

**CARATULA**  
**DISEÑO ELECTRICO Y ESTUDIO BIOCLIMATICO DE ESTACION DE POLICIA**  
**CON LA APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS CON EL CONCEPTO DE**  
**EDIFICIOS ENERGÍA CERO EEC EN ESTACIONES POLICIALES**

**INGRID PAOLA ROJAS LANDINEZ**  
**FELIX HERNAN ARAGON**  
**DAGNOBER LOAIZA ECHEVERRY**

**ESCUELA TECNOLÓGICA INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL “La Salle”**

**Trabajo Profesional Integrado**

**Bogotá D.C.**

**2019**

**DISEÑO ELECTRICO Y ESTUDIO BIOCLIMATICO DE ESTACION DE POLICIA  
CONDUCENTE A LA APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS CON EL  
CONCEPTO DE EDIFICIOS ENERGÍA CERO EEC EN ESTACIONES POLICIALES**

**INGRID PAOLA ROJAS LANDINEZ  
FELIX HERNAN ARAGON  
DAGNOBER LOAIZA ECHEVERRY**

**Trabajo de grado dirigido por:  
Gustavo Veloza Zea  
Ingeniero**

**ESCUELA TECNOLÓGICA INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL “La Salle”**

**Trabajo Profesional Integrado**

**Bogotá D.C.**

**2019**

## DEDICATORIA

*Este trabajo de grado está dedicada a Dios que hace posible que podamos razonar, a nuestros familiares especialmente a nuestros compañeros por entender nuestras ausencias, por sus consejos, sus valores, por la motivación que nos ha permitido ser perseverantes, pero más que nada, por su amor, a nuestros tutores y a la dirección de la escuela que con sus programas y apoyo hace posible esta formación.*

## AGRADECIMIENTO

*Dios nuestro creador por habernos permitido este esfuerzo y a pesar de los inconvenientes lograr nuestros objetivos, por esa infinita bondad y amor.*

*También agradecemos a nuestros docentes por su gran apoyo y dedicación*

*Para la culminación de nuestro estudio en la especialización y para la elaboración de esta tesis; por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional.*

## ABSTRACT

Currently the National Police Stations of Colombia that are in service, mostly lack basic welfare conditions relating to human comfort because the design of the buildings did not take into account in their conception the weather conditions or the physical determinants of the site where they were implanted; resulting in inefficient buildings with a high degree of thermal discomfort and forcing its occupants to develop themselves, modifications and installation of additional equipment in buildings, to counteract the discomfort in which they find themselves.

This situation has generated buildings consume a large amount of energy to meet the needs of welfare and product of inefficiency, the occupant has been forced to implement ineffective solutions in search of comfort through impractical methods or mechanical systems of very high energy consumption, generating buildings with high maintenance and operation requirements.

That is why, it is important to propose solutions that provide the necessary thermal comfort to the occupants of police stations, minimize the excessive consumption of electricity through natural systems, and as a technological innovation, implement renewable energy generation systems to be used in the same building, in such a way that the use of energy generated by non-renewable means is applied to the greatest extend

## RESUMEN

Actualmente las Estaciones de la Policía Nacional de Colombia que se encuentran en servicio, carecen en su gran mayoría de condiciones básicas de bienestar referente al confort humano debido a que el diseño de las edificaciones no tuvo en cuenta en su concepción las condiciones del clima ni las determinantes físicas del sitio donde fueron implantadas; dando como resultado edificaciones poco eficientes con alto grado de incomodidad térmica y obligando a sus ocupantes a desarrollar por sí mismos, modificaciones e instalación de equipos adicionales en las edificaciones, para contrarrestar el disconfort en el que se encuentran.

Esta situación ha generado que las edificaciones consuman una gran cantidad de energía para lograr suplir las necesidades de bienestar y producto de la ineficiencia, el ocupante se ha visto en la obligación de implementar soluciones poco efectivas en busca del confort mediante métodos poco prácticos o sistemas mecánicos de muy alto consumo energético, generando edificaciones con altos requerimientos de mantenimiento y operación.

Es por esto que, es importante proponer soluciones que brinden el confort térmico necesario a los ocupantes de las estaciones de Policía, minimizar el consumo excesivo de electricidad mediante sistemas naturales, y como innovación tecnológica, implementar sistemas de generación de energía por medios renovables para ser utilizada en la misma edificación, de tal forma que se supla en la mayor medida el uso de energía generada por medios no renovables.

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

A.D

*José Gustavo Velozza Zue*  
*Velozza*

Nombre y Firma Presidente de Jurados

Nombre y Firma Jurado 1

Nombre y Firma jurada 2

Bogotá D.C., fecha 17 de Junio de 2019

Anexo No. 1

**ARTICULO 21. RESPONSABILIDAD.** Ni la escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, ni el asesor, ni los jurados calificadores son responsables de las ideas expuestas por los autores del trabajo de grado.

