierta traslúcida que permite el aprovechamiento de la luz natural y complementó con la instalación de un sistema de control de iluminación con sensores que detectan los niveles de luz y gradúan la intensidad de las lámparas, reduciendo el consumo de iluminación artificial, logrando una reducción del 25% en el consumo de energía⁴⁶.

Además implementó un sistema de extracción de aire caliente que se activa a través de sensores cuando hay un aumento en la temperatura por encima del parámetro normal⁴⁷.

Para el sistema de ventilación utilizó un sistema de enfriamiento evaporativo que consiste en equipos lavadores de aire que emplean un rocío de pequeñas gotas de agua, las cuales al caer entran en contacto con el aire exterior y generan un enfriamiento por evaporación. Adicional, el sistema de ventilación cuenta con un control central y sensores de temperatura que permiten regular el enfriamiento del aire dentro de los equipos permitiendo un ahorro energético; no utiliza refrigerantes ni compresores⁴⁸.

El proyecto Homecenter logró un ahorro del 52% en el consumo de agua mediante la implementación de sistemas de riego, baños y la recolección de 10.000 m³ de aguas lluvias a través de las cubiertas de la edificación del almacén⁴⁹.

⁴⁵ *Ibíd.*

⁴⁶ CCCS. Homecenter Manizales [en línea] disponible en: <http://www.cccs.org.co/estudios-de-caso/proyectos/435-homecenter-manizales>

⁴⁷ *Ibíd.*

⁴⁸ *Ibíd.*

⁴⁹ *Ibíd.*

También implementó las siguientes buenas prácticas: estacionamiento para bicicletas y parqueaderos preferenciales para vehículos sin emisiones de CO₂, programas de separación de residuos para incentivar el reciclaje y estrategias para el manejo de baterías y bombillas ahorradoras; Para disminuir las emisiones de CO₂, fueron adquiridos los materiales para la construcción del almacén en la región evitando largos recorridos en el transporte y beneficiando la economía local⁵⁰.

- **ALMACÉN HOMECENTER LA ROSITA BUCARAMANGA**

El almacén Homecenter La Rosita es certificado con la versión *New Construction* nivel *LEED Silver*. Se construyó en un lote de aproximadamente 25.000 m² con un costo total de \$ 60.000 millones de pesos, para su diseño y construcción se tuvo en cuenta la localización del emplazamiento para aprovechar la iluminación solar y crear entradas fáciles para personas que se movilizan en medios alternativos como la bicicleta, transporte masivo y público⁵¹.

En cuanto a las implementaciones para el ahorro de energía e iluminación se instaló un sistema de iluminación cenital que permite el máximo aprovechamiento de la iluminación natural sin afectar las condiciones climáticas internas del almacén, logrando un equilibrio entre el consumo de los sistemas de aires acondicionados y la iluminación artificial a través de un sistema de automatización con sensores de luminosidad que regulan las luminarias. Para el exterior se utilizaron lámparas tipo LED⁵².

⁵⁰ *Ibíd.*

⁵¹ CCCS. Tiendas Homecenter y Constructor en Bucaramanga [en línea] disponible en: <http://www.cccs.org.co/estudios-de-caso/aplicaciones/365-estudio-de-caso-marzo>

⁵² *Ibíd.*

Con estas aplicaciones energéticas sostenibles y con la construcción de una lucarna de extracción de aire caliente, se logró un ahorro del 33% de la energía consumida por iluminación y ventilación⁵³.

El almacén implementó un sistema de recolección de aguas lluvias que puede acumular 10.000 m³ de agua al año la cual se utiliza en sanitarios, riego y lavados, se complementó con orinales secos y grifería de bajo consumo logrando un ahorro del 45% frente a un consumo en condiciones normales⁵⁴.

Adicionalmente, cuenta con sensores para la detección de CO₂ y de CO que monitorean permanentemente el ambiente interior para permitir el ingreso de aire fresco a la tienda y zonas de parqueaderos. En la construcción los materiales utilizados son de acero reciclado, pinturas ecológicas y vidrios especiales que aislar el calor, entre otros⁵⁵.

• PROYECTO OFICINAS PRINCIPALES BANCOLOMBIA MEDELLÍN

La nueva sede del edificio principal donde se encuentra la dirección general de Bancolombia certificada en la versión *Existing Buildings* nivel *LEED Gold*, está conformada por dos edificios de 12 pisos y un área construida de 125.000 m² con un costo aproximado de \$ 360.000 millones; puede acoger hasta 4.200 personas. Esta nueva sede fue galardonada en el año 2009 como la mejor construcción corporativa a nivel mundial por la revista *Interior Design*⁵⁶.

En el predio de 3,5 hectáreas se construyó el edificio en 1,3 hectáreas y el resto fue entregado a la ciudad para construcción de parques y vías; es de resaltar en

⁵³ Ibíd.

⁵⁴ Ibíd.

⁵⁵ Ibíd.

⁵⁶ CCCS. 166 oficinas Bancolombia en Medellín [en línea] disponible en: <http://www.cccs.org.co/estudios-de-caso/proyectos/166-oficinas-bancolombia-en-medellin>

este proyecto su aporte al cambio del uso del suelo, dado que anteriormente era una zona industrial y pasó a ser una zona comercial recuperando espacios para la comunidad⁵⁷.

Con respecto al consumo de energía, el 95% de las áreas internas disponen de iluminación natural, además se implementó un sistema de aire acondicionado eficiente, piso techo que disminuye el consumo de energía y todos los ascensores utilizan inteligencia neuronal, que adecuan su funcionamiento a las necesidades del edificio logrando menor consumo de energía⁵⁸.

En cuanto al consumo de agua, el edificio reutiliza las aguas grises para uso en jardinería y baños, además se instalaron orinales secos⁵⁹.

Buenas prácticas adicionales: un programa de reciclaje y separación de residuos sólidos, políticas de movilidad y transporte incentivando la utilización de transporte público masivo, bicicleta y compartir el vehículo particular para transportar a los compañeros⁶⁰.

• **NUEVA SEDE DEL BANCO GNB SUDAMERIS BOGOTÁ**

La nueva sede del banco GNB Sudameris, que cuenta con una edificación de 22.000 m² y 12 pisos en el centro de Bogotá, logró la certificación *LEED* Gold desde el 2013 en la categoría de nuevas construcciones⁶¹.

Este proyecto incluyó diversas estrategias para alcanzar el desempeño sostenible:

⁵⁷ *Ibíd.*

⁵⁸ *Ibíd.*

⁵⁹ *Ibíd.*

⁶⁰ *Ibíd.*

⁶¹ CCCS. Nueva sede del Banco GNB Sudameris en Bogotá [en línea] disponible en: <http://www.cccs.org.co/estudios-de-caso/proyectos/463-nueva-sede-del-banco-gnb-sudameris-bogota>

- Ahorro del 32,1% en el consumo de energía eléctrica, los puestos de trabajo se diseñaron para lograr un máximo aprovechamiento de iluminación natural, para la iluminación artificial se diseñó un sistema automático que integra los niveles de iluminación natural y demanda de los usuarios mediante el uso de sensores de ocupación y la programación de horarios. Para la optimización del confort térmico en los espacios internos, adelantó una modelación energética que permitió definir los materiales y protecciones de fachada y las especificaciones de equipos⁶².
- Alcanzó un ahorro del 59% de agua potable al implementaron sistema de recolección y tratamiento de aguas lluvias, el cual se encarga de suplir el riego del edificio, los sanitarios, orinales, e incorporaron aparatos sanitarios de alta eficiencia⁶³.
- Implementaron muros y cubiertas verdes con especies nativas para el paisajismo del edificio y en las superficies duras se utilizaron materiales claros para disminuir la absorción de calor y a la vez reducir el efecto de isla de calor⁶⁴.
- También buscó que la ubicación de la nueva sede tuviera acceso a transporte público, parqueaderos preferenciales para vehículos de baja emisión y bicicletas, con servicios de duchas y vestidores para los trabajadores⁶⁵.
- Otras buenas prácticas son el montaje de un sistema de HVAC que emplea filtros MERV 14 para una óptima calidad del aire incluyendo sensores de CO₂ para las áreas de alta ocupación⁶⁶.

⁶² Ibíd.

⁶³ Ibíd.

⁶⁴ Ibíd.

⁶⁵ Ibíd.

⁶⁶ Ibíd.

- La sede cuenta con un sistema de control de todos los sistemas del edificio, permitiendo monitorear desde una sala central y de manera permanente no solo los sistemas de seguridad sino también la operación del sistema de ventilación y aire acondicionado obteniendo mediciones de CO₂ y temperatura de cada espacio, así como de los equipos de recolección y tratamiento de aguas lluvias y recicladas⁶⁷.
- A nivel de consumo de materiales para la construcción del edificio el 56% del costo neto de materiales de construcción (excluyendo instalaciones técnicas y equipos) pertenece a materiales nacionales y el 25,5% corresponde a materiales con contenido reciclado⁶⁸.
- **PROYECTO EDIFICIO INCOLMOTOS YAMAHA MEDELLÍN**

El edificio de oficinas se construyó en Girardota, Antioquia en un área de 6.601 m², acoge 200 empleados y recibió la certificación *LEED*Gold en el año 2013 en la categoría nuevas construcciones⁶⁹.

El diseño del edificio logró que el 76% de los espacios puedan ser iluminados naturalmente durante el día. Como complemento, mediante un sistema automático que controla y regula la intensidad lumínica lograron una eficiencia 56% mayor en comparación al consumo de una edificación de oficinas tradicional⁷⁰.

En cuanto al confort térmico, implementaron módulos con vidrios *Low E* con cámara de aire que contribuyen a preservar la temperatura interna y filtros UV,

⁶⁷ *Ibíd.*

⁶⁸ *Ibíd.*

⁶⁹ CCCS. Incolmotos Yamaha arquitectos e ingenieros asociados AIA [en línea] disponible en: <http://www.cccs.org.co/estudios-de-caso/proyectos/490-incolmotos-yamaha-arquitectos-e-ingenieros-asociados-aia>

⁷⁰ *Ibíd.*

ahorrando energía en aire acondicionado y permitiendo la entrada de luz natural en la mayoría del espacio⁷¹.

Además implementó un sistema fotovoltaico de 35 kWp conectado a la red que genera el 15% del consumo eléctrico del edificio. La generación anual proyectada es de 46,9 MWh / año, mediante la cual se dejan de emitir 180 libras de CO₂ al día⁷².

El edificio posee una red secundaria hidráulica que acumula las aguas lluvias de las terrazas, siendo utilizada en baños y lavamanos. La grifería y los aparatos sanitarios son equipos de bajo consumo. Conjuntamente estas estrategias han logrado una reducción de 69% en el consumo de agua potable⁷³.

El 25% de los materiales fueron de la región optimizando los costos de transporte y promoviendo la economía local⁷⁴.

- **PROYECTO TORRE T3, CIUDAD EMPRESARIAL SARMIENTO ANGULO BOGOTÁ**

La Torre T3 es un edificio de oficinas ideado como un edificio bioclimático y diseñado bajo los parámetros de arquitectura sostenible, fue certificado *LEED Silver* en el año 2013. Su diseño arquitectónico es en forma de L, dando como solución dos edificaciones independientes de 10 pisos cada una (Torre A y Torre B), incorporadas por tres sótanos, los dos primeros pisos y la cubierta⁷⁵.

⁷¹ *Ibíd.*

⁷² *Ibíd.*

⁷³ *Ibíd.*

⁷⁴ *Ibíd.*

⁷⁵ CCCS Torre T3 Certificación Leed estudio de caso [en línea] disponible en: <http://www.cccs.org.co/estudios-de-caso/proyectos/520-torre-t3-certificacion-leed-estudio-de-caso>

En la Torre T3 para cumplir los requerimientos de eficiencia energética, se diseñó de tal forma que permite que los espacios tengan el 75% de luz natural y con el manejo de controles de iluminación permiten crear un ambiente con iluminación uniforme en todos los espacios; el diseño con doble altura de algunos espacios, así como el jardín interior, permiten que el edificio pueda ser ventilado de manera natural, también las áreas verdes de la zona ayudan a mitigar el efecto de isla de calor, permitiendo una reducción del consumo energético del 21% respecto a la línea base de rendimiento⁷⁶.

Otros logros obtenidos en este proyecto son: 50% en reducción de aguas residuales, manejo mejorado de los refrigerantes, minimizando el impacto en la capa de ozono⁷⁷.

- **RUTA N EDIFICIO PÚBLICO MEDELLÍN**

La edificación Ruta N fue el primer edificio público con certificación LEED en Colombia, se certificó como LEED Gold en mayo 2014 en la categoría nuevas construcciones⁷⁸.

El complejo de Ruta N compuesto por las Torres A y B cuenta con parqueaderos preferenciales para autos de baja emisión y consumo eficiente de combustible y para automóviles de servicio compartido (carpooling) reduciendo las emisiones por movilidad⁷⁹.

⁷⁶ *Ibíd.*

⁷⁷ *Ibíd.*

⁷⁸ CCCS Ruta N primer edificio público con certificación Leed en Colombia [en línea] disponible en: <http://www.cccs.org.co/estudios-de-caso/aplicaciones/548-ruta-n--primer-edificio-publico-con-certificación-leed-en-Colombia>

⁷⁹ *Ibíd.*

En cuanto a eficiencia energética implementaron sistemas de aire acondicionado e iluminación de alta eficiencia, para garantizar el confort térmico logrando una reducción del consumo de energía eléctrica del 34%⁸⁰.

Para ahorrar agua instalaron aparatos sanitarios de especificaciones de bajo consumo y se logró reducir el consumo de agua potable en 72% en comparación con un proyecto convencional. El complejo de torres cuenta con el 37% del espacio vegetado, contribuyendo a la disminución de la temperatura en las torres⁸¹.

- **NUEVA SEDE ISAGEN MEDELLIN**

La nueva sede de Isagen cuenta con un área construida aproximada de 25.000 m², sobre un terreno de 10.000 m², tiene siete pisos de oficinas, áreas comunes y de servicios (con 770 puestos de trabajo y 45 salas de reuniones) seis pisos de parqueaderos (281 parqueaderos para automóviles y 53 para bicicletas). Esta edificación recibió la certificación LEED en Categoría Gold para nuevas construcciones en diciembre 2013⁸².

En la fachada del bloque de parqueaderos cuenta con un muro vegetal que cubre los seis pisos y que remata en su techo con una terraza verde; igualmente la terraza del edificio de oficinas, adjunto al anterior, es una terraza verde, los cuales contribuyen a la climatización natural de los espacios⁸³.

Para la eficiencia energética se previó desde el diseño el aprovechamiento de la luz natural a través de tres lucernarios localizados en la terraza del edificio de oficinas, se integraron luminarias de alta eficiencia y se dispuso de un sistema

⁸⁰ Ibíd.

⁸¹ Ibíd.

⁸² ISAGEN. Certificación LEED categoría ORO ISAGEN [en línea] disponible en: https://www.isagen.com.co/comunicados/Certificacion_LEED_categoria_ORO_ISAGEN.pdf

⁸³ Ibíd.

automatizado de control de iluminación que incluye el control de cortinas del edificio sincronizado con reloj astronómico⁸⁴.

También lograron eficiencias en el consumo de energía a través de la distribución del aire acondicionado por piso falso en las zonas de oficinas y con la selección de equipos electromecánicos de alta eficiencia. Se incluyó el uso de ascensores que regeneran energía, la instalación de paneles solares que ayudan a suplir parte de la demanda energética del edificio y el uso de lámparas solares para la iluminación externa del edificio⁸⁵.

Con las soluciones anteriores lograron un 25% de ahorro de energía, 59% de ahorro de la iluminación del edificio comparado con la base americana y un 3% de la energía necesaria por el edificio es producida por el sistema de energía fotovoltaica⁸⁶.

Para optimizar el consumo de agua, se dispuso de una planta para el tratamiento de aguas lluvias que utiliza sistemas hidrosanitarios altamente eficientes, aseo, sistema de extinción de incendio y sistema de riego, logrando un 80,9% en la reducción del consumo de agua potable por parte del edificio⁸⁷.

El 24,7% de los materiales fueron adquiridos en el mercado regional, el 23,5% de los materiales utilizados en la construcción de la nueva sede son de origen reciclado y cuenta con un sistema de gestión de residuos⁸⁸.

⁸⁴ Ibíd.

⁸⁵ Ibíd.

⁸⁶ Ibíd.

⁸⁷ Ibíd.

⁸⁸ Ibíd.

- **EDIFICIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA I UIS BUCARAMANGA.**

Este edificio se encuentra ubicado en la Universidad Industrial de Santander en Bucaramanga (Santander), cuenta con un área construida aproximada de 3300 m² y acoge una población estudiantil cercana a los 1700 estudiantes. Aunque esta edificación no cuenta con certificación *LEED*, se destaca por la apropiación regional y uso de herramientas de simulación energética, así como la implementación de aplicaciones energéticas sostenibles⁸⁹.

Para la implementación de aplicaciones energéticas fue necesario el reforzamiento estructural del edificio, lo cual permitió la instalación de una cubierta verde, tubos solares, ventilación natural, iluminación natural y climatización híbrida, permitiendo ahorros aproximados del 60% en el consumo energético⁹⁰.

Se diseñó un sistema para el uso racional del agua a partir de la captación y reutilización de aguas lluvias y servidas claras, la selección de componentes de nulo y bajo consumo, complementándose con la instalación de fluxómetros de doble descarga, aireadores y orinales secos. Este sistema redujó el consumo de agua potable en el 50%⁹¹.

- **TORRE MAYOR CIUDAD DE MÉXICO.**

Este proyecto cuenta con un área total construida aproximada de 129.885 m², tiene 55 pisos, más 13 pisos para estacionamiento y un helipuerto y recibió el certificado *LEED Gold* en el año 2013, en la categoría edificios existentes⁹².

⁸⁹ G. A. OSMA PINTO, Uso racional de la energía a partir del diseño de aplicaciones sostenibles en el edificio eléctrica II de la Universidad Industrial de Santander. Proyecto de Maestría. Bucaramanga: 2011, pp. 1-253.

⁹⁰ *Ibíd.*

⁹¹ *Ibíd.*

⁹² ILUMINET Certificación LEED Ebom torre mayor [en línea] disponible en: <http://www.iluminet.com/certificacion-leed-ebom-torre-mayor/>

Este edificio es el más alto de México y el segundo más alto de Latinoamérica, está ocupado por 70 empresas y 9.000 empleados, recibe a 2.000 visitantes diarios, fue diseñado para resistir un terremoto de 8,5 grados de magnitud⁹³.

Para identificar las alternativas aplicables de eficiencia energética, se realizó un diagnóstico del consumo del edificio, se identificaron las áreas con mayor circulación y ocupación. Se evidenció que el mayor consumo energético correspondía al aire acondicionado, en segundo lugar la iluminación y del uso excesivo de los elevadores⁹⁴.

La iluminación se cambió por equipos más eficientes, programaron los tiempos de encendido para reducir el gasto de energía a través de sistemas de control⁹⁵.

El edificio es administrado por el Building Management System (BMS), un sistema inteligente que controla todas las instalaciones y equipos de forma eficiente para garantizar el confort y reducir los costos operativos. Los sistemas integrados son: eléctrico, hidrosanitario, de elevadores y protección contra incendio y puede atender las necesidades de cada arrendatario, tales como lectura de tarjetas de seguridad y control de iluminación⁹⁶.

Para hacer uso eficiente del agua cambiaron las baterías sanitarias regulares por baterías de bajo consumo, se redujo el consumo de agua en 30%; para el manejo de residuos se realizó una auditoría de la basura para saber cuánto desperdicio se producía y realizar clasificación y reciclaje de los residuos⁹⁷.

⁹³ Ibíd.

⁹⁴ Ibíd.

⁹⁵ Ibíd.

⁹⁶ Ibíd.

⁹⁷ Ibíd.

Para el desplazamiento en la torre mayor que mide 225 metros de altura, se cuenta con 29 ascensores de alta velocidad, que minimizan los tiempos de espera y recorrido de empleados y visitantes⁹⁸.

La torre mayor dispone de los siguientes sistemas:

- Sistema de generación y distribución de agua helada, ahorrador de energía.
- Sistema de volumen variable de aire (unidades manejadoras de aire y preparaciones de ductos de alta velocidad en cada nivel de oficinas).
- Sistema de extracción sanitarios generales en cada nivel de oficinas.
- Sistema de ventilación mecánica de aire automático en estacionamientos.
- Sistema de extracción mecánica del cuarto de basura.
- Sistema de acondicionamiento de aire automático tipo mini-split para cuarto de control, administración, venta y sala de juntas⁹⁹.

- **ESTADIOS COPA MUNDIAL DE FÚTBOL BRASIL 2014**

Brasil es el quinto país con más edificaciones con certificación *LEED* en el mundo¹⁰⁰

El estadio Maracanã es el más grande de America del Sur, obtuvo la certificación *LEED*Silver. Otros estadios con certificación *LEED*son el Estadio Castelao en Fortaleza, Estadio Fonte Nova en Salvador, Arena da Amazônia en Manaus y la Arena Multiuso en Recife. Incluyen características tales como: paneles fotovoltaicos en el techo, reservorios de agua lluvia, la recolección y selección de residuos¹⁰¹.

⁹⁸ *Ibíd.*

⁹⁹ *Ibíd.*

¹⁰⁰ USGBC Us Green building council announces leed certification world cup stadiums [en línea] disponible en: <http://www.usgbc.org/articles/us-green-building-council-announces-leed-certification-world-cup-stadiums>

¹⁰¹ *Ibíd.*

- **EDIFICIO REAL DIEZ PERÚ**

El Edificio Real Diez se encuentra localizado en el distrito de negocios de San Isidro de Lima y es propiedad de Inversiones Centenario. Después del Cairo, Lima es la segunda mayor ciudad del mundo ubicada en un desierto y por esta razón, se dio especial importancia al consumo de agua. Este edificio fue el primero en recibir la certificación *LEED* Silver en la categoría de edificaciones existentes en el Perú¹⁰².

Para el ahorro de agua se implementó la instalación de aireadores en todos los grifos, instalación de cabezales de ducha de bajo flujo, diseño y aplicación de técnicas de jardines que se basó en el uso de plantas nativas y jardines secos, dando como resultado un ahorro de agua del 24%. También realizó estacionamientos para bicicletas, implementó políticas para no fumar, limpieza sostenible y reciclaje¹⁰³.

- **EDIFICIO OFICINAS ENNE ARQUITECTOS ECUADOR.**

La oficina de ENNE Arquitectos es el primer proyecto de certificación *LEED* en el Ecuador y ganador de la campaña del *USGBC LEED* tierra¹⁰⁴.

ENNE Arquitectos adoptó el desafío de la reparación de un antiguo edificio abandonado, situado en el barrio la Granda Centeno en Quito, Ecuador. La rehabilitación inició con la conservación del primer piso de una antigua fábrica de chocolate para instalar la nueva oficina de ENNE Arquitectos¹⁰⁵.

¹⁰² USGBC Perus fistd leed certified existing building projects [en línea] disponible en: <http://www.usgbc.org/articles/perus-first-leed-certified-existing-building-project>

¹⁰³ *Ibíd.*

¹⁰⁴ USGBC Ecuador proves leed posible most recent leed earth winner [en línea] disponible en: <http://www.usgbc.org/articles/ecuador-proves-leed-possible-most-recent-leed-earth-winner>

¹⁰⁵ *Ibíd.*

En términos generales las aplicaciones energéticas de este ejemplo estuvieron orientadas a los diseños arquitectónicos sostenibles, mobiliarios y materiales adecuados maximizando el uso de la luz y ventilación natural para disminuir la cantidad de equipos consumidores energía eléctrica, obteniendo un ahorro del 30%. Se adicionó un sistema de renovación de aire mecánico en las ventanas del edificio para realizar el control del confort térmico requerido.

Para lograr la reducción del uso de agua seleccionaron piezas de baño eficientes. Se instaló un sistema de riego que cae en el interior de la pared verde. Este proceso inicia con la recolección de agua lluvia por la pérgola de policarbonato, esta agua riega la vegetación de la pared verde y luego va a un estanque que se utiliza como reservorio y es también el hábitat de los peces¹⁰⁶.

A continuación se realiza un cuadro comparativo de las edificaciones verdes con sus soluciones energéticas implementadas y el porcentaje de ahorro del consumo de energía eléctrica y consumo de agua. En la mayoría de las implementaciones predomina el aprovechamiento de la iluminación y la ventilación natural para disminuir el consumo de energía eléctrica, mientras para economizar el consumo de agua, sobresale el aprovechamiento del agua lluvia y aguas grises para riego y sistemas sanitarios, entre otros.

¹⁰⁶ *Ibíd.*

Tabla 6. Consolidado de edificaciones verdes

EDIFICACIONES VERDES	Descripción de las aplicaciones	Ahorro energético	Ahorro agua
Homecenter Manizales	Sistema de control de iluminación con sensores que detectan los niveles de luz y gradúan la intensidad de las lámparas	25%	52%
	Implementación de sistemas de riego, baños y la recolección de 10.000 m ³ de aguas lluvias.		
Homecenter Bucaramanga	Sistema de automatización con sensores de luminosidad que regulan las luminarias y con la construcción de una lucarna de extracción de aire caliente.	33%	45%
	Sistema de recolección de aguas lluvias que puede acumular 10.000 m ³ de agua al año la cual se utiliza en sanitarios, riego y lavados, se complementó con orinales secos y grifería de bajo consumo.		
Banco GNB Sudameris Bogotá	Sistema automático que integra los niveles de iluminación natural y demanda de los usuarios mediante el uso de sensores de ocupación y la programación de horarios	32%	59%
	Sistema de recolección y tratamiento de aguas lluvias, el cual se encarga de suplir el riego del edificio, los sanitarios y orinales de alta eficiencia.		
Incolmotos Yamaha Medellín	Sistema automático que controla y regula la intensidad lumínica y un sistema fotovoltaico que genera el 15% del consumo eléctrico del edificio	56%	69%
	Red secundaria hidráulica que acumula las aguas lluvias de las terrazas, siendo utilizada en baños y lavamanos. La grifería y los aparatos sanitarios son equipos de bajo consumo.		
Ruta N Edificio Público Medellín	Sistemas de aire acondicionado e iluminación de alta eficiencia	34%	72%
	Instalación de aparatos sanitarios de especificaciones de bajo consumo		
Nueva Sede ISAGEN Medellín	Sistema automatizado de control de iluminación y control de cortinas del edificio sincronizado con reloj astronómico y un sistema de energía fotovoltaica que genera 3% de la energía necesaria por el	25%	81%
	Planta para el tratamiento de aguas lluvias que utiliza sistemas hidrosanitarios altamente eficientes, aseo, sistema de extinción de incendio y sistema de		
Edificio de Ingeniería Eléctrica II UIS Bucaramanga	Instalación de una cubierta verde, tubos solares, ventilación natural, iluminación natural y climatización híbrida	60%	50%
	Captación y reutilización de aguas lluvias y servidas claras		
Edificio Oficinas ENNE Arquitectos Ecuador	Maximizan el uso de la luz y ventilación natural para disminuir la cantidad de equipos consumidores energía eléctrica	30%	---

3. ESTUDIO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO PRINCIPAL DE ESSA

Se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones para los cálculos de consumo de energía de los diferentes equipos eléctricos:

- En el edificio administrativo de ESSA normalmente se labora en el horario de 7:00 a.m. a 12:00 m. y de 2:00 p.m. a 6:00 p.m., nueve horas al día de lunes a viernes dando al mes veintidós (22) días laborales.
- Las variaciones que se encuentran en el consumo mensual de energía eléctrica del edificio principal de ESSA se deben principalmente a que cada empleado toma su periodo de vacaciones, conforme su necesidad previa planeación y aprobación del área a la cual pertenece (no se tienen vacaciones colectivas porque se debe garantizar la prestación permanente del servicio de energía eléctrica a la comunidad).

Se describe a continuación la información base que se utilizó para analizar las características de consumo de energía eléctrica en el edificio principal de ESSA.

3.1 TIPOS DE CARGAS EN EL EDIFICIO ESSA

En esta sección se mencionan los equipos de mayor consumo de energía eléctrica en el edificio principal de ESSA. Ver imágenes en ANEXO A. EQUIPOS DE MAYOR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL EDIFICIO PRINCIPAL DE ESSA.

3.1.1 Tipos de aire acondicionado en ESSA. El funcionamiento de los equipos de aire acondicionado depende de las unidades interiores y las unidades exteriores. Las unidades interiores son los equipos que se encuentran en las oficinas y generan confort en cada área de uso, se encargan de entregar el aire fresco. Las unidades exteriores se encuentran en la mayoría de los casos a la intemperie y su función es sacar el aire caliente y procesar para generar aire fresco.

En las oficinas del edificio principal de ESSA existen tres tipos de aires acondicionados:

- Tipo Mini Split.
Se tienen 17 equipos con una carga total instalada de 408 kBTU/h o de 119,57 kW.
- Tipo Mini Split piso-techo.
Se tienen 56 equipos con una carga total instalada de 3360 kBTU/h o de 984,72 kW.
- Tipo Cassette Hidrónico.
Se tienen 29 equipos con una carga total instalada de 1392 kBTU/h o de 407,95 kW.

3.1.2 Tipos de computadores en ESSA. El consumo de energía de un equipo de cómputo depende de la actividad del procesador.

En las oficinas del edificio principal de ESSA existen dos tipos de equipos de cómputo:

- Computador de escritorio.
Se tienen 255 computadores de escritorio con una carga total instalada de 51 kW.

- Computador portátil.
Se tienen 185 computadores portátiles con una carga total instalada de 9,25 kW.

3.1.3 Tipos de luminarias en ESSA. En las oficinas del edificio principal de ESSA existen tres tipos de luminarias, así:

- Luminaria ahorradora de energía de 32 W.
Se tienen 75 luminarias ahorradoras de energía con una carga total instalada de 2,40 kW.
- Luminaria fluorescente de 4x32 W.
Se tienen 470 luminarias de este tipo con una carga total instalada de 60,16 kW.
- Luminaria fluorescente de 2x32 W.
Se tienen 56 luminarias de este tipo con una carga total instalada de 3,58 kW.

En la Tabla 6 se muestra la cantidad de equipos de aire acondicionado, de cómputo y luminarias que hay en el edificio principal de ESSA.

3.2 EQUIPOS DE MEDIDA INSTALADOS PARA REGISTRO DE DATOS

Como no fue posible medir circuitos independientes de iluminación, de equipos de cómputo o de equipos de aire acondicionado, se optó por medir aguas abajo de cada transformador para tener el consumo total de energía eléctrica del edificio principal de ESSA.

Se midió el consumo de energía eléctrica de cada tipo de luminaria, equipo de cómputo y aire acondicionado para determinar el consumo de energía diario y mensual y así poder estimar con el total de equipos según tabla 6, el total de la energía eléctrica consumida por tipo de elemento y el peso respecto al consumo total del edificio registrado en los medidores dispuestos para tal fin.

Sólo se tomaron estos tres elementos para el análisis dado que representan el mayor consumo de energía eléctrica del edificio como se aprecia en el numeral 3.5.3 Participación del consumo de energía eléctrica en las cargas de ESSA.

3.2.1 En los transformadores en ESSA. Aunque existían medidores de energía instalados, se realizó el cambio por medidores con perfil de carga para registrar con mayor detalle las variables requeridas, con el fin de obtener la característica de los consumos de energía de los diferentes circuitos asociados a los transformadores existentes. (Ver Anexo B. CARACTERÍSTICAS EQUIPOS DE MEDIDA).

Medidores ELSTER instalados con opción de teledatada y análisis con perfiles de carga.

Figura 1. Medidores Elster.



3.2.2 En aire acondicionado en ESSA. Se instaló el analizador de redes marca FLUKE, Referencia: FLUKE 435 Serie II Power Quality Analyzer, en las salidas de los circuitos de aire acondicionado para validar, comparar y validar el peso del consumo de energía eléctrica con respecto al consumo de energía eléctrica de los computadores y de la iluminación. (Ver Anexo B. CARACTERÍSTICAS EQUIPOS DE MEDIDA).

Este equipo es de última tecnología adquirido por ESSA para el equipo de calidad del servicio. Con este equipo se tiene la facilidad de medir tensiones, corrientes, potencia activa, reactiva y aparente, frecuencia, armónicos hasta el 50° y factor de potencia entre otras funciones.

3.2.3 Medida de consumo de energía eléctrica a luminaria y equipo de cómputo en ESSA. Para medir el consumo de energía eléctrica de una luminaria, un computador de escritorio y un computador portátil se utilizaron medidores trifásicos como se observa en la figura siguiente.

Las características de estos equipos de medida se encuentran en el Anexo B. CARACTERÍSTICAS EQUIPOS DE MEDIDA.

Figura 2. Instalación medidor trifásico para medir energía consumida de las diferentes cargas.



3.3 CARACTERIZACIÓN DE CARGAS

3.3.1 Inventario de carga en el edificio principal ESSA. En la siguiente tabla se muestra el inventario de las cargas existentes más representativas en el edificio.

Tabla 7. Inventario de carga edificio ESSA.

OFICINAS	No. Luminarias de 4 tubos x 32 W	No. Luminarias de 2 tubos x 32 W	No. Luminarias Ahorrador x 32 W	Computador Portatil	Coputador Escritorio	Equipo de Aire "Cassette Hidrónico"	Equipo de Aire "Mini Split Piso techo"	Equipo de Aire "Mini Split"	Impresoras
Administrativa	132		12	66	51	27			7
Sistemas	29						3		
Archivo		22						1	
Sotano	70		11	36	39		8	2	2
1er Piso	122		16	41	64		20	1	8
2° Piso	110		8	42	101		25	2	3
Activos Fijos		34						4	1
Enfermería	7							3	
Parqueadero			28			2		4	
TOTAL	470	56	75	185	255	29	56	17	21

3.3.2 Participación de los equipos de mayor consumo de energía en ESSA.

Se compararon las luminarias, los equipos de cómputo y los equipos de aire acondicionado, como los elementos de mayor peso en el consumo de energía eléctrica del edificio de ESSA.

Esta participación es en base a la potencia total instalada en cada uno de los equipos y se compararon por separado: las luminarias con tres tipos, los computadores con dos tipos y los equipos de aire acondicionado con tres tipos, los cuales se pueden observar en las siguientes figuras.

Figura 3. Tipos de iluminación.



Figura 4. Tipos de computadores.

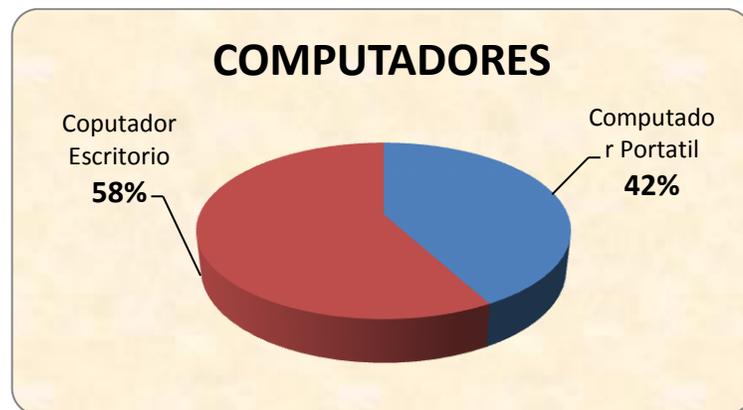
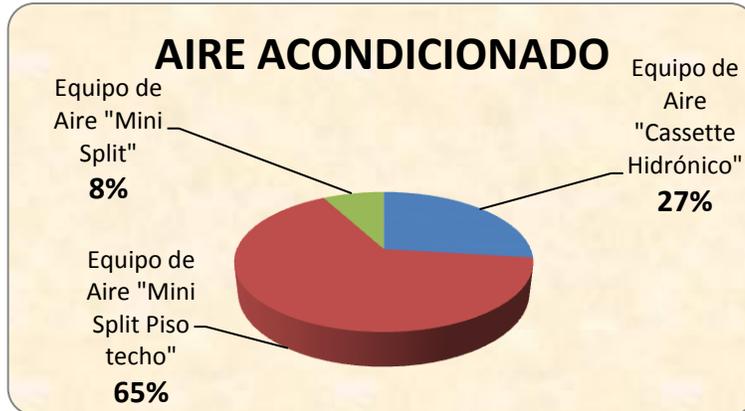


Figura 5. Tipos de aire acondicionado.