## Contenido

1 INTRODUCCION.....	10
2,ANTECEDENTES .....	11
3.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
3.1 OBJETIVOS.....	13
3.1.1 Objetivo general .....	13
3.1.2 Objetivos específicos.....	14
4.JUSTIFICACION .....	14
5. DELIMITACIÓN, LIMITACIONES O ALCANCE.....	15
5.1 GEOGRAFICA .....	15
Figura 1. Ubicación geográfica Municipio de Florida en Colombia.....	17
5.1.1 Información geográfica.....	17
5.1.2. Localización en la región.....	17
Figura 2. Ubicación geográfica Municipio de Florida en Colombia.....	17
Figura 3. Fuente: Elaboración propia. ....	19
5.2 CRONOLOGICA.....	19
5.3 CONCEPTUAL.....	20
5.4 Avances tecnológicos en edificios de energía cero .....	22
BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS.....	39
6.METODOLOGIA.....	40
6.1 Temperatura.....	40
Figura 4. Tabla 1. Nota. Fuente: Adaptado a partir de datos del Instituto de Hidrología, Meteorología.....	41
6.2 Humedad Relativa .....	42
6.3 Precipitación.....	43
6.4. Brillo Solar .....	44
6.5 Radiación solar .....	45
6.6 Vientos predominantes .....	46
6.7.1 OPTIMIZACION DE CARGAS POR AREAS POR CLIMA CALIDO .....	54
6.7.2 OPTIMIZACION DE CARGAS POR AREAS POR CLIMA FRIO .....	57
6.7.3 Localización proyecto eléctrico.....	62

6.8 CALCULO DE MEDIAS HORARIAS DE TEMPERATURAS Y HUMEDADES RELATIVAS .....	62
6.8.1. TRAYECTORIA SOLAR.....	65
6.9 CARACTERISTICAS DEL PROYECTO.....	67
6.9.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....	67
6.9.2. PROGRAMA DE ESPACIOS .....	68
6.10. Reducción de cargas eléctricas.....	68
6.11. Implementación de sistemas de generación de energía disponibles.....	69
6.16 Reducción de cargas eléctricas.....	73
6.16.1 Optimización del diseño eléctrico para reducir las cargas eléctricas innecesarias.....	74
7. Procedimiento efectuado .....	74
8. Implementación de sistemas de generación de energía disponibles.....	78
8. 1. Energía solar fotovoltaica.....	78
8.2 Energía Eólica.....	79
8. CALCULOS ELECTRICOS.....	80
10. ANALISIS DE COSTOS DEL PROYECTO .....	86
11. COSTO BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACION DE ENERGIA DEL PROYECTO .....	87
12. ANEXOS.....	88
PLANOS ELECTRICOS .....	88
Bibliografía y referencias .....	96

## 1 INTRODUCCION

Tal y como lo expresa Serra (1999), en su libro *Arquitectura y climas*, “*Los edificios son barreras a la lluvia, al viento y, a veces, filtros sutiles a la luz y al calor. Rodeados de entornos variables, donde cambian el día y la noche, el calor y el frío, el viento y la calma, la lluvia y el sol; se convierten en refugios de artificiales condiciones, como islas de tranquilidad en un mundo incómodo*”(p. 7), es visible concluir que no debe ser posible concebir la arquitectura sin tener en cuenta el medio que la rodea, y se hace evidente que al existir una relación armónica entre el hombre, naturaleza y arquitectura, florece la finalidad de nuestra profesión, que es la de proporcionar al ser humano su bienestar mediante la búsqueda del confort, sin olvidar el medio natural y realizando propuestas estéticamente bellas.

Ahora bien, si el hombre olvida el medio natural, lo cambia o lo deteriora, se afecta de forma visible su equilibrio, produciéndose fenómenos físicos que alteran el bienestar humano, tales como el calentamiento global, producidos por las grandes emisiones principalmente de CO<sub>2</sub> a la atmósfera causadas en gran medida por la generación de energía por medio de combustibles fósiles y en general por fuentes no renovables, lo que conlleva a la degradación de los recursos naturales.

En este contexto, es muy importante la aplicación de la teoría y metodología de diseño Bioclimática ya que de esta manera es posible proporcionar al ocupante del confort necesario para su salud y bienestar; y de otro lado, al implementar sistemas naturales o pasivos en la edificación ya sea para climatización, iluminación, etc., se está haciendo un aporte significativo al ahorro en el consumo energético; sin embargo, en el presente trabajo, se pretende realizar un aporte adicional a nivel de la gestión energética en la edificación, implementando sistemas de generación de energía por medios renovables disponibles en el sitio, con el fin de llegar a un balance energético, donde la energía que se genere sea la misma que se consuma.

## 2, ANTECEDENTES ESTADO DEL ARTE.

Las energías alternativas también son conocidas como energías renovables, energías limpias o energía verde, ya que se captura mediante un proceso la energía disponible de un medio ambiente siendo almacenada para ser utilizada directamente o transformada en corriente alterna para los usos en iluminación, maquinarias o electrodomésticos. Se presenta una reseña histórica breve de las energías renovables, como son solar térmica, solar fotovoltaico, eólica, geotérmica, mareomotriz, biomasa e hidráulica, señalando las ventajas, desventajas y la eficiencia del uso de las energías renovables. Las energías renovables crean un flujo continuo y se disipan a través de ciclos naturales que se estima son inagotables, ya que su regeneración es incesante. Este tipo de energía es el que se explicará en detalle más adelante, en donde se definirán todos sus tipos y por consiguiente sus usos. Para este estudio se citan las siguientes.

- **Solar térmica** Un hecho fundamental en la historia de la energía solar térmica la originó en Suiza, Horace de Saussure en el año de (1767) cuando inventó lo que se denominó como Caja Caliente. Saussure era conocedor del efecto invernadero que se produce en todo espacio cerrado que cuenta con una apertura acristalada por donde entra la radiación solar y decidió potenciar al máximo el efecto para comprobar hasta que temperaturas se lograba alcanzar. Para ello dispuso una caja acristalada con el interior pintado de negro.