3.3.3 Curva característica

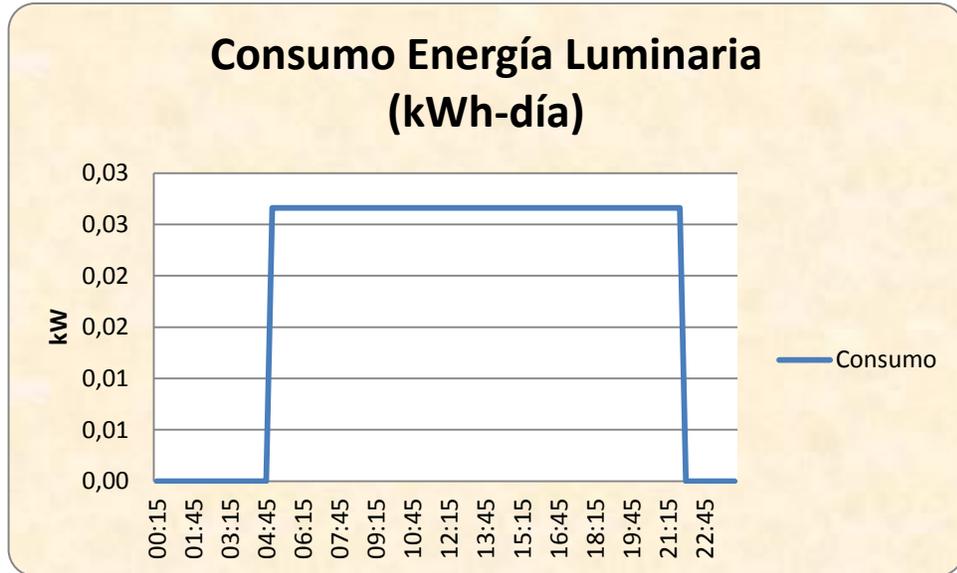
3.3.3.1 Para una Luminaria fluorescente 4 x 32 W – T8. Se midió el consumo de energía eléctrica a una luminaria fluorescente de 4x32 W-T8 y estos son los resultados:

Tabla 8. Consumo de energía de una luminaria fluorescente 4x32 W – T8.

# Luminaria	Consumo Total (kWh) Día	Consumo Total (kWh) Mes
1	1,8	39,6

En la siguiente figura se observa el comportamiento característico en un día de una luminaria fluorescente de 4x32 W-T8. Las luminarias en ESSA permanecen encendidas desde las 5:00 a.m. hasta las 10:00 p.m., 22 días en el mes.

Figura 6. Curva consumo de energía de una luminaria 4x32 W – T8.



Como este tipo de luminaria es la que tiene mayor peso en el consumo de energía eléctrica en el edificio de ESSA comparada con los otros dos tipos, se estima con el total de las luminarias del mismo tipo para obtener el consumo en un mes.

Tabla 9. Consumo energía de todas las luminarias de 4x32 W – T8.

# Luminaria	Consumo Individual (KWh) Día	Consumo Total (kWh) Día	Consumo Total (kWh) Mes
601	1,8	1.081,8	23.799,6

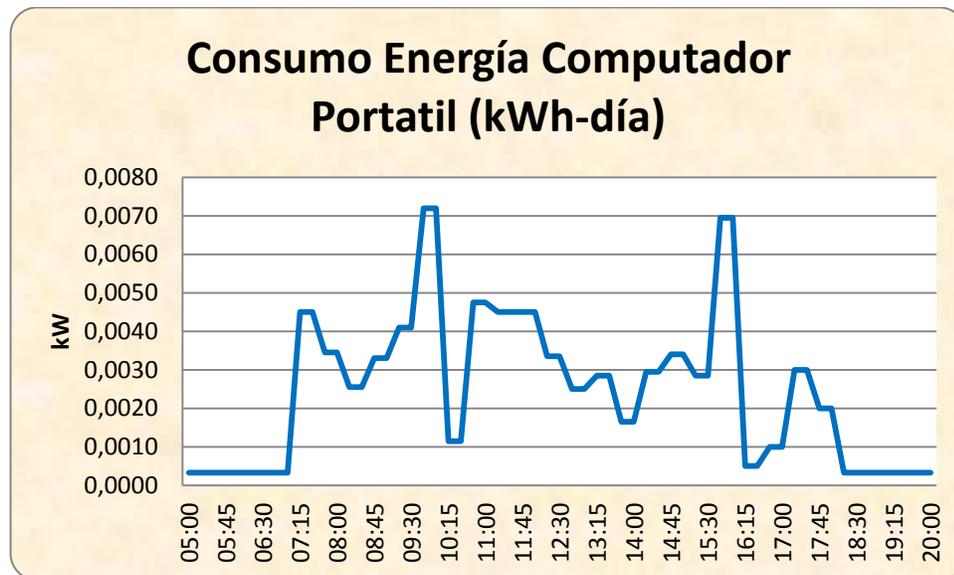
3.3.3.2 Computador portátil. Se midió el consumo de energía eléctrica de un computador portátil y estos fueron los resultados:

Tabla 10. Consumo energía de un computador portátil.

# Computadores Portatil	Consumo Total Computador (KWh) Día	Consumo Total Computador (KWh) Mes
1	0,16	3,52

En la siguiente figura se observa el comportamiento característico de un computador portátil durante el día. Estos equipos tienen un consumo normal por la jornada laboral en ESSA de 9 horas al día y 22 días en el mes.

Figura 7. Curva consumo de energía de un computador portátil.



Con los datos anteriores se tiene el consumo total de energía eléctrica de todos los computadores portátiles durante el mes.

Tabla 11. Consumo total de energía del computador portátil.

# Computadores Portatil	Consumo Individual (KWh) Día	Consumo Total Computador (KWh) Día	Consumo Total Computador (KWh) Mes
185	0,16	29,60	651,20

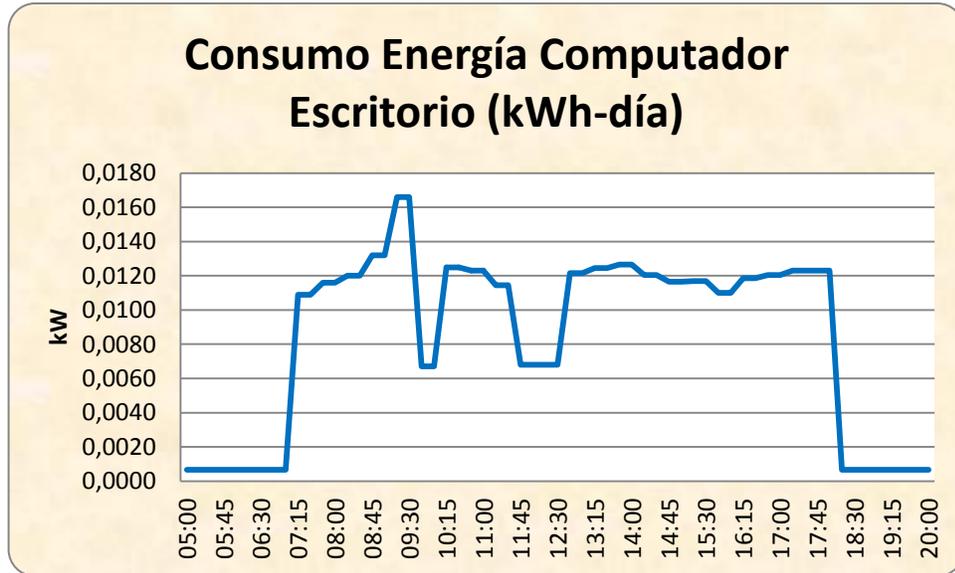
3.3.3.3 Computador de escritorio. Se midió el consumo de energía eléctrica de un computador de escritorio durante un día y estos fueron los resultados:

Tabla 12. Consumo energía de un computador de escritorio.

# Computadores Escritorio	Consumo Total Computador (KWh) Día	Consumo Total Computador (KWh) Mes
1	0,54	11,88

En la siguiente figura se observa el comportamiento característico de un computador de escritorio durante el día. Estos equipos tienen un consumo normal por la jornada laboral en ESSA de 9 horas al día y 22 días en el mes.

Figura 8. Curva consumo de energía de un computador escritorio.



Con los datos anteriores se tiene el consumo total de energía eléctrica de todos los computadores de escritorio durante el mes.

Tabla 13. Consumo total de energía de los computadores de escritorio.

# Computadores Escritorio	Consumo Individual (KWh) Día	Consumo Total Computador (KWh) Día	Consumo Total Computador (KWh) Mes
255	0,54	137,70	3.029,40

Analizando el consumo de energía eléctrica de los dos tipos de computadores en un día se puede observar que el computador de escritorio consume al día 3,4 veces lo que consume un computador portátil.

Tabla 14. Consumo diario de energía eléctrica de un computador portátil y de escritorio.

Equipo de Computo	Consumo Diario kWh
PORTATIL	0,16
FJO	0,54

Consumo total estimado de los 440 computadores tanto de escritorio como portátiles es de 3680,6 kWh-mes, teniendo una mayor participación el computador de escritorio con un 82,3%. Ver tabla siguiente.

Tabla 15. Participación consumo de energía total mes, entre computador portátil y de escritorio.

Equipo de Cómputo	Número de Equipos	Consumo Total (KWh) Mes	% Del Total del Consumo de Energía de los Computadores
PORTATIL	185	651,2	17,7%
FJO	255	3.029,4	82,3%
Total	440	3680,6	100,0%

3.3.3.4 Para un equipo de aire acondicionado mini Split piso-techo. Se midió el consumo de energía eléctrica de una unidad de aire acondicionado mini Split piso-techo, debido a que este equipo es el de mayor potencia instalada, comparada con los otros dos tipos de uso en ESSA.

En la siguiente figura se observa el comportamiento de la potencia activa y reactiva durante 9 días, además se puede apreciar que el día sábado y domingo la potencia es muy pequeña, cercana a cero.

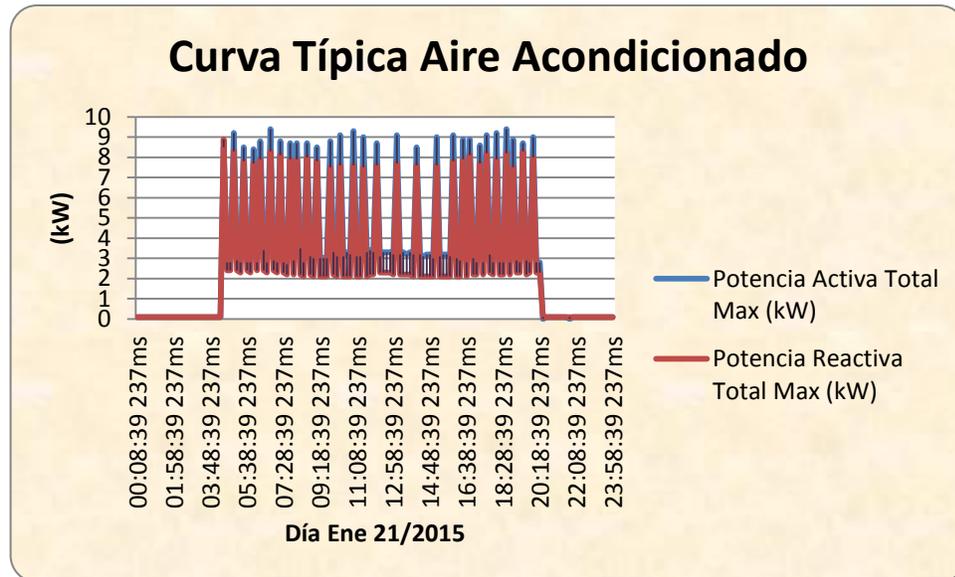
Figura 9. Consumo de energía del aire acondicionado.



En la siguiente figura se observa el comportamiento característico de un equipo de aire acondicionado durante el día. Estos equipos están funcionando desde las 5 a.m. hasta las 8 p.m. y 22 días en el mes.

En la curva obtenida mediante el analizador de redes se observa que estos equipos de aire acondicionado están en continuo encendidos y apagados.

Figura 10. Curva consumo de energía de un equipo aire acondicionado.



En la siguiente tabla se observa el consumo diario de energía eléctrica de energía activa y reactiva de una unidad de aire acondicionado del edificio principal de ESSA, estos valores son el promedio del consumo máximo de este equipo.

Tabla 16. Consumo de energía diario promedio de un equipo de aire acondicionado.

Energía activa Total Max Promedio (kWh-Día)	40,8
Energía Reactiva Total Max Promedio (kVARh-Día)	30,8
F.P	0,80

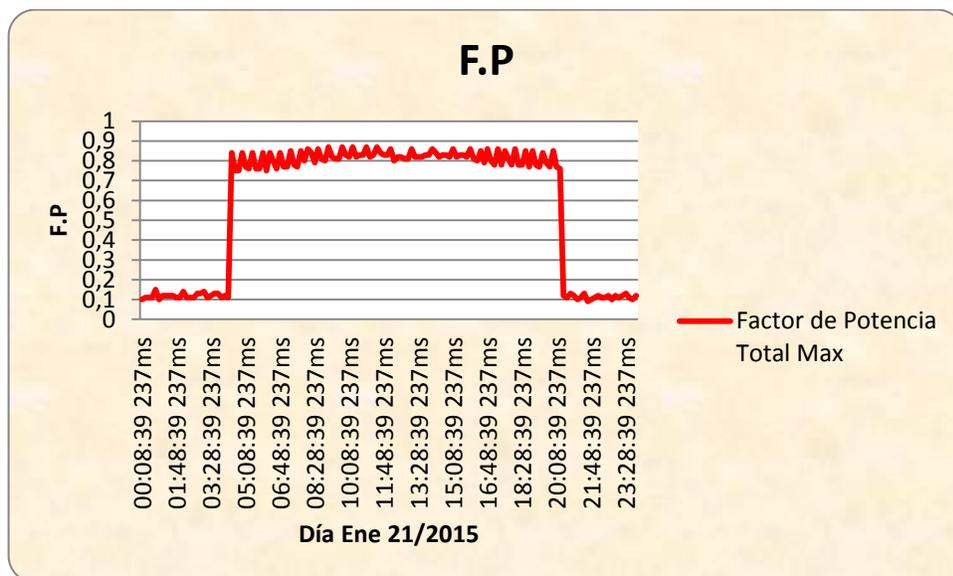
Con esta potencia activa de 40.8 kWh-día, se analiza para cada equipo de aire acondicionado el consumo diario y el consumo mensual, según tabla siguiente.

Tabla 17. Consumo de energía diario de un equipo de aire acondicionado.

# EQUIPOS	Consumo Total (KWh) Día	Consumo Total (KWh) Mes
1	40,8	897,6

Un equipo de aire acondicionado está consumiendo en el mes 897.6 kWh-mes y con un F.P 0,8 como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 11. Curva típica de F.P de la unidad de aire acondicionado monitorizada.



Todos los equipos instalados de aires acondicionados en el edificio principal de ESSA tienen un consumo de energía eléctrica de 91,55 MWh-mes

Tabla 18. Consumo total del sistema de aire acondicionado.

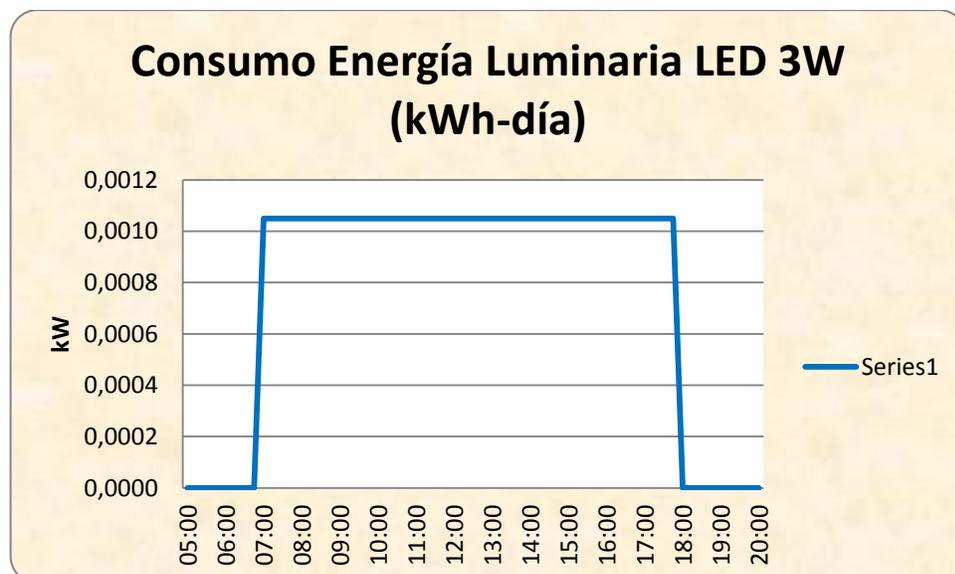
# EQUIPOS	Consumo Individual (KWh) Día	Consumo Total (KWh) Día	Consumo Total (KWh) Mes
102	40,8	4.161,6	91.555,2

3.3.3.5 Para una luminaria LED de 3W. Se analizó el comportamiento diario del consumo de energía eléctrica de una luminaria LED de 3W, debido a la recomendación del estudio realizado por el equipo de salud ocupacional con la ayuda de ARL SURA empresa administradora de riesgos laborales y estos fueron los resultados:

Tabla 19. Consumo de energía en una luminaria LED de 3W.

# Luminaria	Consumo Total (kWh) Día	Consumo Total (kWh) Mes
1	0.05	1.1

Figura 12. Curva consumo energía luminaria LED 3W.



El número de puestos de trabajo en oficina es de 440, por tal se analiza el consumo adicional por estas lámparas para mejorar el nivel de iluminación y se obtiene un consumo de 484 kWh-mes.

Tabla 20. Consumo total de energía luminaria LED 3W.

# Luminaria	Consumo Total (kWh) Día	Consumo Total (kWh) Mes
440	22	484

3.4 RESULTADOS DE LAS MEDICIONES

3.4.1 Medidores instalados en ESSA. En la siguiente tabla se muestra los medidores instalados en ESSA para el registro del consumo de energía eléctrica del edificio, indican el factor multiplicador para la medida, el transformador asociado y su circuito al cual está amarrado.