- **Solar fotovoltaica** Alexandre Edmond Becquerel descubrió el efecto fotovoltaico en el año de (1839), mismo que consiste en la transformación directa de la luz en electricidad utilizando un semiconductor, algunos años más tarde, en (1877), el inglés William Grylls Adams profesor de Filosofía Natural en la King College de Londres, junto con su alumno Richard Evans Day, crearon la primera célula fotovoltaica de selenio. Un siglo más hasta que Gerald Pearson de Laboratorios Bell, patentó la primera célula fotovoltaica en el año de (1953), fabricó casi accidentalmente una célula fotovoltaica basada en este material que resultaba mucho más eficiente por su forma.

**el funcionamiento de los molinos de viento**, sin embargo, hasta hace poco tiempo la generación de electricidad a través de aerogeneradores no ha jugado un papel importante. La primera persona que utilizó el viento para generar electricidad fue Charles F. Brush, en el año de (1888), quien construyó el molino de poste Brush, en Cleveland, Ohio. Parecía un ventilador gigante con una cola que podía hacer girar el rotor con el viento. El molino de poste producía alrededor de (12 kV), cantidad que cargaba las baterías en el sótano de la casa de Brush. Éstas suministraban energía a las lámparas y a pequeños motores eléctricos.

A continuación se citan algunos proyectos desarrollados en la Universidad Distrital: Estudio de una alternativa para disminuir el consumo de energía eléctrica del compresor SULLAIR en la empresa Groupe Seb Colombia, 2011. Metodología de evaluación y resultados sobre tres casos de estudio en Colombia, Estudio y diseño de un sistema híbrido utilizando energías alternativas. Para el alumbrado de la cancha de microfútbol de la fundación vida y liderazgo en el barrio ubicado Monte Blanco Localidad de Usme, 02 Agosto de 2015. Viabilidad técnica y económica del diseño de un sistema de extracción de agua subterránea empleando energía eólica, usado en riego por goteo para cultivos de hortalizas, 15 junio de 2016. <http://hdl.handle.net/11349/2817>.

Metodología para el cálculo de energía extraída a partir de Biomasa en el departamento de Cundinamarca, 3 de mayo de 2016. <http://hdl.handle.net/11349/>.

años 80, programa de Telecomunicaciones Rurales de Telecom, con la asistencia técnica de la Universidad Nacional. En el proyecto se instalaron generadores fotovoltaicos de 60 Wp (vatio pico) para radioteléfonos años 80, 1985 y 1994, se importaron 48.499 módulos solares para una potencia de 2,05 MWp. De los cuales, se utilizaron 20.829 para telecomunicaciones rurales, logrando una potencia de 935,5 kWp. Y otros 20.829 se utilización en electrificación rural, logrando una potencia alrededor de 953,5 kWp

80 hasta los años 90 se estimaba un desarrollo o crecimiento del mercado fotovoltaico anual, del orden de 300 kW.

Corpoema e IPSE en el año 2010, indicaban que para ese periodo Colombia contaba con una potencia instalada de 9 MWp; Según el IPSE, en ese mismo año se tendrían 15.000 sistemas solares fotovoltaicos instalados, los cuales suministrarían energía para iluminación, radio y tv.

El Instituto Colombiano de Energía Eléctrica (ICEL), desarrollo alrededor de 370 proyectos de instalación de sistemas solares fotovoltaicos individuales, los cuales se encuentran instalados en los departamentos: Vichada, Guaviare, Guainía, Vaupés y Amazonas. Estos constan de un módulo fotovoltaico de 51-53 Wp (vatio pico), una batería de 60-72 Ah (Amperio hora), regulador de 12 A (Amperio), uno o dos tomacorrientes y 2 a 3 lámparas fluorescentes.

En el año 2012 se instaló un sistema solar fotovoltaico autónomo de 800 Wp en el despacho de la rectoría de la Universidad Tecnológica del Chocó, en la ciudad de Quibdó.

El Instituto IPSE ha desarrollado proyectos, los cuales para el año 2015 beneficiaron 201.742 usuarios con más de 108 entes prestadores del servicio eléctrico. Brindando una capacidad operativa de 215.568 KW, entre estos 2.600 KW en energías renovables.

### 3.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad las estaciones de policía presentan falta de confort para sus individuos que la habitan y consumo de energía que genera costos elevados al presupuesto de la institución, generando efectos negativos en el medio ambiente.

#### 3.1 OBJETIVOS

##### 3.1.1 Objetivo general

El propósito de este trabajo es realizar el diseño eléctrico y bioclimático de una Estación de Policía, la cual cuente con condiciones óptimas de confort, minimice el

consumo energético mediante métodos naturales e incorpore sistemas de generación de energía por medios renovables para ser utilizada en la misma edificación.

### 3.1.2 Objetivos específicos

- Realizar el procedimiento de optimización de la carga disminuir al máximo la demanda energética de la edificación sin afectar el normal funcionamiento de la edificación.
- Optimización del sistema de iluminación mediante la determinación de utilizar sistema LED de bajo consumo y alta duración.
- Definición preciso de las funciones que van a realizarse en cada espacio para determinar la cantidad de aparatos eléctricos o electrónicos a utilizar.
- Utilización de equipos eléctricos o electrónicos con política de bajo consumo.
- Utilización de sistemas de climatización natural
- Utilización de sistemas naturales de calentamiento de agua (de acuerdo al clima).
- Aplicar la teoría y metodología Diseño Bioclimática a una Estación de Policía, con el fin de proporcionar al usuario un adecuado confort.
- Identificar y proponer otras estrategias que minimicen el consumo energético de la edificación.
- Identificar y proponer alternativas que puedan permitir la generación de energía en la edificación.