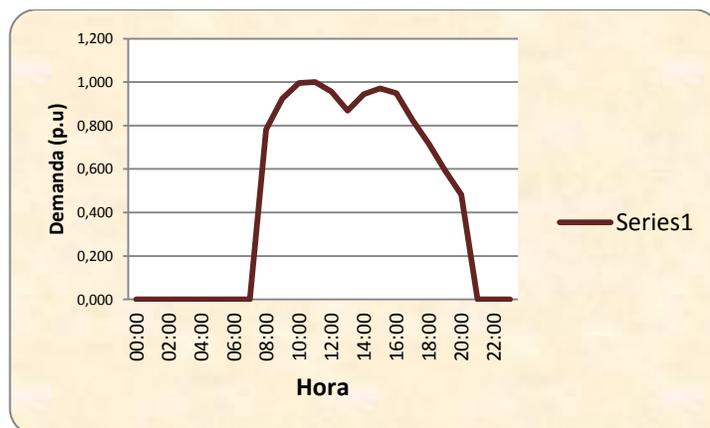
Tabla 21. Medidores instalados en ESSA.

Medidor #	Cuenta	Tipo de Medidor	Cliente	TRF (Cód. EnerGis)
14966525	1143617	Elster A1800	ESSA Principal T1	6107
14953816	1143621	Elster A1800	ESSA Principal T2	6108
14953815	1143624	Elster A1800	ESSA Principal T3	6109
36074971	1143626	SL 7000 Actaris	ESSA Principal T4	6110
12374558	609832	Elster A1800	ESSA Laboratorio	1990
14726727	1188006	Elster A1800	ESSA Sub III	12924

Medidor #	Instalado en Trafo (kVA)	Circuito	Ubicación	Factor Multiplicador (FM)
14966525	112,5	20 502	S/E Occidental	60
14953816	112,5	20 502	S/E Occidental	60
14953815	112,5	20 502	S/E Occidental	60
36074971	112,5	20 502	S/E Occidental	60
12374558	112,5	20 502	S/E Laboratorio	330
14726727	500	20 501	S/E Oriental	300

.En la siguiente figura se observa el comportamiento característico del sector comercial, está curva fue proporcionada por el equipo de trabajo de Planeación de ESSA (Estudio de caracterización de la demanda realizado en 2014).

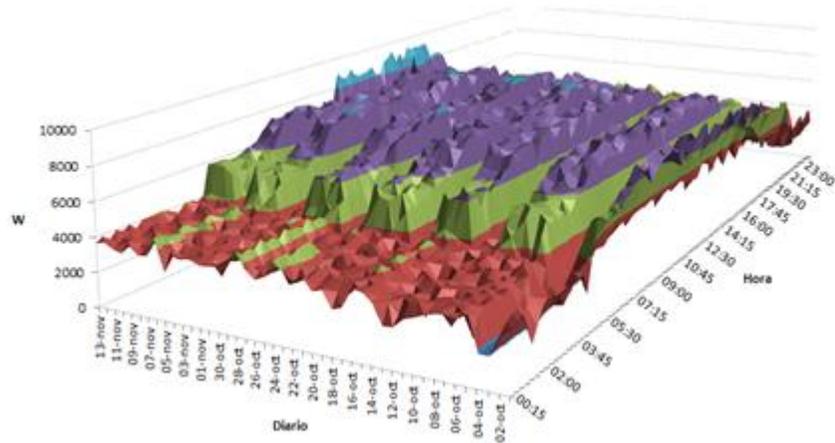
Figura 13. Curva típica sector comercial.



La siguiente figura muestra el comportamiento característico del consumo de energía eléctrica en uno de los seis transformadores instalados en ESSA el cual tiene similitud con la curva típica del sector comercial. Los colores son dados por

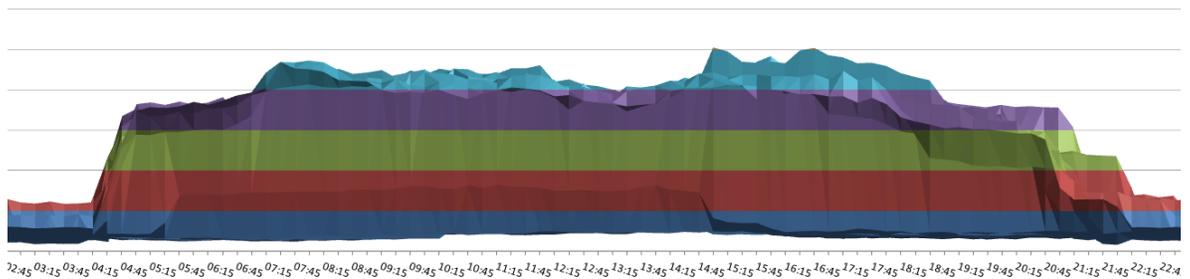
Excel de acuerdo al rango de valores de la columna W, donde se encuentre la medida.

Figura 14. Comportamiento consumo de energía de un transformador visto en 3D.



Este es el comportamiento visto en forma frontal y donde se aprecia su comportamiento similar al comportamiento de la curva típica comercial mencionada anteriormente.

Figura 15. Vista frontal consumo de energía en ESSA.

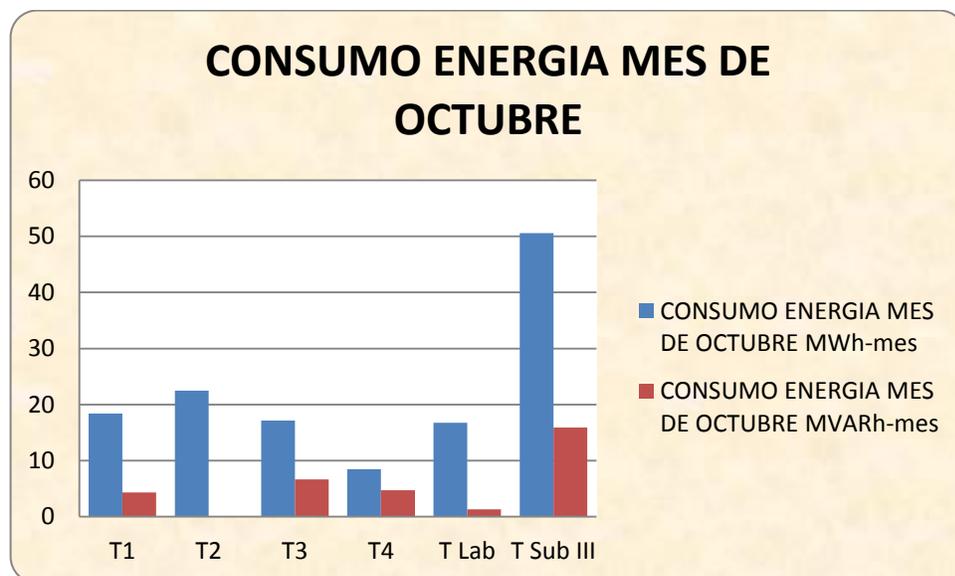


3.4.2 Medidas de Energía en cada uno de los transformadores. La medición de los consumos de energía eléctrica de las cargas conectadas aguas abajo a cada uno de los transformadores del edificio principal de ESSA para el mes de octubre

de 2014 arrojó el siguiente consumo mensual: 133,83 MWh-mes y una energía reactiva de 33,03 MVARh-mes, con un factor de potencia de 0,97 teniendo un comportamiento aceptable.

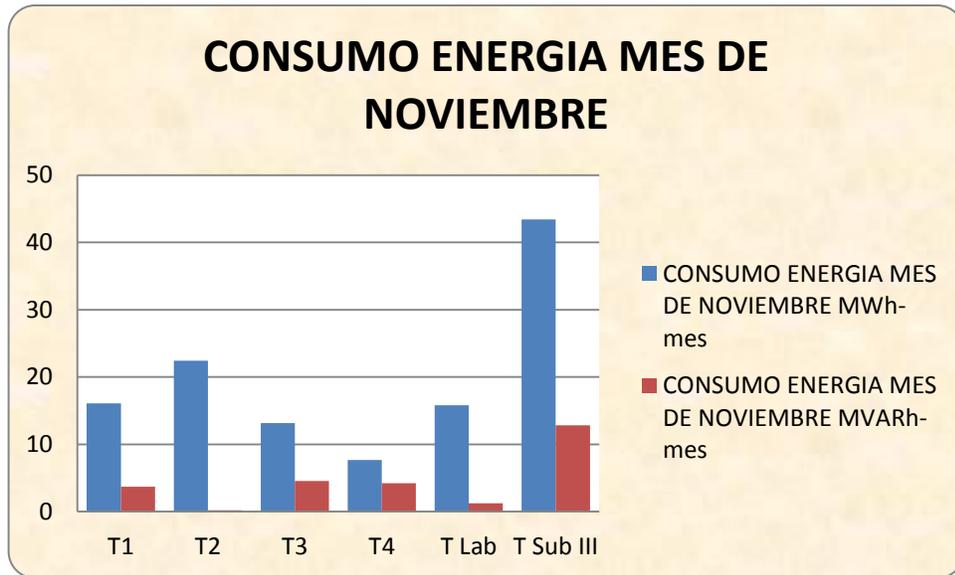
En la siguiente figura se puede apreciar el comportamiento del consumo de energía eléctrica del mes de octubre de cada uno de los transformadores instalados en el edificio principal de ESSA.

Figura 16. Consumo de energía mes de octubre.



Información de noviembre de 2014: consumo mensual de 118,51 MWh-mes y energía reactiva 26,78 MVARh-mes, un factor de potencia de 0,97 con un comportamiento aceptable, como se observa en la figura siguiente:

Figura 17. Consumo de energía mes de noviembre.



De acuerdo con las lecturas de los medidores instalados para registrar el consumo de energía eléctrica mensual en el edificio principal de ESSA, se puede observar un comportamiento muy similar para el año 2013 y 2014.

Tabla 22. Consumo energía eléctrica para el año 2013 en ESSA

Fecha	(MWh-mes)
31 Ene 13	102,0
28 Feb 13	145,1
31 Mar 13	136,5
30 Abr 13	142,3
31 May 13	116,4
30 Jun 13	118,4
31 Jul 13	118,7
31 Ago 13	115,8
30 Sep 13	102,9
31 Oct 13	141,0
30 Nov 13	121,2
31 Dic 13	101,0
PROMEDIO	121,8

Figura 18. Comportamiento consumo energía eléctrica año 2013 en ESSA

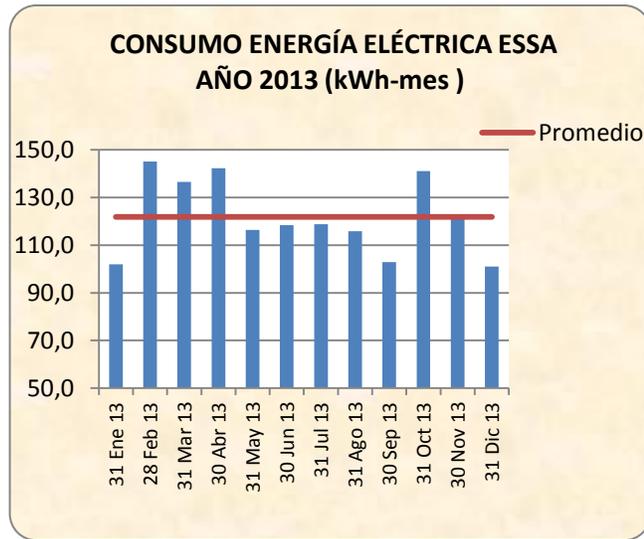
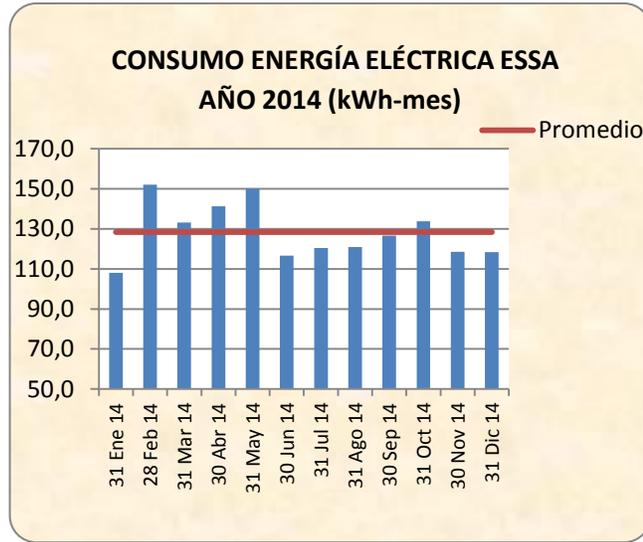


Tabla 23. Consumo de energía eléctrica para el año 2014 en ESSA

Fecha	(MWh-mes)
31 Ene 14	108,1
28 Feb 14	152,0
31 Mar 14	133,1
30 Abr 14	141,2
31 May 14	150,0
30 Jun 14	116,6
31 Jul 14	120,5
31 Ago 14	120,9
30 Sep 14	126,7
31 Oct 14	133,8
30 Nov 14	118,5
31 Dic 14	118,3
PROMEDIO	128,3

Figura 19. Comportamiento consumo energía eléctrica año 2014 en ESSA



3.4.3 Participación del consumo de energía eléctrica en las cargas de ESSA

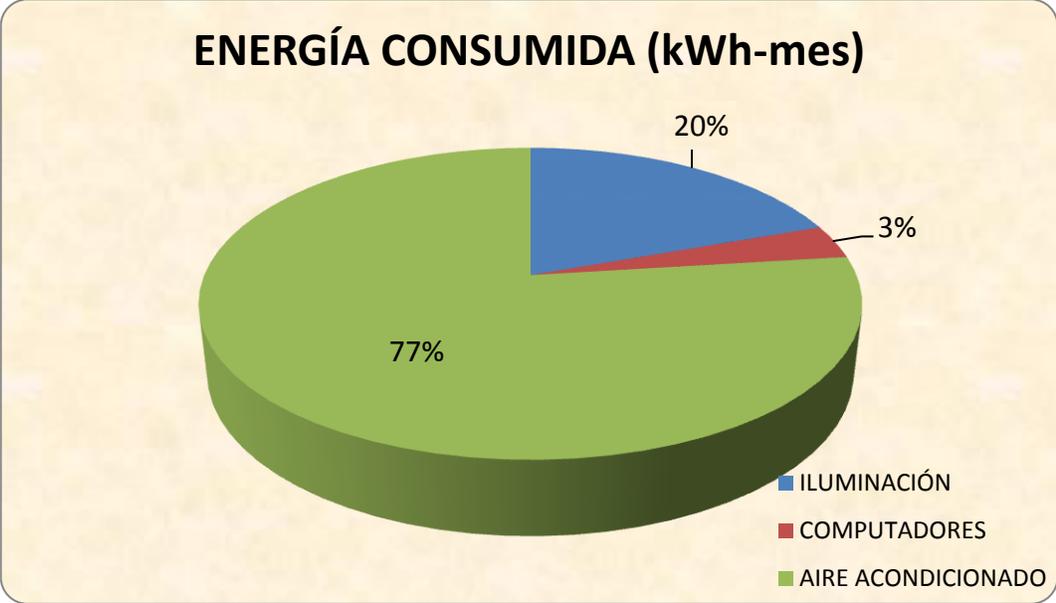
El consumo total de energía eléctrica en el edificio principal de ESSA se estimó de la siguiente manera: Como se realizó medidas de consumo de energía eléctrica a cada equipo, se toma este valor y se multiplica por el total de equipos según su tipo, con estos totales según la tabla 22 el consumo es de 119,04 MWh-mes que comparando con el valor promedio de cada año según tablas anteriores es muy similar.

Tabla 24. Consumo energía en kWh-mes en ESSA.

ILUMINACIÓN	COMPUTADORES	AIRE ACONDICIONADO
23.799,6	3.680,6	91.555,2

La mayor participación en el consumo de energía eléctrica en el edificio principal de ESSA está en los equipos de aires acondicionados con un 77%, las luminarias con un 20% y los equipos de cómputo con un 3% como se puede apreciar en la figura 42.

Figura 20. Participación consumo de energía de las cargas en ESSA.



4. ALTERNATIVAS URE Y APLICACIONES ENERGÉTICAS SOSTENIBLES PARA EL EDIFICIO PRINCIPAL DE ESSA

4.1 ANÁLISIS DEL POTENCIAL LUMÍNICO

El equipo de salud ocupacional realizó un estudio con ayuda de ARL SURA empresa administradora de riesgos laborales. La iluminación en ESSA es deficiente debido a la gran diferencia de altura entre la ubicación de las luminarias respecto a las áreas de trabajo. En algunos puntos no se tiene el flujo lumínico necesario para un confort visual.

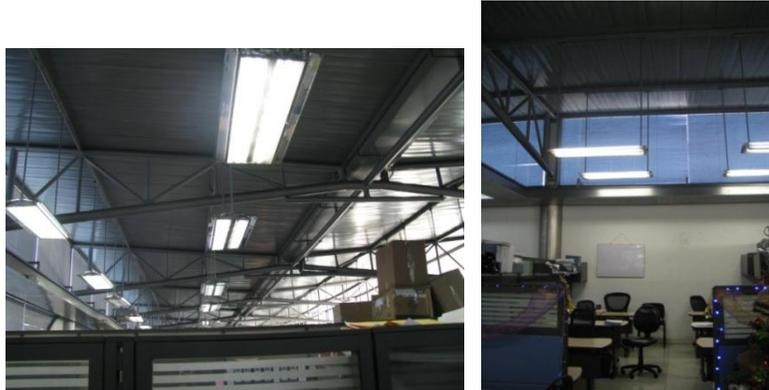
Los niveles de iluminación según ISO 8995:2002 se observan en la siguiente tabla.

Tabla 25. Niveles de iluminación (Lux).

Tipo de Interior, tarea o actividad	Minimo	Medio	Máximo
Oficinas de tipo general, mecanografía y computacional.	300	500	750
Oficinas abiertas	500	750	1000
Oficinas de dibujo	500	750	1000
Salas de conferencias	300	500	750

El 84% de las 470 luminarias de uso en ESSA son lámparas fluorescentes de 4 tubos x 32 W. tipo T8 cada una, para una potencia de 128 W x luminaria.