## 4.JUSTIFICACION

La necesidad de mejorar la condiciones de confort de los habitantes y visitantes de la estación, en este caso los agentes de policía que tienen que enfrentar a diario, problemas de orden público, la siembra de cultivos de uso ilícito, el desplazamiento de

los habitantes del sector por parte de grupos al margen de la ley y desastres naturales, delincuencia común, se ven afectados por la falta de confort y los altos costos de la energía en el presupuesto, teniendo en cuenta la actualidad tecnológica de las energías renovables, las políticas de apoyo institucional, los daños al medio ambiente que causa la energía convencional, después de tantos factores negativos, se da la necesidad del apoyo por parte nuestra y de igual manera poner a prueba los conocimientos adquiridos en el estudio como Especialistas y llevarlos a la práctica, sabiendo que se llevará a cabo un trabajo en conjunto con la institución.

Mediante el trabajo de concepción del diseño eléctrico y la incorporación de la técnica bioclimática en el proceso de una Estación de Policía, se mejora significativamente el confort térmico del ocupante y se reduce el consumo energético de la edificación mediante el uso de sistemas pasivos.

De otro lado, al incorporar al diseño sistemas de generación de energía por medio renovables en la misma, es posible alcanzar un balance energético, donde la energía que se genere sea la misma que se consuma.

## 5. DELIMITACIÓN, LIMITACIONES O ALCANCE

El proyecto al ser institucional nuestro alcance llegara hasta el diseno electrico y las recomendaciones de diseno bioclimatico.

### 5.1 GEOGRAFICA

El proyecto se ubica en el Municipio de Florida, Departamento del Valle del Cauca, en la Región Andina Colombiana, denominada así por la cordillera de los Andes la cual se extiende por gran parte del continente suramericano por el costado del Océano Pacífico, y que en Colombia, se divide a su vez en tres cordilleras así: la oriental, la central y la occidental.

El Municipio de Florida, se encuentra localizado en el valle geográfico del río Cauca, entre las cordilleras occidental y central, cerca al piedemonte de la última, a una distancia de aproximadamente 42 km de la Capital del Departamento, Santiago de Cali.



## Figura 1. Ubicación geográfica Municipio de Florida en Colombia

Fuente: Adaptado a partir de <http://maps.google.com>

### 5.1.1 Información geográfica

Latitud: 3° 19' 37,22" Norte (3.32)

Longitud: 76° 14' 14,34" Oeste (-76.23)

Altura sobre el nivel del mar: 1.038 MSNMM

Huso horario: GMT (-5:00)

### 5.1.2. Localización en la región

El Municipio de Florida se encuentra localizado al sur-oriente de la ciudad de Palmira y de Santiago de Cali, actual Capital de Departamento.