Figura 21. Iluminación en ESSA.



Los resultados del estudio son los siguientes:

Los puntos que se ven en la Tabla 26 de color rojo son inadecuados o no cumplen con las recomendaciones dadas por la norma.

Según el estudio para las áreas evaluadas se encontró que el 27,78% de los puestos inspeccionados se encuentran con niveles adecuados, el 72,22% de los puestos evaluados están por fuera de los niveles recomendados.

También se encontró que la altura de la luminaria sobre el plano de trabajo es inadecuada, el 55,6% de estas, no presenta focalización sobre el área de trabajo.

El 22,2% están focalizadas, por tal motivo no tienen problema de flujo luminoso, pero el otro 22,2% son semi-focalizadas presentando un flujo lumínico no tan adecuado.

Debido a la recomendación del estudio realizado por el equipo de salud ocupacional con la ayuda de ARL SURA empresa administradora de riesgos laborales se debe implementar la dotación de lámparas LED de 3W a los puestos

de trabajo identificados con baja intensidad lumínica para mejorar el confort visual mediante.

Esta solución es la más apropiada, pues cambiar la iluminación aumentando cobertura o cambiando de tecnología conllevaría a realizar inversiones más altas que no permitirían el cierre financiero de las alternativas.

Tabla 26. Costo total luminarias LED 3W.

# Lámparas	Costo unitario lámpara LED 3W	Costo Total Lámparas LED 3W (Millones \$)
440	\$ 80.000	\$ 35,2

Una lámpara LED de 3W es similar en luxes a una lámpara de 15W ahorradora de energía, cada una consume una energía de 1,1 kWh-mes y el total de 440 lámparas equivalen a 484 kWh-mes. Este dato está incluido en el consumo total de ESSA utilizado en el análisis financiero.

ESSA realizó hace cuatro años la independización y sectorización de los circuitos de iluminación en el edificio principal de ESSA, facilitando así el uso racional y eficiente de la energía.

Tabla 27. Estudio de iluminación en ESSA.

No. MED	AREA	PUNTO O PUESTO DE TRABAJO EVALUADO	TIPO DE ILUMINACION	TIPO DE LUMINARIA	UBICACIÓN LUMINARIA			CONTROL DE LUZ NATURAL			MAX	MIN.	PROM	NIVEL DE ILUMINACION	GP	CALIFICACION	NIVEL RECOMENDADO		REQUERIMIENTO VISUAL
					F	NF	SMF	PER.	B.O.	P.P.									
63	DESARROLLO ORGANIZACIONAL	CLUB DEPORTIVO	ARTIFICIAL	T8		X					183	150	173	BAJA	35%	INSUFICIENTE	300	750	MEDIOS
64		DESARROLLO ORGANIZACIONAL 1	ARTIFICIAL	T8		X					254	133	211	BAJA	42%	INSUFICIENTE	300	750	MEDIOS
65		DESARROLLO ORGANIZACIONAL 2	ARTIFICIAL	T8		X					234	133	230	BAJA	46%	INSUFICIENTE	300	750	MEDIOS
66		DESARROLLO ORGANIZACIONAL 3	MIXTA	T8		X		X			350	169	300	NORMAL	60%	ACEPTABLE	300	750	MEDIOS
67		DESARROLLO ORGANIZACIONAL 4	MIXTA	T8		X		X			247	187	244	BAJA	49%	INSUFICIENTE	300	750	MEDIOS
68		DESARROLLO ORGANIZACIONAL 5	MIXTA	T8		X		X			222	143	216	BAJA	43%	INSUFICIENTE	300	750	MEDIOS
69		DESARROLLO ORGANIZACIONAL 6	MIXTA	T8		X		X			295	194	278	BAJA	56%	INSUFICIENTE	300	750	MEDIOS
70		DESARROLLO ORGANIZACIONAL 7	ARTIFICIAL	T8		X					323	259	301	NORMAL	60%	ACEPTABLE	300	750	MEDIOS
71		DESARROLLO ORGANIZACIONAL 8	MIXTA	T8			X	X			262	196	252	BAJA	50%	INSUFICIENTE	300	750	MEDIOS
72		DESARROLLO ORGANIZACIONAL 9	ARTIFICIAL	T8		X					300	230	295	BAJA	59%	INSUFICIENTE	300	750	MEDIOS
73		DESARROLLO ORGANIZACIONAL 10	MIXTA	T8		X		X			241	161	201	BAJA	40%	INSUFICIENTE	300	750	MEDIOS
74	DESARROLLO ORGANIZACIONAL 11	ARTIFICIAL	T8		X					293	218	255	BAJA	51%	INSUFICIENTE	300	750	MEDIOS	

UBICACIÓN LUMINARIA		CONTROL DE LUZ NATURAL	
F	FOCALIZADA	PER	PERSIANAS
NF	NO FOCALIZADA	B.O	BLACK OUT
SMF	SEMI FOCALIZADA	P.P	PELÍCULA POLARIZADA

GP, es el porcentaje de la relación del promedio medido con respecto al promedio recomendado que es de 500 luxes según la Tabla 23.

En razón a lo anterior, para realizar la viabilidad financiera que se describe en el capítulo 5, se proyectó en todos los escenarios mejorar la iluminación y así mejora el confort visual, mediante el supuesto de dotar los puestos de trabajo que presentan deficiencia lumínica con una lámpara de escritorio tipo led de 3 W.

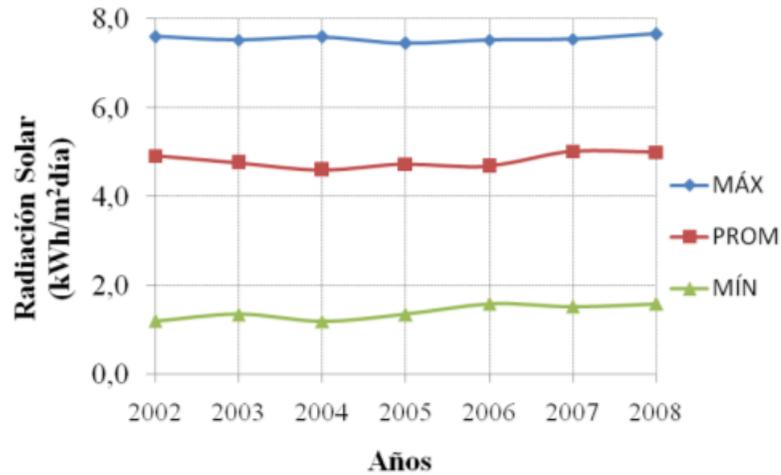
4.2 ANÁLISIS POTENCIAL SOLAR

En la actualidad, con la energía fotovoltaica se alimentan pequeños artefactos, sectores residenciales, comerciales y rurales que se suplen totalmente de esta valiosa energía y contribuye al mejoramiento del medio ambiente.

La energía suministrada por un panel solar depende de la radiación solar que hay en el sitio de instalación, en Santander este valor está entre 4,0 y 5,5 kWh/m², para este estudio se tomó el valor de 4,6 kWh/m²¹⁰⁷.

¹⁰⁷ VERGARA, Pedro, et al., Evaluación de potencial solar y eólico del campus central de la Universidad Industrial de Santander y la ciudad de Bucaramanga, Colombia.Rev.UIS.Ingeniería,2014,vol 13,n.2,p.p 49-57

Figura 22. Comportamiento histórico de la radiación solar en Santander



Fuente: SUITMUEBLES. Green roof techo verde parte II [en línea] disponible en: <http://suitmuebles.blogspot.com/2011/12/green-roof-techo-verde-parte-ii.html>

Como se muestra en la Tabla 29, hace referencia a tres tipos de paneles solares, que se les realizó los análisis pertinentes para obtener la energía suministrada en kWh-mes de cada tipo de panel, según su capacidad¹⁰⁸.

Cada panel tiene un valor mínimo y máximo de generación (kWh/m²), dependiendo de las características de cada panel y de la radiación solar que la incide en el transcurso del día, por tanto la energía suministrada se halla interpolando la radiación solar mínima y máxima de Colombia con la energía mínima y máxima de cada panel como se indica en la tabla siguiente¹⁰⁹.

No se contempló la opción de inyección de energía generada a la red, ya que la energía eléctrica suministrada por este sistema solo se estimó para uso de iluminación de las oficinas del edificio principal de ESSA.

¹⁰⁸ SOLUTECNIA. [en línea] disponible en:

http://solutecnia.com.co/j32/index.php?option=com_content&view=article&id=8&Itemid=156

¹⁰⁹ VERGARA, Pedro, et al. Op- Cit.

Tabla 28. Energía entregada por panel solar.

Panel Potencia (W)	kWh-mes (Mín.)	kWh-mes (Máx.)	Radiación Solar en Colombia kWh/m ² (Mín.)	Radiación Solar en Colombia kWh/m ² (Máx.)	kWh-mes /Panel
100	4.5	12.0	2.5	7.0	8.0
150	7.5	18.0			12.4
900	50.0	100.0			73.3

Se recomienda para este estudio un área útil del edificio principal de ESSA de 2400 m² para la instalación de los paneles.

El panel de 150 W suministra más energía en kWh-mes que los otros dos paneles para las condiciones establecidas, según la tabla 30 genera 24444 kWh-mes

Tabla 29. Energía del mes entregada según potencia del panel solar.

Potencia (W)	Área (m ²)	Peso Módulo (kg)	Energía Entrega kWh-mes	No. de Paneles para 1200 m ²	Peso Total Módulos (kg)	Energía Entrega Total kWh-mes
100	0,8	8,0	8,0	3.000	24.000	24.000
150	1,2	13,5	12,4	2.000	27.000	24.800
900	7,2	81,0	73,3	333	27.000	24.444

A continuación se presenta un análisis de los costos para determinar la mejor alternativa.

Tabla 30. Costo total del panel solar según potencia.

Potencia (W)	Costo por Kit Panel Solar (Millones \$)	No. de Paneles para 1200 m ²	Peso Total Módulos (kg)	Energía Entrega Total kWh-mes	Costo Total Kit Panel Solar (Millones \$)
100	1.4	3,000	24,000	24,000	4,200
150	2.2	2,000	27,000	24,800	4,400
900	7.5	333	27,000	24,444	2,500

Se puede concluir como mejor opción el panel solar de 900 W, teniendo en cuenta la relación menor costo con la misma energía suministrada.

En el ANEXO C. KITS DE PANELES SOLARES se describen las características y dimensiones de un panel solar.

La energía suministrada por un panel solar depende de la radiación solar que hay en el sitio de instalación, en Santander este valor está entre 4,0 y 5,5 kWh/m².

La instalación de celdas solares resguardaría la cubierta metálica de los rayos del sol que cubre gran parte de las oficinas del área de la administración y el área operativa de ESSA; y adicionalmente, los paneles solares generan una energía eléctrica que permite distribuir en el edificio de ESSA.

A continuación se muestran unas imágenes de la cubierta del edificio principal de ESSA, con un área de 2.400 m², donde se observa una posibilidad de implementación de esta alternativa.

Figura 23. Cubierta área administrativa.



Figura 24. Cubierta área operativa.



Se recomienda realizar el estudio estructural para garantizar el buen funcionamiento de alguno de estos sistemas.

4.3 ANÁLISIS DE TEMPERATURA AMBIENTE

Un ambiente es confortable cuando una persona no siente frío ni calor. Estar en una zona de confort es estar en unas condiciones dadas de temperatura y humedad relativa en las cuales se encuentran confortables la mayor parte de las personas. Estas condiciones oscilan entre los 22° y los 27° C. de temperatura y el 40% al 60% de humedad relativa¹¹⁰

Normalmente, los recintos se calientan o se tiene una temperatura no agradable debido a la radiación solar que incide directamente en la cubierta o techo del lugar, además el gran número de personas que allí están y los equipos electrónicos que generan calor incide en el aumento de la temperatura.

Para reducir la temperatura ambiente se tienen tres opciones:

4.3.1 Instalación de techo verde. Con la instalación de un techo verde se reduce la temperatura en los espacios interiores de 3°C a 5°C durante el día, lo que equivale a un ahorro de energía o menor uso de los aires acondicionados entre un 25% y un 50%¹¹¹.

Para la instalación de techo verde se requiere de una capa aproximada de 10 a 30 cm de varios compuestos, que garantiza la reducción de calor producido por el rayo de sol.

¹¹⁰ YAHOO RESPUESTAS ¿Cómo calcular la demanda térmica de (B.T.U.) necesarios por metros cúbicos .? [en línea] disponible en: <https://espanol.answers.yahoo.com/question/index?qid=20071009200632AARWiZU>

¹¹¹ G. A. OSMA PINTO, Uso racional de la energía a partir del diseño de aplicaciones sostenibles en el edificio eléctrica II de la Universidad Industrial de Santander. Proyecto de Maestría. Bucaramanga: 2011, pp. 1-253.

De acuerdo con G. A. Osma Pinto en el edificio de Ingeniería Eléctrica de la UIS, se reduce el consumo del aire acondicionado en 7 kWh-mes/m² en 500m² a causa de una cubierta verde.

Si esta solución fuera aplicada en el edificio principal de ESSA representaría un ahorro de 33.760 kWh-mes, una reducción del 26% respecto al consumo actual.

4.3.2 Instalación de Celdas Solares. Con la instalación de los paneles solares se evita la radiación solar sobre la cubierta o techo el cual permite mejorar el confort térmico en las oficinas del edificio principal ESSA.

4.3.3 Ventanas Low e. El vidrio de baja emisividad, consta de dos vidrios uno interior y otro exterior, en el vidrio exterior y por dentro tiene una película de dióxido de plata, de tal manera que no tiene contacto con ella. Lo que hace es dejar entrar la luz solar (luz visible) y repele los rayos UV y la radiación solar¹¹².

En los vidrios tradicionales cuando estos rayos entran, lo que hacen es calentar lo que esté en el área y también calienta el aire, subiendo así la temperatura del lugar, con las ventanas Low ese evita que esto pase y mantiene el lugar más fresco.

El ahorro de energía eléctrica con la instalación de estas ventanas está ente el 10% y el 15%

4.3.4 Cielo raso. Una de las técnicas de aislamiento térmico es la instalación de cielo raso bajo la cubierta o techo, debido a sus características especiales tiene una alta resistencia al paso del calor, esto permite tener en el interior de las oficinas una temperatura más agradable y uniforme durante todo el año.

¹¹² TU CASA NUEVA. Ventanas como complemento verde [en línea] disponible en: <http://tucasanueva.com.mx/hogar/las-ventanas-como-complemento-verde/>

Al instalar un cielo raso a varios centímetros, mínimo dos pulgadas debajo de la cubierta, se crea una cámara de aire que impide el paso del calor al interior, además se debe permitir la circulación de aire entre los dos techos para evacuar el aire caliente y así mantener fresco el interior, esto puede reducir entre el 10% y el 15% del consumo de energía eléctrica¹¹³.

En la actualidad, se encuentran materiales de aislante térmico que ayudan a mantener en las oficinas una temperatura agradable para las personas, entre estas están los cielos rasos en yeso, PVC, fibra de vidrio y el *drywall*.

También se propone la instalación de persianas en todos los ventanales para evitar el paso de los rayos ultravioleta al interior del edificio y así evitar el aumento de la temperatura.

En los sistemas de aire acondicionado, es recomendable no bajar la temperatura de los equipos de 24-25°C, pues reducir un 1°C en la temperatura implica un aumento del 7-8% del consumo de energía eléctrica¹¹⁴.

Se recomienda realizar periódicamente mantenimiento en los equipos de aire acondicionado, mantener limpias y libres de suciedad, polvo y objetos extraños las entradas y salidas de aire. Por lo menos una vez cada cuatro meses.

Es recomendable tener todas las puertas cerradas para evitar la infiltración del aire caliente al interior de las oficinas y por tal incrementando el consumo de energía. En este aspecto, se recomienda arreglar la puerta del sótano (área operativa) del edificio principal de ESSA para que permanezca normalmente cerrada, dado que

¹¹³ Ute. Consumo EFICIENTE [en línea] disponible en: <http://portal.ute.com.uy/clientes-como-rebajar-su-factura/consumo-eficiente>

¹¹⁴ AIRDESA [en línea] disponible en: <http://www.airdesa.com/site/modules/content/index.php?id=6>

al estar siempre abierta permite la entrada de aire caliente haciendo ineficiente el sistema de aire acondicionado instalado allí.

4.4 ANÁLISIS DEL POTENCIAL EÓLICO

Con respecto a la dirección del viento, se tiene que el 50% del tiempo proviene del norte y noreste, el 28,8% del tiempo no hay viento y el resto proviene de otras direcciones¹¹⁵.

De acuerdo a estudios realizados por Osma¹¹⁶, la velocidad del viento en Bucaramanga está entre 1,0 m/s y 1,5 m/s.

Este intervalo de velocidad estaría entre 1 y 2 m/s y la energía producida por el aerogenerador es de 0 kWh, para tener una energía producida considerable se requiere tener una velocidad del viento entre 11 m/s y 12 m/s¹¹⁷

Por lo tanto no es recomendable la instalación de generadores eólicos debido a la baja velocidad del viento en el sitio.

A continuación se presenta resumen comparativo de las alternativas URE y aplicaciones energéticas sostenibles para el edificio principal de ESSA.

¹¹⁵ OSMA PINTO, G. A. OSMA PINTO, Op. Cit.