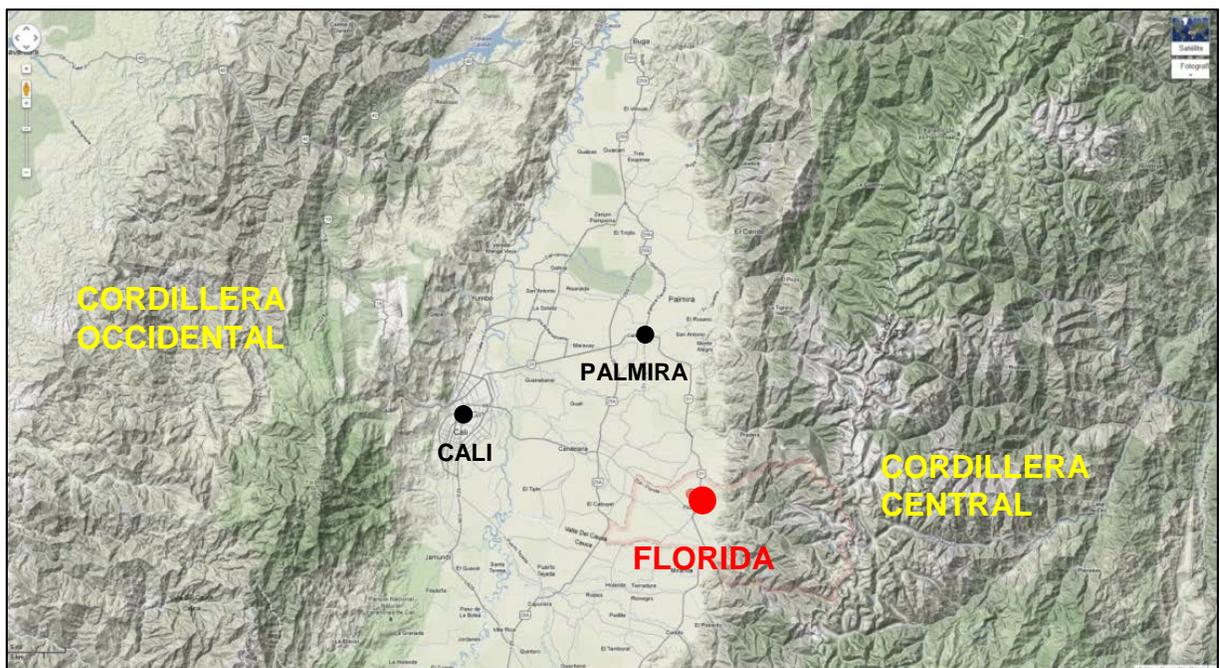
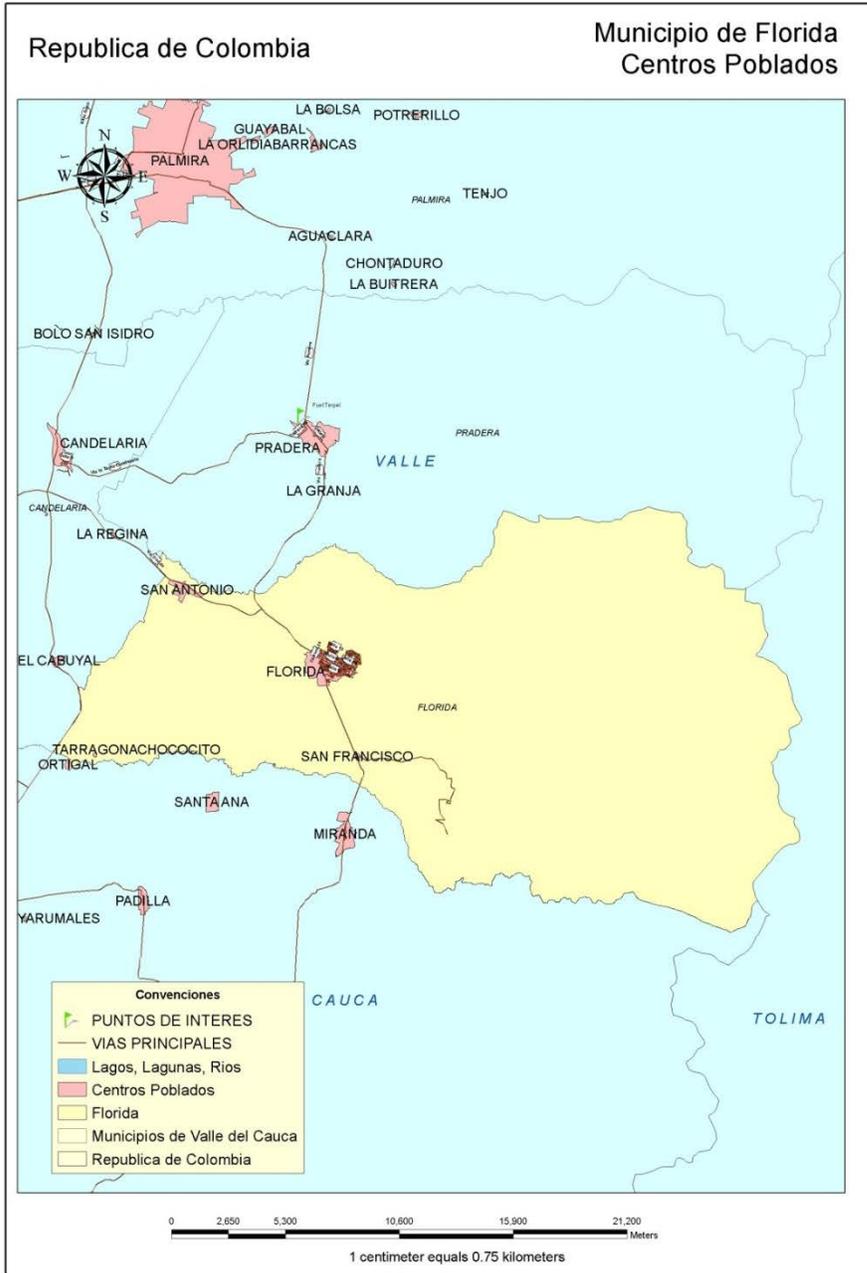


Figura 2. Ubicación geográfica Municipio de Florida en Colombia

Fuente: Adaptado a partir de <http://maps.google.com>



**Figura 3. Paisaje natural de la región, vista desde el municipio al valle del río Cauca**



**Figura 3. Fuente: Elaboración propia.**

## 5.2 CRONOLOGICA

El diseño se desarrolla en seis meses

## 5.3 CONCEPTUAL

### EFICIENCIA ENERGETICA Y LA CONSTRUCCIÓN<sup>1</sup>

#### **Eficiencia energética**

Conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Esto se realiza mediante la implementación de medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y hábitos culturales de los ocupantes en la edificación.

#### **Edificio energéticamente eficiente**

Aquel que minimiza el uso de las energías convencionales (en particular la energía no renovable), a fin de ahorrar y hacer un uso racional de la energía. La eficiencia energética es el cociente entre la energía útil o utilizada por un sistema y la energía total utilizada que también se le llama rendimiento energético.

En la medida que el consumo de energía por unidad de producto producido o de servicio prestado sea cada vez menor, aumenta la eficiencia energética.

#### **Edificio de baja energía**

Edificación en la cual se utiliza menos energía que en uno convencional. Como comparativo se puede establecer, que la edificación deba consumir la mitad de la energía respecto a los estándares de las normas de eficiencia energética edilicia de los países que la poseen. Generalmente estas edificaciones utilizan altos niveles de aislamiento térmico, eficiencia energética, ventanas con dobles o triples vidrios, bajos niveles de infiltración de aire, entre otras. Y desde ya es imperativo el uso de técnicas de diseño solar pasivo o tecnologías solares activas.