¹¹⁶ Ibid

¹¹⁷ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA INSTITUTO DE CIENCIAS NUCLEARES Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS INEA Manual de Aplicación de la Energía Eólica [en línea] disponible en: http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion/energias_alternativas/material_difusion/manualE%F3licaweb.pdf

Tabla 31. Resumen comparativo de alternativas URE

DESCRIPCIÓN		BENEFICIO	OBSERVACIÓN	RECOMEDACIÓN
Análisis del Potencial Lumínico		Mejorar el confort visual.	Deficiencia lumínica en oficinas de ESSA.	Dotación Lámpara LED de 3 W por puesto de trabajo
Análisis del Potencial Solar		Reduce la incidencia solar y aporta energía al sistema.	Cubre un área de 2400 m ² , radiación solar de 4,6 kWh/m ² .	Panel de 900 W, suministra 24444 kWh-mes.
Análisis de temperatura ambiente	Instalación de techo verde	Ahorro de energía entre el 25% y 50%	Cubre un área de 2400 m ² , se reduce temperatura de 3°C a 5°C	Instalación de techo verde
	Instalación de ventanas Low-e	Ahorro de energía entre el 10% y el 15%	Dejar entrar la luz solar (luz visible), repele los rayos uv y la radiación solar	Instalación de ventanas Low-e
	Instalación de cielo raso	Ahorro de energía entre el 10% y el 15%	Tiene una alta resistencia al paso del calor	Instalación cielos rasos en yeso, PVC, fibra de vidrio y el drywall.
Análisis del Potencial Eólico		No aplica.	La velocidad del viento en Bucaramanga está entre 1,0 m/s y 1,5 m/s.	No es recomendable la instalación de generadores eólicos

5. PROPUESTA DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL EDIFICIO PRINCIPAL DE ESSA

De las diferentes alternativas energéticas analizadas se plantean los siguientes escenarios:

1. Escenario uso racional de energía, en este escenario se propone el cambio de computadores de escritorio, por portátiles.
2. Escenario sistema fotovoltaico.
3. Escenario techo verde.
4. Escenario techo verde complementado con URE.
5. Escenario con implementación cielo-raso de PVC.
6. Escenario con implementación cielo-raso de *Drywall*.
7. Escenario con implementación de ventana *Low e*

Se descarta la alternativa de generación eólica con aerogeneradores conforme el resultado de la investigación de Osma¹¹⁸ resultado mencionado en el capítulo 4.

Para cada escenario se realiza su análisis financiero para poder seleccionar la mejor o mejores alternativas para que quede como propuesta final. Y la determinación de la viabilidad financiera de un escenario requiere la proyección del flujo de caja para determinar el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR). Se utiliza como línea base el consumo anual del edificio principal ESSA 1,54 GWh-año (2014) y el WACC de ESSA es 10,21%.

¹¹⁸ G. A. OSMA PINTO Op. Cit

5.1 ESCENARIO URE

Este escenario se plantea como resultado de la caracterización de carga en el numeral 3.4, donde se realizaron mediciones de consumo de energía eléctrica dando que el computador de escritorio consume 3,38 veces con respecto al consumo del computador portátil. Actualmente, en ESSA los computadores están por contratación Leasing y para solicitar el cambio por portátil se asume un incremento de \$ 208 mil pesos por portátil.

Los beneficios de este escenario, al cambiar 255 computadores de escritorio por portátiles, representa un ahorro en el consumo de energía eléctrica en ESSA de 30 MWh-año siendo el 2% del consumo anual del edificio principal ESSA. Se debe hacer una inversión inicial de \$ 53 millones para el reemplazo de los computadores y los equipos portátiles se deprecian en 3 años.

Tabla 32. Resultados escenario URE.

DESCRIPCIÓN	RESULTADO
WACC ESSA	10.21%
Impuestos sobre utilidad	33%
Tiempo de evaluación (años)	10
Inversión 2015 (millones)	\$53
Flujo de caja (millones)	\$55
Valor Presente Neto (VPN) (millones)	\$2
Tasa interna de Retorno (TIR)	11.17%

Según los resultados del análisis financiero se muestra que el VPN es positivo y la TIR mayor que el WACC, indicando que financieramente el proyecto es viable, porque la inversión inicial se recupera con respecto a los beneficios en el ahorro de energía.

Figura 25. Flujo de caja escenario URE.



En la Figura 23, en los años del 1 al 3 se muestra un incremento en los ingresos provocado por la depreciación de los computadores portátiles.

La inversión inicial se recupera al séptimo año de implementación y no se tiene en cuenta para este análisis el valor de reposición de los equipos portátiles.

5.2 ESCENARIO FOTOVOLTAICO

La cubierta a utilizar del edificio principal de ESSA tiene un área de 2400 m², y el sistema de paneles solares suministran 293 MWh-año, representa el 20% del consumo anual de ESSA en el 2014, pero se debe hacer una gran inversión inicial de \$ 2.500 Millones que es el costo total de la implementación y se deprecia a 20 años.

Teniendo en cuenta la ley 1715 del 2014 por la cual se regula e incentiva las energías renovables no convencionales como la generación fotovoltaica con los siguientes beneficios:

- Art. 11 Incentivos la generación de energías no convencionales: Como fomento a la investigación, desarrollo e inversión en el ámbito de la producción y la utilización de energía a partir de FNCE (Fuentes No Convencionales de Energía), la gestión eficiente de la energía, los obligados a declarar renta que realicen directamente inversiones en este sentido, tendrán derecho a reducir anualmente de su renta, por los 5 años siguientes al año gravable en que hayan realizado la inversión, el cincuenta por ciento (50%) del valor total de la inversión realizada¹¹⁹.
- Art. 14 “Instrumentos para la promoción de las FNCE. Incentivo contable depreciación acelerada de activos. La actividad de generación de a partir de FNCE, gozará del régimen de deprecación acelerada.

La depreciación acelerada será aplicable: a las maquinarias, equipos y obras civiles necesarias para la pre inversión, inversión y operación de la generación con FNCE, que sean adquiridos y/o construidos, exclusivamente para este fin, a partir de la vigencia de la presente ley. Para estos efectos: la tasa anual de depreciación será no mayor de veinte por ciento (20%) como tasa global anual.

La tasa podrá ser variada anualmente por el titular del proyecto, previa comunicación a la DIAN, sin exceder el límite señalado en este artículo, excepto en los casos en que la ley autorice porcentajes globales mayores¹²⁰.

Para el análisis de este escenario se deprecia la inversión en cinco años (tasa global anual del 20% Art. 14 de la Ley 1715 del 2014) y también se aplicó la

¹¹⁹ MINISTERIO DE MINAS Normatividad Colombiana [en línea] disponible en: http://www.minminas.gov.co/minminas/index.jsp?cargaHome=2&opcionCalendar=10&id_comunica do=988, consultada en diciembre de 2014.

¹²⁰ *Ibíd.*

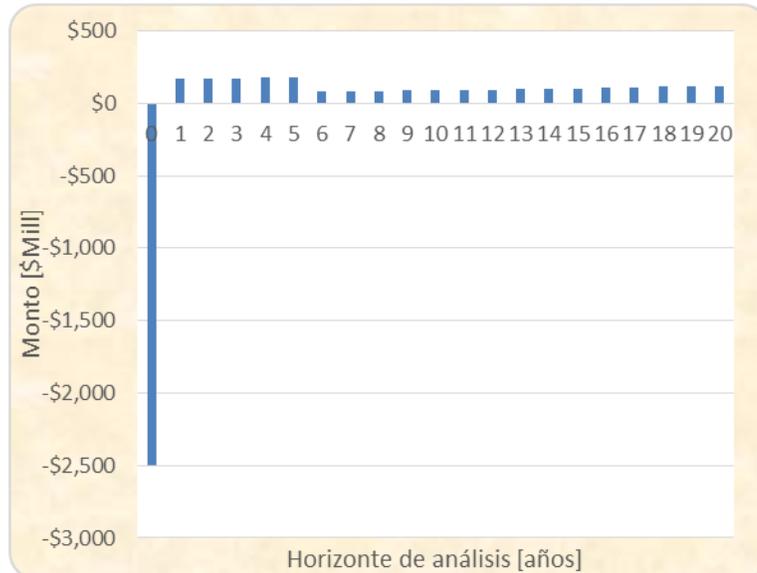
reducción en los impuestos del 50% en la declaración de renta (Art. 11 de la ley 1715 del 2014)

Tabla 33. Resultados escenario fotovoltaico.

DESCRIPCIÓN	RESULTADO
WACC ESSA	10.21%
Impuestos sobre utilidad	33%
Tiempo de evaluación (años)	20
Inversión 2015 (millones)	\$2,500
Flujo de caja (millones)	\$1,078
Valor Presente Neto (VPN) (millones)	-\$1,422
Tasa interna de Retorno (TIR)	-0.71%

El análisis financiero arroja un VPN negativo y la TIR negativa, debido a que la inversión inicial requerida es 2.500 millones de pesos, siendo muy alta, con respecto al beneficio financiero y por lo tanto no se alcanza a recuperar la inversión inicial.

Figura 26. Flujo de caja escenario fotovoltaico.



5.3 ESCENARIO TECHO VERDE

Para este escenario también se plantea utilizar un área de 2400 m² y permite un ahorro de energía de 203MWh-año. Como se mencionó en el numeral 4.3.1¹²¹

Se tiene en cuenta para el análisis un costo de [\$ 256.380/m²] reforzamiento estructural del techo que garantice soporte al peso de la cubierta verde. Este valor fue dado por el equipo de trabajo de activos fijos del área de finanzas de la ESSA según valoración de la estructura del edificio.

La inversión inicial se deprecia a 20 años

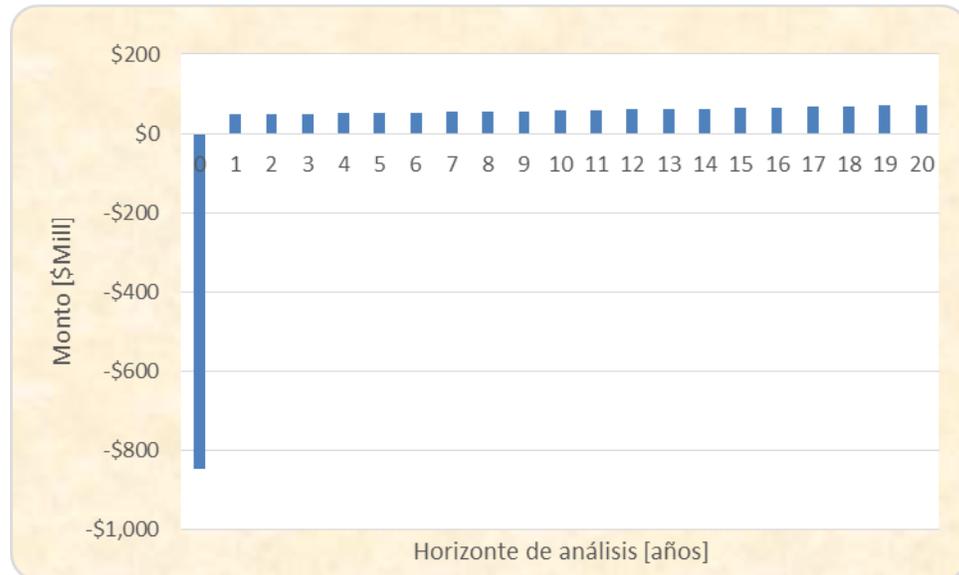
Tabla 34. Resultados escenario techo verde 1.

DESCRIPCIÓN	RESULTADO
WACC ESSA	10.21%
Impuestos sobre utilidad	33%
Tiempo de evaluación (años)	20
Inversión 2015 (millones)	\$846
Flujo de caja (millones)	\$458
Valor Presente Neto (VPN) (millones)	-\$388
Tasa interna de Retorno (TIR)	3.07%

Los resultados de este análisis dan un VPN negativo y una TIR menor que el WACC, que la convierte en una propuesta no factible para la implementación por la inversión para el reforzamiento estructural de \$ 615 Millones y la inversión se recupera a los 17 años.

¹²¹ G. A. OSMA PINTO, Uso racional de la energía a partir del diseño de aplicaciones sostenibles en el edificio eléctrica II de la Universidad Industrial de Santander. Proyecto de Maestría. Bucaramanga: 2011, pp. 1-253.

Figura 27. Flujo de caja escenario techo verde 1.

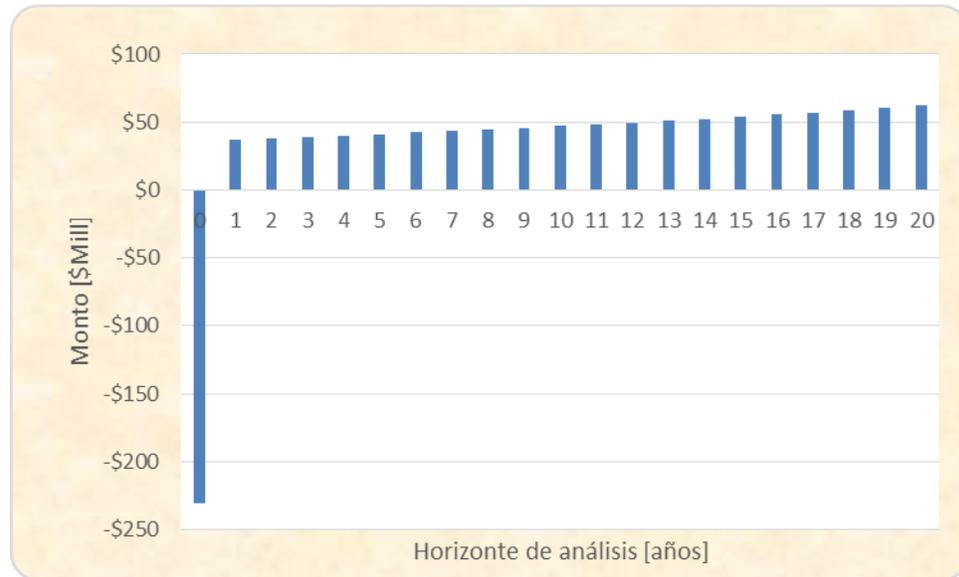


En el caso hipotético que no se necesitara realizar reforzamiento estructural, el análisis financiero da viable porque la inversión se disminuye y sería una propuesta a implementar.

Tabla 35. Resultados escenario techo verde 2.

DESCRIPCIÓN	RESULTADO
WACC ESSA	10.21%
Impuestos sobre utilidad	33%
Tiempo de evaluación (años)	20
Inversión 2015 (millones)	\$230
Flujo de caja (millones)	\$373
Valor Presente Neto (VPN) (millones)	\$143
Tasa interna de Retorno (TIR)	17.71%

Figura 28. Flujo de caja escenario techo verde 2.



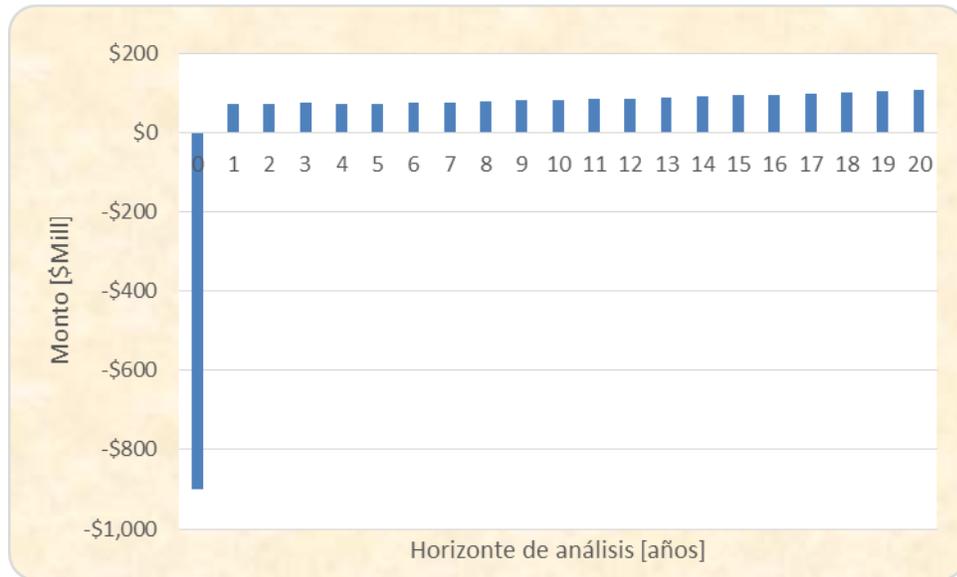
5.4 ESCENARIO TECHO VERDE COMPLEMENTADO CON URE

Se plantea la combinación de dos escenarios implementar el techo verde con reforzamiento estructural y a la par realizar el cambio de computadores de escritorio por portátiles.

Tabla 36. Resultados escenario techo verde con URE.

DESCRIPCIÓN	RESULTADO
WACC ESSA	10.21%
Impuestos sobre utilidad	33%
Tiempo de evaluación (años)	20
Inversión 2015 (millones)	\$899
Flujo de caja (millones)	\$677
Valor Presente Neto (VPN) (millones)	-\$222
Tasa interna de Retorno (TIR)	6.61%

Figura 29. Flujo de caja escenario techo verde con URE.



Obteniendo un VPN menor que cero y una TIR menor al WACC convirtiéndola en una solución no factible por la inversión del refuerzo estructural.

No se realiza el escenario de sistema fotovoltaico complementado con URE, porque solo el escenario de sistema fotovoltaico demanda una gran inversión inicial que no permite la viabilidad financiera de la propuesta.

5.5 ESCENARIO CON IMPLEMENTACIÓN CIELO RASO DE PVC

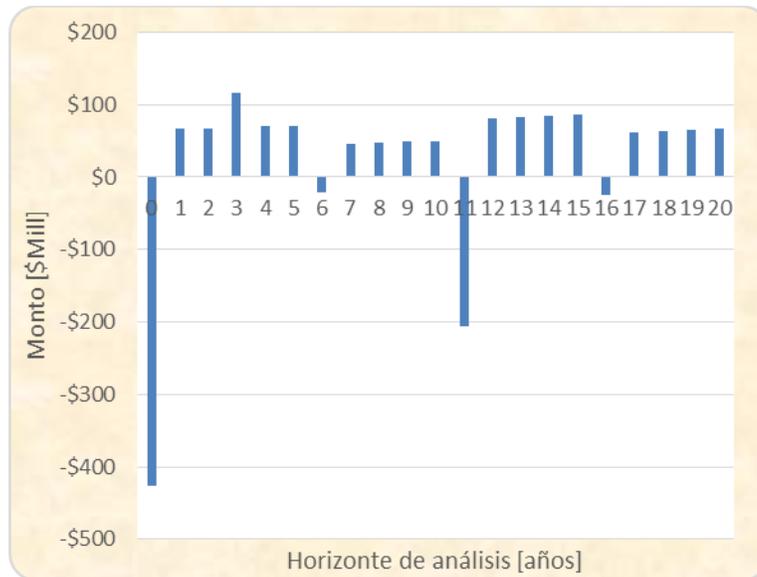
Como se identificó que la carga más representativa es el aire acondicionado se propone la instalación de un cielo raso de PVC, se toman los precios de la página Homecenter, en el cual da un precio de \$ 92.300 por m² y mano de obra de instalación de \$ 60.000 por m² y se asume un ahorro del 15% en el consumo de energía eléctrica del sistema de los aires acondicionados porque se disminuye el volumen de espacio que tiene que enfriar.