### **CONCEPTO GENERAL EDIFICIOS ENERGIA CERO EEC**

Un edificio de energía cero cubre todas sus necesidades energéticas gracias a su diseño y sus materiales eficientes y a las fuentes renovables instaladas en el mismo, por lo que no emite dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Las ventajas de estos edificios en la

---

<sup>1</sup> Sergio Bonilla Hernández, (2009), Construcción de edificios energéticamente eficientes, Trabajo Comunal Universitario, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

lucha contra el cambio climático y la dependencia energética de los combustibles fósiles ha convencido a las autoridades de Reino Unido, que obligarán, a partir de 2016, a que todas las nuevas viviendas sean de este tipo. Asimismo, en otros países del mundo también se está invirtiendo en su desarrollo, aunque el elevado precio de construcción y el bajo desarrollo de estas tecnologías ecológicas frenan por el momento su generalización.

Se habla de edificios de energía ultra-baja cuando no siendo cero tratan de gastar lo menos posible, y edificios de energía plus cuando son capaces incluso de generar más energía de la que necesitan, pudiéndola almacenar o vender a la red eléctrica.

No obstante, los criterios utilizados en los distintos países a la hora de lograr el balance energético son muy diversos, por lo que no hay una definición única ni un estándar que determine las características precisas que debe contar una construcción de energía cero.

Por un lado, los sistemas activos para lograr electricidad y calor basados en energías renovables ofrecen varias posibilidades, como los paneles solares, los aerogeneradores, los biocombustibles, la biomasa o las células de combustible basadas en hidrógeno. Por ejemplo, un edificio que sólo incorpore paneles solares fotovoltaicos puede conseguir una reducción de sus necesidades energéticas entre un 15% y un 30%.

Por otro lado, las técnicas pasivas, como el aislamiento térmico o el aprovechamiento del calor solar o incluso el metabólico, generado por sus ocupantes, pueden conseguir que el consumo energético destinado a climatizar el edificio se reduzca entre un 70% a un 90% sin necesidad de sistemas de generación eléctrica.

En definitiva, un edificio de energía cero aglutina una serie de tecnologías medioambientales que para lograr sus objetivos puede hacer un mayor hincapié en los sistemas pasivos de eficiencia energética, o en sistemas más activos de generación eléctrica mediante fuentes renovables.

Por ello, antes de empezar diseño, los diseñadores de estas casas ecológicas utilizan sofisticadas herramientas informáticas de simulación 3D para incorporar, de la mejor manera posible, aspectos como el emplazamiento y su orientación, el clima local, los materiales empleados, el aislamiento térmico, la iluminación, o la eficiencia de los sistemas eléctricos y de climatización. En este tipo de edificios, los consultores ambientales o los expertos en bioclimática son una parte importante del proyecto.

Por su parte, y más como una crítica que como un inconveniente, también se recuerda que la mayoría de las definiciones de edificios de energía cero no incluyen las emisiones generadas en la construcción del mismo.

**Generación de energía.** En el caso de casas individuales, se pueden utilizar varias tecnologías de microgeneración para proporcionar calor y electricidad al edificio.

- **Electricidad:** mediante celdas solares (fotovoltaicas), aerogeneradores (energía eólica) y celdas de combustible (hidrógeno)..
- **Fluctuaciones en la demanda:** Para hacer frente a fluctuaciones en la demanda de calor o energía eléctrica, los edificios de energía cero, usualmente están conectados a la red y poseen medidores de doble vía. **De esta manera exportan electricidad durante el día y la importan durante la noche. La gran ventaja es evitar los altos costos de las baterías estacionarias y su mantenimiento para acumular la electricidad.** Se requiere de legislación específica y una política de subsidios para implementarlo. **Es muy difícil en países donde los servicios son privados y el poder del estado débil.** Otra posibilidad es que los edificios sean completamente autónomos (no conectados a la red), pero los costos iniciales son muy superiores y difícilmente amortizables sin subsidios.

## ENFOQUES DE DEFINICION EDIFICIOS ENERGIA CERO EEC

### 5.4 Avances tecnológicos en edificios de energía cero

El texto define estos edificios como construcciones “en las que, como resultado de un alto nivel de eficiencia energética, el consumo anual de energía es igual o menor que la producción energética procedente de fuentes renovables situadas en la propia edificación”.

El término de edificio de energía cero EEC se atribuye a una edificación en donde la cantidad de energía usada en un periodo definido es proporcionada en sitio por fuentes de energía renovables. Así, la visión de un EEC es acumular tanta energía que usa, manteniendo un nivel aceptable de servicio y funcionalidad. Además, los edificios pueden cambiar energía con la red de suministro en tanto se mantenga un balance neto de energía cero en el período definido.

El consumo de energía de un EEC puede ser definido o medido de varias formas:

**Energía cero en sitio:** En este tipo de EEC la cantidad de energía producida por fuentes de energía renovables es al menos tanta como la que se usa en un año.

**Energía cero neta:** Un edificio puede considerarse EEC si el 100% de la energía que compra proviene de fuentes de energía renovables, aunque la energía no se genere en sitio.

**Emisiones de energía cero:** El EEC produce (o compra) suficiente energía libre de emisiones para compensar las emisiones de toda la energía usada en un año.

**Costo cero de energía:** En un EEC de este tipo el costo de comprar energía es balanceado por la venta de electricidad generada en sitio. Esta definición, como la de energía cero en sitio, es fácil de verificar con los recibos de la suministradora.

La idea principal en un EEC es que las necesidades de energía sean reducidas en gran medida a través de ganancias de eficiencia, de tal forma que pueda cubrir todas sus necesidades de energía desde fuentes sin contaminación y renovables.

Diseño del edificio con estrategias de uso de luz natural, los aislamientos y equipos eficientes que usen tan poca energía como sea posible.

Los EEC cuenta con las siguientes características:

**Eficiencia:** La energía evitada en un EEC es energía que el edificio no tiene que producir. Los pasos para alcanzar la máxima eficiencia son:

- Reducción de carga: reducir cada carga consumidora de energía al mínimo y eliminar las cargas innecesarias.
- Eficiencia del sistema: Cubrir las cargas remanentes tan eficientemente como sea posible. Optimizar la eficiencia del sistema como un todo.
- Sistemas regenerativos: usar la energía de desperdicio para propósitos útiles.
- Sistemas renovables: Generar energía de fuentes renovables.

**Diseño integrado:** Cuando los involucrados (diseñadores de todas las disciplinas que intervienen en el diseño) colaboran en el diseño y la construcción.

**Energía renovable en sitio como prioridad:** La energía renovable generada en el sitio tiene la mayor duración en la vida del edificio y conlleva a las menores pérdidas de la red, comparadas con las fuentes de la suministradora. Las unidades para generación de energía renovable son más pequeñas. Se disminuyen los costos y las pérdidas de energía debido a su cercanía a la carga final.

**Posibilidad de conectar a la red:** Dependiendo de la capacidad de las fuentes de energía renovable, los EEC también pueden vender energía.

**Monitoreo y verificación:** Una vez que el edificio esté en funcionamiento, es necesario el monitoreo y la verificación para corroborar los valores de diseño.

Aspectos a tener en cuenta en el diseño de un EEC:

- Clima: características del clima para tener en cuenta en el diseño (bioclimática).

- Iluminación natural: minimizar al máximo la iluminación artificial que tiene mayor consumo energético. (Bioclimática)
- Sistema de iluminación artificial eficiente: optimización de la iluminación con sensores de cantidad de luz requerida dimerizable, ocupación, horario, etc.
- Ganancias internas: aprovechamiento de las ganancias de calor por ocupantes, equipos, alumbrado etc. (Bioclimática)
- Tamaño del edificio y la envolvente: evaluación de tipos de materiales y sistemas constructivos, paredes, ventanas, pisos, techos, particiones internas etc. (Bioclimática)
- Fuentes renovables para generación de energía: Energía solar (colectores solares, celdas fotovoltaicas), energía eólica, energía geotérmica (bombas de calor).
- Fuentes interrumpibles de energía: UPS, celdas de combustible o baterías para equipos críticos.
- Horas de operación del edificio: análisis del período de uso de la edificación.
- Costos de energía: como factor crítico de evaluación del diseño.
- Análisis del ciclo de vida: la vida útil del edificio, ahorros obtenidos, emisiones contaminantes evitadas.

## “ZERO”: propuesta, definición y aplicación<sup>2</sup>

### **Zero Energy: Energía consumida = energía producida**

“El concepto sugiere optimizar la demanda del edificio hasta el punto en que ésta se pueda suplir por él mismo. El balance neto entre generación y demanda es por tanto neutro. Si la demanda es mayor, el balance es negativo. Si es mayor, es positivo.

Tiene cuatro enfoques:

**Edificio energía cero neta en la parcela:** que el edificio produzca al menos tanta energía como la que utiliza al año, medida en el punto de consumo.

**EEC neta en la fuente:** considera la equiparación de los factores de conversión entre distintos tipos de energía. La obtención de datos dificulta su medición e implantación. La medición se considera según la fuente energética.

**EEC en coste neto:** la suma que el propietario recibe por generar energía es igual a la que paga por el consumo. Dificultad: “Al estar sujeto al mercado, las fluctuaciones de las tarifas energéticas dificultan el seguimiento del balance energético”.

---

<sup>2</sup> Jone Belausteguigoitia Garaizar, AmetsLab Arquitecturas Modulares Ecotecnológicas SL. (2010) Ponencia “El reto de los edificios ZERO: el siguiente paso de la arquitectura sostenible”, Congreso Internacional sobre Edificación Sostenible “SB10mad”. España

**EEC en emisiones netas:** aquel que produce tanta energía libre de emisiones y renovable como la que utiliza de energías generadoras de emisiones. Se requiere factores de conversión entre distintos tipos de energía (en relación a las emisiones).

El objetivo de los EEC tiene **dos indicadores** para medir su grado de alcance: El balance energético (energía generada menos energía consumida), medido en KWh/M2/año en el punto de consumo, y por otro, el porcentaje de energía consumida proveniente de fuentes renovables.

### **Estrategias para su consecución:**

**Maximizar la eficiencia de instalaciones:** se busca una significativa reducción en los sistemas de calefacción y aire acondicionado, que son los de mayor consumo.

**Generar la energía necesaria:** Se limita mayormente a paneles térmicos y fotovoltaicos. Desde el punto de vista como un todo, los paneles a menudo se plantean como un mero añadido; son pocos los sistemas que forman parte del edificio como tal, por ejemplo, en elementos de fachada, y su precio es elevado.

En resumen, los mayores retos tienen origen tecnológico y va ligado al económico. Los sistemas de generación de energía resultan costosos, o están en desarrollo, o aún por desarrollar.