Se considera un costo de mantenimiento y reparación a los 5 años y la renovación del cielorraso a los 10 años.

Tabla 37. Resultados escenario cielo raso de PVC.

DESCRIPCIÓN	RESULTADO
WACC ESSA	10.21%
Impuestos sobre utilidad	33%
Tiempo de evaluación (años)	20
Inversión 2015 (millones)	\$426
Flujo de caja (millones)	\$422
Valor Presente Neto (VPN) (millones)	-\$4
Tasa interna de Retorno (TIR)	10.04%

Figura 30. Flujo de caja escenario cielo raso con PVC.



La gráfica muestra la renovación del cielo raso pasado los 10 años y se toma un costo de mantenimiento de 98 Millones a los 5 años dada información suministrada por el área de suministros y soporte administrativo ESSA. No es un escenario factible ya que da VPN negativo y TIR menor que el WACC.

5.6 ESCENARIO CON IMPLEMENTACIÓN CIELO RASO DE *DRYWALL*

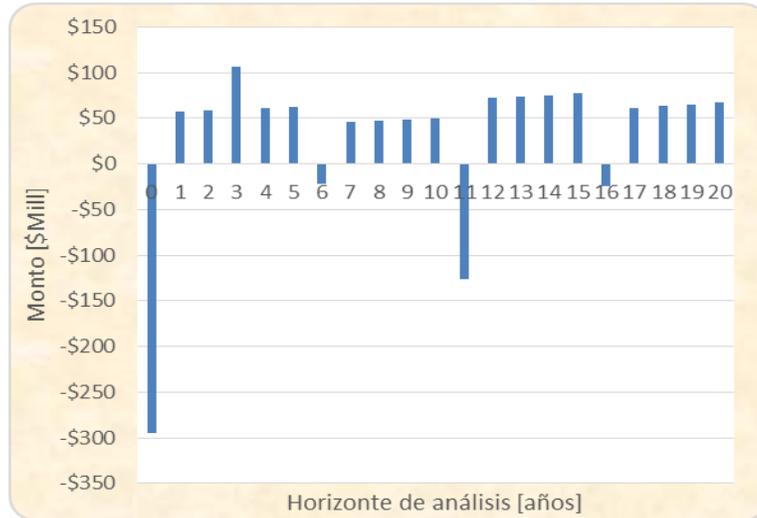
Como solución para ahorrar consumo de energía eléctrica debido al sistema de aire acondicionado se propone la instalación de un cielo raso de *Drywall*, se toman los precios del mercado, en el cual se utiliza un precio total mano de obra y material de \$ 105.300 por m² y se asume un ahorro del 15% en el consumo energético del sistema de los aires acondicionados porque se disminuye el volumen de espacio que tiene que enfriar.

Tomando las mismas consideraciones del escenario anterior, un costo de mantenimiento y reparación a los 5 años y la renovación del cielo raso a los 10 años.

Tabla 38. Resultados escenario cielo raso de *Drywall*.

DESCRIPCIÓN	RESULTADO
WACC ESSA	10.21%
Impuestos sobre utilidad	33%
Tiempo de evaluación (años)	20
Inversión 2015 (millones)	\$295
Flujo de caja (millones)	\$407
Valor Presente Neto (VPN) (millones)	\$113
Tasa interna de Retorno (TIR)	16.53%

Figura 31. Flujo de caja cielo raso *Drywall*.



Resultando un escenario factible a implementar ya que el cielo raso de *drywall* es más barato que el cielo raso de PVC.

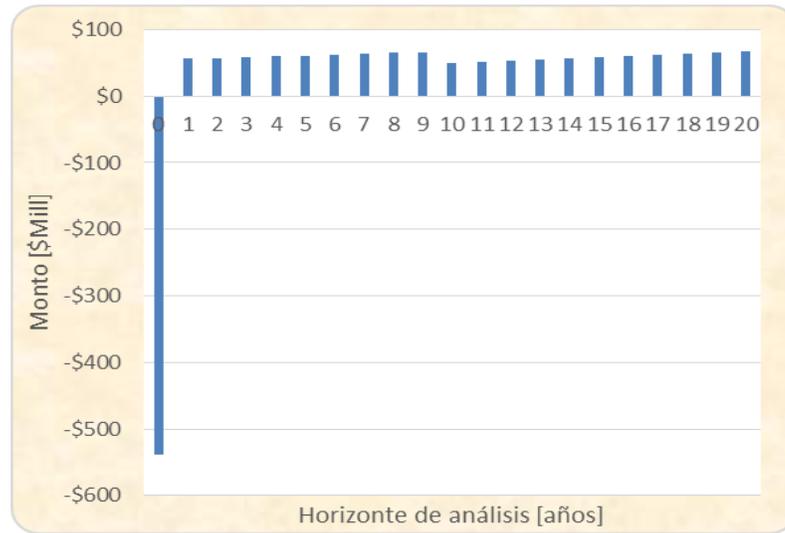
5.7 ESCENARIO CON IMPLEMENTACIÓN DE VENTANA LOW E

Para disminuir la temperatura se proyecta instalar en los ventanales del área del edificio principal ESSA es 1568 m², al tener una capa de aire entre los dos vidrios aislando térmicamente las oficinas reduciendo en un 15% el consumo de energía del aire acondicionado.

Tabla 39. Resultados escenario ventana *LOW E*.

DESCRIPCIÓN	RESULTADO
WACC ESSA	10.21%
Impuestos sobre utilidad	33%
Tiempo de evaluación (años)	20
Inversión 2015 (millones)	\$539
Flujo de caja (millones)	\$495
Valor Presente Neto (VPN) (millones)	-\$44
Tasa interna de Retorno (TIR)	8.99%

Figura 32. Flujo de caja escenario ventana *LOW E*.



En la gráfica se nota el efecto de la depreciación de las ventanas *Low e* a 10 años.

Resultando un escenario no factible a implementar ya que da VPN negativo y TIR menor que el WACC.

5.8 SELECCIÓN DE ESCENARIOS FACTIBLES

Se ponderó la inversión inicial requerida, el beneficio energético generado y el ahorro financiero equivalente para cada una de las aplicaciones energéticas sostenibles. Así mismo, se realizó el análisis financiero a partir de flujos de caja, valor presente neto y tasa interna de retorno, con el fin de conocer el atractivo de estas aplicaciones como alternativas de inversión financiera en el edificio principal ESSA. Tabla 39. presenta los resultados consolidados del análisis financiero realizado.

Tabla 40. Comparación resultado de los diferentes escenarios.

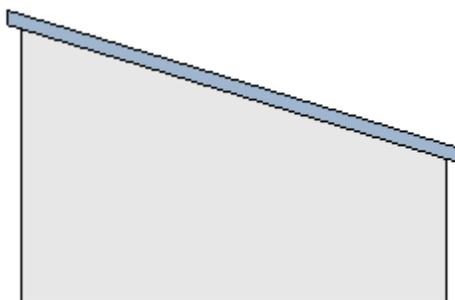
ESCENARIOS	INVERSIÓN [MILL \$]	BENEFICIO ANUAL		VPN [MILL \$]	TIR [%]	Recuperación [Años]
		[kWh]	[MILL \$]			
Escenario Uso Racional de Energía cambio de computadores de escritorio por portátiles.	\$ 53	25,582	\$ 9	\$ 2	11.2%	7
Escenario sistema fotovoltaico	\$ 2,500	293,333	\$ 102	-\$ 1,422	-0.7%	N/A
Escenario techo verde con reforzamiento estructural	\$ 846	142,826	\$ 49	-\$ 388	3.1%	N/A
Escenario techo verde con reforzamiento estructural y complementado con URE.	\$ 899	168,408	\$ 79	-\$ 222	6.6%	N/A
Escenario con implementación cielo-raso de PVC.	\$ 426	164,799	\$ 57	-\$ 4	10.0%	9
Escenario con implementación cielo-raso de <i>Drywall</i> .	\$ 295	164,799	\$ 57	\$ 113	16.5%	6
Escenario con implementación de ventana <i>Low e</i>	\$ 539	164,799	\$ 57	-\$ 44	9.0%	10

De los análisis se concluye que los escenarios atractivos y viables son el escenario de cambio de computadores de escritorio por portátiles y el escenario de cielo raso de *Drywall*. Siguiendo el criterio de mayor VPN, mayor TIR y menor tiempo de recuperación de la inversión se seleccionó para la propuesta de la implementación de cielo raso de *Drywall*.

A pesar de existir la ley 1715 del 2014 que incentiva la implementación de generación con fuentes no convencionales de energía (FNCE), estos incentivos no son suficientes para viabilizar estas soluciones energéticas, a menor escala, por lo tanto se debe proponer mayores incentivos que permitan la factibilidad de estas soluciones.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se sugiere realizar para el caso del edificio ESSA un proyecto de pregrado, para determinar con mayor precisión los beneficios obtenidos de los escenarios propuestos de alternativas energéticas sostenibles, utilizando software especializado para simulaciones de eficiencia del ahorro del consumo de energía eléctrica.
- Se recomienda elevar este informe al área administrativa de ESSA para que se pueda realizar el proyecto de instalación de cielo raso y así bajar los costos del consumo de energía eléctrica del edificio principal.
- Se deben realizar campañas para sensibilizar a las personas que laboran en las oficinas de la sede principal sobre el uso racional de energía enfocado en la concientización en los hábitos de utilización de los equipos de aire acondicionado, los equipos de cómputo e iluminación.
- Se deben tener presente alternativas arquitectónicas que permita tener un confort térmico dentro de las oficinas, como son: jardines verticales en los costados exteriores de las paredes del edificio e implementación de persianas que permitan reducir la temperatura en el interior del edificio.
- Una característica a tener en cuenta es la eficiencia lumínica en las oficinas por la forma en pendiente del techo lo cual evidencia una variación entre la altura de la luminaria y el puesto de trabajo por lo cual la influencia de la potencia lumínica de la luminaria varia, y puede tener un menor nivel lumínico en las áreas donde el techo es más alto.



- Se recomienda una lámpara portátil LED de 3W en cada uno de los puestos de trabajo de las oficinas del edificio principal de ESSA donde se encuentra deficiencia lumínica sobre el plano de trabajo, para así equilibrar el nivel de luz hasta llegar al requerimiento visual recomendado y los funcionarios puedan realizar mejor sus actividades sin ocasionar fatiga ocular.
- La mayor demanda de energía eléctrica está en el uso de sistemas de aire acondicionado, debido a las grandes cargas térmicas internas del edificio (Gran número de personas, equipos de cómputo e iluminación), además siendo afectado por la radiación solar sobre la cubierta y los ventanales. Se recomienda utilizar aislamiento térmico en techos según los escenarios planteados donde se propone implementar con cielo raso de *drywall*.
- Los computadores de escritorio consumen 3,4 veces el consumo de un computador portátil, por tal razón se recomienda cambiar estos equipos a medida que cumplan su vida útil o se compren equipos nuevos, como se evidencio en el análisis financiero de este escenario.
- El estado debe incentivar con auxilios o sistemas de financiación de la implementación de alternativas energéticas sostenibles entre las cuales se encuentra generación fotovoltaica por medio de regulaciones o leyes, porque a pesar de existir la ley 1715 del 2014 que incentiva la implementación de

generación con fuentes no convencionales de energía (FNCE), estos incentivos no son suficientes para viabilizar estas soluciones energéticas.

- El análisis financiero concluye que se debe implementar el escenario de cielo raso de *Drywall*, porque el retorno de la inversión se da en seis años, con un VPN de \$ 113 millones y una TIR de 16.5%. También como segunda opción de implementación aplica el escenario URE de cambio de computadores.
- Se recomienda como solución paisajística y de control térmico la siembra de árboles frondosos en la zona verde el perímetro del edificio principal de ESSA, para que provea sombra y cree un micro clima alrededor del edificio.

BIBLIOGRAFÍA

AIRDESA [en línea] disponible en:
<http://www.airdesa.com/site/modules/content/index.php?id=6>

ALCALDÍA DE BOGOTÁ. Ley 164 de 1994. [en línea] disponible en:
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21970> [Consultado el 05 de diciembre de 2014]

ALIANZA FRANCESA. Energías Limpias en Santander, [en línea] disponible en:
<http://bucaramanga.alianzafrancesa.org.co/coloquio/index.php>, [consultada en julio de 2014]

ARENAS SANTAMARIA O. A, OVIEDO PINZÓN A. M, Estudio técnico y financiero de implementación de paneles solares enfocado a centros comerciales Proyecto de Pregrado. Bucaramanga: 2009, pp. 1-133.

CCCS Certificación de edificaciones [en línea] disponible en:
<http://www.cccs.org.co/construccion-sostenible/certificacion-de-edificaciones>

CCCS Ruta n primer edificio público con certificación leed en Colombia [en línea] disponible en: <http://www.cccs.org.co/estudios-de-caso/aplicaciones/548-ruta-n--primer-edificio-publico-con-certificación-leed-en-Colombia>

CCCS Torre T3 Certificación Leed estudio de caso [en línea] disponible en:
<http://www.cccs.org.co/estudios-de-caso/proyectos/520-torre-t3-certificacion-leed-estudio-de-caso>

CCCS. [en línea] disponible en: <http://www.cccs.org.co/cccs> [consultada en julio de 2014]

CCCS. 166 oficinas Bancolombia en Medellín [en línea] disponible en: <http://www.cccs.org.co/estudios-de-caso/proyectos/166-oficinas-bancolombia-en-medellin>

CCCS. Homecenter Manizales [en línea] disponible en: <http://www.cccs.org.co/estudios-de-caso/proyectos/435-homecenter-manizales>

CCCS. Incolmotos Yamaha arquitectos e ingenieros asociados AIA [en línea] disponible en: <http://www.cccs.org.co/estudios-de-caso/proyectos/490-incolmotos-yamaha-arquitectos-e-ingenieros-asociados-aia>

CCCS. Nueva sede del Banco GNB Sudameris en Bogotá [en línea] disponible en: <http://www.cccs.org.co/estudios-de-caso/proyectos/463-nueva-sede-del-banco-gnb-sudameris-bogota>

CCCS. Tiendas Homecenter y Constructor en Bucaramanga [en línea] disponible en: <http://www.cccs.org.co/estudios-de-caso/aplicaciones/365-estudio-de-caso-marzo>

CEC Green Building [en línea] disponible en: <http://www.cec.org/greenbuilding> [consultada en julio de 2014]

CIELOS RASOS [en línea] disponible en: http://www..com/index.php?option=com_content&view=article&id=44:cielos-rasos&catid=35:cielosrasos&Itemid=54

DFORCESOLAR cuáles son las mejores condiciones para instalar un panel solar [en línea] disponible en: <http://www.dforcesolar.com/energia-solar/cuales-son-las-mejores-condiciones-para-instalar-un-panel-solar/>

ERENOVABLE Los mejores paneles solares [en línea] disponible en: <http://erenovable.com/los-mejores-paneles-solares/>

GRAIZBORD, B., MONTEIRO F., Megaciudades y Cambio Climático: ciudades sostenibles en un mundo cambiante. 1a Edición, México, 2011, El Colegio de México, ISBN 978-607-462-257-7

IDAE, Guía técnica. Instalaciones de climatización con equipos autónomos. España, 2010, p. 108.

IDEAM, UPME, Atlas de Radiación Solar de Colombia. Bogotá: Diciembre, 2002, P. 1-175.

IEA (International Energy Agency), Energy Technology Perspectives 2014, Paris, 2014, IEA Publications, [en línea] disponible en: <http://www.iea.org/etp/>, [consultada en marzo 2015]

ILUMINET Certificación LEED Ebom torre mayor [en línea] disponible en: <http://www.iluminet.com/certificacion-leed-ebom-torre-mayor/>

ISAGEN. Certificación LEED categoría ORO ISAGEN [en línea] disponible en: https://www.isagen.com.co/comunicados/Certificacion_LEED_categoria_ORO_ISAGEN.pdf

MINISTERIO DE MINAS Normatividad Colombiana [en línea] disponible en: http://www.minminas.gov.co/minminas/index.jsp?cargaHome=2&opcionCalendar=10&id_comunicado=988, consultada en diciembre de 2014.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA INSTITUTO DE CIENCIAS NUCLEARES Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS INEA Manual de Aplicación de la Energía Eólica [en línea] disponible en: http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion/energias_alternativas/material_difusion/manualE%F3licaweb.pdf

MINISTERIO DE MINAS. Normatividad Colombiana [en línea] disponible en: <http://www.minminas.gov.co/normatividad>, [consultada en diciembre de 2014]

MONROY M. M., Manual de Iluminación ICARO, 1st ed. España: Islas canarias, 2006, p. 104.

OSMA PINTO G. A., Uso racional de la energía a partir del diseño de aplicaciones sostenibles en el edificio eléctrica II de la Universidad Industrial de Santander. Proyecto de Maestría. Bucaramanga: 2011, pp. 1-253.

PLAN ENERGÉTICO NACIONAL, Colombia Ideario Energético 2050 [en línea] disponible en: <http://www1.upme.gov.co/search/node/plan%20energ%C3%A9tico%20nacional>, [consultada en marzo de 2015]

PRICE, L., DE LA RUE DU CAN, S., SINTON, J. and WORRELL, E. Sectoral Trends in Global Energy Use & GHG Emissions. Lawrence Berkeley National Laboratory. 2006

SOLUTECNIA. [En línea] disponible en:
]http://solutechnia.com.co/j32/index.php?option=com_content&view=article&id=8&Itemid=156

TU CASA NUEVA. Ventanas como complemento verde [en línea] disponible en:
<http://tucasanueva.com.mx/hogar/las-ventanas-como-complemento-verde/>

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ESTRATÉGICA [en línea] disponible en:
<http://www.upme.gov.co/ure/index-0.html>

USGBC [en línea] disponible en: <http://www.usgbc.org/>

USGBC Brazil sustainably speaking [en línea] disponible en:
<http://www.usgbc.org/articles/brazil-sustainably-speaking>

USGBC Ecuador proves leed posible most recent leed earth winner [en línea] disponible en: <http://www.usgbc.org/articles/ecuador-proves-leed-possible-most-recent-leed-earth-winner>

USGBC LEED® for New Construction & Major Renovations [En línea] disponible en: <http://www.usgbc.org/Docs/Archive/General/Docs1095.pdf>

USGBC mexicos green building boom photos [en línea] disponible en:
<http://www.usgbc.org/articles/mexicos-green-building-boom-photos>

USGBC Peru's first LEED-certified existing building Project [En línea] disponible en: <http://www.usgbc.org/articles/perus-first-leed-certified-existing-building-project>

USGBC Us Green building council announces leed certification world cup stadiums [En línea] disponible en: <http://www.usgbc.org/articles/us-green-building-council-announces-leed-certification-world-cup-stadiums>

USGBC What is green building? [en línea] disponible en: <http://www.usgbc.org/articles/what-green-building>

USGBC. Ecuador proves leed posible most recent leed earth winner [en línea] disponible en: <http://www.usgbc.org/articles/ecuador-proves-leed-possible-most-recent-leed-earth-winner>

USHBC Homecenter Manizales [en línea] disponible en: <http://www.usgbc.org/projects/homecenter-manizales>

Ute. Consumo EFICIENTE [en línea] disponible en: <http://portal.ute.com.uy/clientes-como-rebajar-su-factura/consumo-eficiente>
VERGARA, Pedro, et al. Op- Cit.

VERGARA, Pedro, et al., Evaluación de potencial solar y eólico del campus central de la Universidad Industrial de Santander y la ciudad de Bucaramanga, Colombia. Rev. UIS. Ingeniería ,2014, vol. 13, n.2 ,p.p 49-57

WORLD GBC. [en línea] disponible: <http://www.worldGBC.com> [consultada en julio de 2014]

YAHOO RESPUESTAS ¿Como calcular la demanda térmica de (B.T.U.) necesarios por metros cúbicos .? [En línea] disponible en: <https://espanol.answers.yahoo.com/question/index?qid=20071009200632AARWiZU>

ANEXOS

ANEXO A. EQUIPOS DE MAYOR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL EDIFICIO PRINCIPAL DE ESSA.

En el anexo se muestran imágenes de los equipos de mayor consumo en el edificio principal de ESSA.

Tipos de aire acondicionado en ESSA

- Tipo Mini Split.

Figura 33. Tipo Mini Split Interior.



Figura 34. Tipo Mini Split Exterior.



- **Tipo Mini Split piso-techo.**

Figura 35. Mini Split piso-techo Interior.



Figura 36. Mini Split piso-techo Exterior.



- **Tipo Cassette Hidrónico.**

Figura 37. Cassette Hidrónico Interior.



Figura 38. Cassette Hidrónico Exterior.



Tipos de computadores en ESSA

Figura 39. Computador de Escritorio.



Figura 40. Computador Portátil.



Tipos de luminarias en ESSA.

Figura 41. Ahorrador de Energía.



Figura 42. Luminaria 4*32 W.



Figura 43. Luminaria 2*32 W.

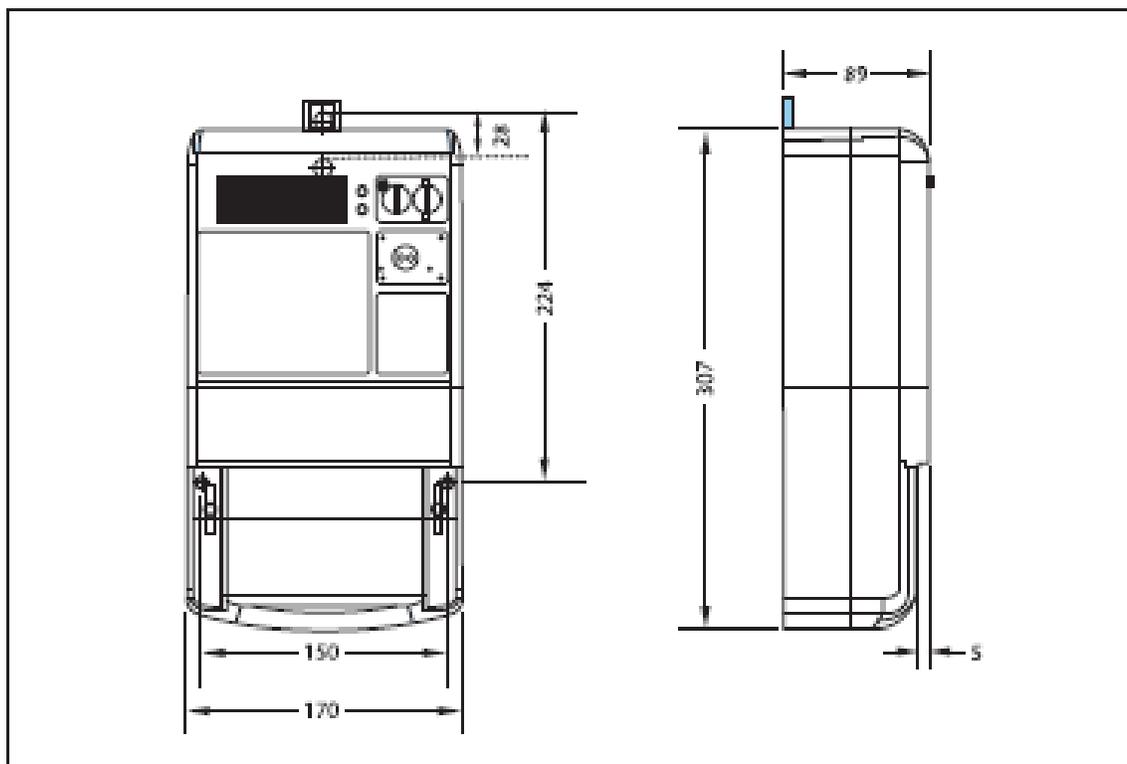


ANEXO B. CARACTERISTICAS EQUIPOS DE MEDIDA

Medidor Trifásico ELSTER A1800



Dimensiones y puntos de fijación (en mm)



Estos medidores se instalaron en los seis transformadores para registrar el consumo de todo el edificio de ESSA.

Son medidores con perfiles de carga y nos entregan tensiones, corrientes, potencia activa, potencia reactiva, energía activa, energía reactiva y factor de potencia entre otros.

Datos Técnicos

Precisión	Energía Activa 0.2 % (IEC 62053-22) 0.5 % (IEC 62053-22) 1.0 % (IEC 62053-21)	Energía Reactiva 2.0 % (IEC 62053-23) La precisión actual es mejor al 0.5 %
Corriente máxima	Continúa a 10 A Temporal (0.5 segundos) al 2000 % de la corriente máxima del medidor	
Corriente nominal	1 (10) A	5 (120) A
Corriente de arranque	Conexión Indirecta (por CT's) 1 mA	Conexión Directa <40 mA (I ₁ =5 A)
Tensión máxima	Continuo hasta 528 VAC	
Rango de tensión	Rango Nominal 58 V a 415 V	Rango de Operación 46 V a 528 V
Frecuencia	Nominal: 50 Hz ó 60 Hz ± 5 %	
Rango de temperatura	-40 °C a +85 °C en el interior de la cubierta del medidor -40 °C a +60 °C en el exterior	
Rango de humedad	0 % a 100 % no condensado	
Consumo de la fuente de poder	Menor a 3 W	
Voltaje transiente	Prueba Desarrollada Oscilatorio (IEC 61000-4-12) Transiente rápido (IEC 61000-4-4) Prueba de Voltaje de Impulso (IEC 60060-1) Prueba de Aislación AC	Resultados 2.5 kV, 60 seg 4 kV 12 kV @ 1.2/50 µs, >450 Ω (8 kV con las tarjetas opcionales) 4kV, 50 Hz por 1 minuto
Precisión del reloj interno	Mejor que 0.5 segundos/día (mientras esté energizado)	
Comunicaciones	Puerto Óptico Protocolos del Puerto Óptico Puertos Seriales Protocolos del Puerto Serial	Los componentes físicos cumplen las normas IEC 62056-21 ó ANSI C12.18
	1200 bps a 28,800 bps ANSI C12.18 y C12.19 1200 bps a 19,200 bps ANSI C12.21 y C12.19	

Medidor Trifásico para sistemas AMI



1. Detalles del Producto	
Nombre:	Medidor trifásico para sistemas AMI medida semidirecta
Tipo de instalación	Riel DIN
Modelo	UIS-3I
Marca	YTL
Corriente	1.5(6)A
Voltajes	3*110*220V
Frecuencia	50-60HZ
Tipo de display	LCD
Clase o precisión	0.5
Constante de impulsos	1000imp/kWh
Corriente de arranque	0.004Ib
tipo de conexión	semidirecta con CT externo
Puertos de comunicación	RS485
Consumo de energía	≤8VA ≤0.4Wh
material de carcasa	PC (Poli Carbonato)
Tamaño	90*35.9*73
Certificados	CE MID ISO9001
	IEC62052-11
	IEC62053-21
	IEC62053-22
	IEC62053-23
Standard	CE

2.Funciones y Características

A.Comunicación bajo RS485, Protocolo: propietario encriptado.

B.Solo 35.9mm de ancho, es el medidor mas pequeño del mercado para instalación en riel DIN.

C.Permite lecturas en display tales como, fecha, corriente por fase, voltaje por fase, frecuencia, factor de potencia por fase y total, potencia activa y reactiva por fase y total, energía activa y reactiva.

D. permite variar el factor de multiplicación cuando se usan transformadores de corriente y voltaje, para tener medidas reales del sistema.

3. Dimensiones:

4.Diagrama de conexión:

Este medidor se instaló para medir el consumo de energía de un computador portátil, un computador de escritorio y de una luminaria.

Con estas medidas se obtiene la curva característica de cada uno de los equipos mencionados.

Analizador de Redes (FLUKE)



Referencia: FLUKE 435 Serie II Power Quality Analyzer.

Características Técnicas

	See explanation in Users Manual		DOUBLE INSULATION (Protection Class)
	Live voltage		Earth Ground
	Static sensitive components (black/yellow).	 Ni MH	Recycling information
	Disposal information		Conformité Européenne
	Safety Approval		Safety Approval

Voltage inputs

Number of inputs	4 (3 phases + neutral) DC coupled
Maximum input voltage	1000 Vrms
Nominal Voltage range	50...500 V internally divided in three ranges 500 V, 250 V and 125 V
Maximum peak voltage	6 kV
Input impedance	4 M Ω // 5 pF
Bandwidth	> 10 kHz, up to 100kHz for transient display
Scaling	1:1, 10:1, 100:1, 1000:1 and variable

Current inputs

Number of inputs	4 (3 phases + neutral) DC coupled
Type	Clamp on current transformer with mV output
Nominal input Range	0 - \pm 5.625 Vpeak, 0 - 3.97 Vrms sinewave
Range	1..400 Arms with included clamps (I400S) 0.1..3000 Arms with optional clamps
Input impedance	50 k Ω
Bandwidth	>10 kHz
Scaling	0.1, 1, 10, 100, 1000 mV/A, variable, i5s and i430flex

DISPLAY MODES

Waveform display	Available in Scope and Transient mode
	Captures 8 waveforms simultaneously
	Display update rate 5x per second
	Up to 10/12 times horizontal zoom
Phasor	Cursors: Single vertical line showing min, max, avg reading at cursor position.
	Shows real time phasor diagram
	Available in Scope and Unbalance mode
Meter readings	Display update rate 5x per second
	Available in Volts/Amps/Hertz, Harmonics, Power & Energy, Flicker, Unbalance and Logger4 mode.
AutoTrend graph	Available in Volts/Amps/Hertz, Dips & Swells, Harmonics, Power & Energy, Flicker, Unbalance, Inrush, Mains Signaling4 Logger4 and Monitor mode
	Cursors: single vertical line showing with min, max, avg reading at cursor position.
Bargraph	Available in Harmonics and Monitor mode
Eventlist	Available in Dips & Swells Mains Signaling4, Logger4 and Monitor mode

Este analizador de redes nos entregan tensiones, corrientes, potencia activa, potencia reactiva, energía activa, energía reactiva, factor de potencia y armónicos entre otros.

Este equipo se instaló para medir el consumo de energía de una unidad de aire acondicionado, para obtener la curva característica de este equipo.

ANEXO C. KITS DE PANELES SOLARES

Tabla 41. Precio de kits de paneles solares y sus accesorios.

KIT	PANEL	AREA M2	Bateria A/h	Regulador	Voltaje Controla	Pot Maxima W	Energia kWh/mes	kWh/di a	PRECIO
100 Watios	1x100	0,8	1x55	10A,PWM	12	300	4,5 a 12	0,4	\$ 1.419.850,00
130 Watios	1x130	1,2	1X100	10A,PWM	12	300	6 a 15	0,48	\$ 1.531.750,00
150 Watios	1x150	1,2	1X100	20A,PWM	12	1000	7,5 a 18	0,6	\$ 2.182.450,00
260 Watios	2x130	2,4	2x100	20A,PWM	24	1000	12 a 30	1	\$ 2.941.050,00
300 Watios	2x150	2,5	2x100	20A,PWM	24	1000	12 a 30	1,2	\$ 3.010.650,00
400 Watios	4x100	2,5	2x120	20A,PWM	24	1000	20 a 45	1,2	\$ 3.697.800,00
520 Watios	4x130	5,4	2x150	40A,PWM	24	1000	25 a 60	2	\$ 4.638.830,00
600 Watios	4x150	5,4	4x100	40A,PWM	24	1000	30 a 70	2,1	\$ 5.279.630,00
900 Watios	6x150	7,2	4x150	60A,PWM	24	1500	50 a 100	3,2	\$ 7.538.410,00

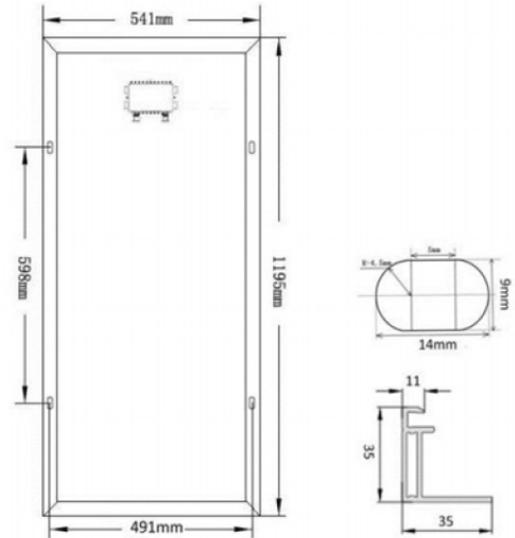
Fuente: SOLUTECNICA. [en línea] disponible en: http://solutecnia.com.co/j32/index.php?option=com_content&view=article&id=8&Itemid=156

Características Panel de 100 W.

Características eléctricas

Referencia	YB125M36-100W
Tipo de celdas	Silicio monocristalino
Potencia nominal (Wp)	100 W
Voltaje de máxima potencia (Vmp)	18,02 V
Corriente de máxima potencia (Imp)	5,56 A
Voltaje de circuito abierto (Voc)	22,01 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	6,31 A
Eficiencia de celdas (%)	17,70%
Numero y tipo de celdas	36 (4x9), 125x125 mm
Dimensiones del módulo	1195x541x35 mm
Voltaje máximo del sistema	1000 V
Peso por unidad	8,0 kg
Caja de conexiones y conectores	PV-JB001 (TUV), MC-4
Condiciones de prueba estándar	1000W/m ² AM1.5 25°C
Garantía	2 años (100%) - 25 años (80%)

Dimensiones



1x Panel 100W

1x Batería 55Ah

1x controlador 12V

1x inversor 300W

Voltaje de circuito abierto (Voc) = 21.2V

Corriente de cortocircuito (Isc) = 6.31A

Voltaje de máxima potencia (Vmp) = 18V

Corriente de máxima potencia (Imp) = 5.56A

Voltaje de salida: 110VAC, 60Hz

Producción de energía (estimada): 4.5 - 12 kWh/mes

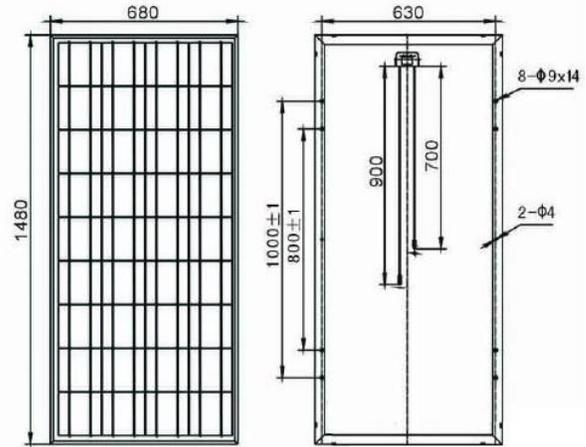
Peso: 8 kg.

Características Panel de 130 W.

Características eléctricas

Referencia	YB156P36-130W
Tipo de celdas	Silicio policristalino
Potencia nominal (Wp)	130 W
Voltaje de máxima potencia (Vmp)	18,00 V
Corriente de máxima potencia (Imp)	7,22 A
Voltaje de circuito abierto (Voc)	21,60 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	8,36 A
Eficiencia de celdas (%)	14,9 %
Numero y tipo de celdas	36 (4x9), 156x156 mm
Dimensiones del módulo	1480x680x35 mm
Voltaje máximo del sistema	1000 V
Peso por unidad	12,0 kg
Caja de conexiones y conectores	PV-JB001 (TUV), MC-4
Condiciones de prueba estándar	1000W/m ² AM1.5 25°C
Garantía	5 años (100%)

Dimensiones



1x Panel 130W

1x Batería 100Ah

1x controlador 12V

1x inversor 300W

Voltaje nominal (Vnom) = 12V

Voltaje de circuito abierto (Voc) = 21.2V

Corriente de cortocircuito (Isc) = 7.87A

Voltaje de máxima potencia (Vmp) = 18.1V

Corriente de máxima potencia (Imp) = 7.22A

Voltaje de salida: 110VAC, 60Hz

Producción de energía (estimada): 6– 15kWh/mes

Peso: 13.5 kg.

Rango de valores de radiación solar en Colombia por kWh/m², ver figura.