### **Zero Water: agua consumida = agua recogida**

En tanto el debate de balance energético está avanzado, el balance hídrico neutro está por comenzar. Se trata de el balance neutro entre el agua consumida y el agua generada entendida por la recogida de pluviales. El 100% del uso de agua por parte de los ocupantes del edificio debe provenir de agua pluvial capturada o de sistemas de agua cerrados que den cuentas sobre los impactos en los ecosistemas río abajo y que estén apropiadamente purificados sin el uso de sustancias químicas.

Así como se tiene en cuenta el agua consumida, también se debe tener en cuenta el agua residual con el fin de contribuir a la calidad del agua, la reducción del riesgo de inundación y erosión, y la necesidad de expansión de redes municipales, para lo cual objetivo de Zero water también propone no verter las aguas pluviales a las redes municipales. Las guas pluviales sobrantes y las grises se retienen, tratan , e infiltran al predio del edificio. Las aguas negras si se vierten a las redes locales o se tratan especialmente.

Soluciones para disminución del consumo: inodoros de bajo consumo, aireadores, reguladores de caudal.

Soluciones para aguas residuales: sistemas que reciclan el agua proveniente de duchas y lavamanos a través de un proceso biológico-mecánico sin aditivos químicos, consistentes en procesos de prefiltrado, tratamiento biológico, sedimentación, y desinfección ultravioleta. Cuando los sistemas de tratamiento de agua están lo suficientemente avanzados, se puede plantear la autosuficiencia total con aguas lluvias.

### **Zero Waste: materiales utilizados = materiales recuperables**

“Cero Residuos”, la idea de diseñar los ciclos de vida para que los productos puedan ser reutilizados y los residuos enviados a vertedero sean mínimos. El objetivo aplicado a los residuos es que el edificio está construido en su totalidad por elementos y materiales que son recuperables para su reutilización o reciclaje. Lo que se pretende es reducir la generación de residuos de construcción y demolición en las fases de construcción, renovación, y demolición del edificio, y que ningún material que forme parte del mismo acabe en un vertedero.

Con todo esto, la propuesta de objetivos ZERO en residuos conlleva una manera de construir radicalmente distinta a la actual. Construir de manera más eficiente en lo que respecta a materiales, residuos, y que en un momento dado se pueda construir, es algo relativamente nuevo y hay un amplio camino por recorrer en lo tecnológico, normativo, y económico.

**La compenetración de estos tres aspectos, es lo que se puede definir como Diseño sostenible, en la cual se propone que el edificio persiga el balance neutro no sólo en energía sino también en agua y residuos y que se logre el mínimo impacto ambiental posible**

### **ENERGÍA EÓLICA**

Una de las fuentes de energía de más rápido crecimiento en el mundo, la generación de energía eólica se ha multiplicado por cinco entre 2000 y 2007. Sin embargo, sigue siendo menos de un uno por ciento de la generación de electricidad mundial, y mucho menos de un uno por ciento de la energía total. En los EEUU, la producción actualmente asciende a 32 TWh, que es un 0,77 por ciento del total de energía suministrada, o un 0,4 por ciento de energía total.

De toda la nueva capacidad de generación de electricidad instalada en los EEUU durante 2007 (más de 5200 MW), más del 35 por ciento vino del viento. La producción de energía eólica de los EEUU se ha doblado en solo dos años. En septiembre de 2008, los EEUU superaron a Alemania como líder mundial en la producción de energía eólica, con más de 25.000 MW de capacidad de generación.<sup>[45]</sup> (Nota: al hablar de energía eólica es importante distinguir entre capacidad de producción según la placa de identificación –la cantidad de energía que podría teóricamente ser

generada a plena capacidad- y la energía real producida: el primer número es siempre mucho mayor, porque los vientos son intermitentes y variables.)

La tecnología de turbina eólica ha avanzado en los últimos años, con la instalación de mayores turbinas creciendo de 1 MW en 1999 hasta más de 5 MW hoy. Los países que lideran actualmente en capacidad de generación eólica instalada son los Estados Unidos, Alemania, España, India y China. La energía eólica representa actualmente alrededor de un 19 por ciento de la electricidad producida en Dinamarca, un 9 por ciento en España y Portugal y un 6 por ciento en Alemania y la República de Irlanda. En 2007-2008 la eólica llegó a ser la fuente de energía de más rápido crecimiento en Europa, tanto en términos cuantitativos como en porcentaje.

*A FAVOR:* La energía eólica es una fuente renovable de energía, y hay un potencial enorme para el crecimiento de generación eólica: se ha estimado que desarrollar un 20 por ciento de los sitios con viento abundante produciría siete veces la demanda mundial actual de electricidad.[46] El coste de la electricidad procedente de la energía eólica, que es relativamente bajo, ha ido disminuyendo cada vez más en los últimos años. En los EEUU, en 2006, el coste por unidad de capacidad de producción de energía se estimaba comparable al coste de las nuevas capacidades de generación del carbón y el gas natural: el coste eólico se estimaba en 55,80\$ por MWh, el carbón en 53,10\$/MWh, y el gas natural en 52,50\$ (sin embargo, una vez más es importante en la energía eólica diferenciar entre la capacidad de producción según la placa de identificación y la energía real producida).[47]

*EN CONTRA:* La naturaleza intermitente, incontrolada, del viento reduce su valor cuando se compara con fuentes de energía controladas por el operador como el carbón, el gas o la energía nuclear. Por ejemplo, durante enero de 2009 un sistema de altas presiones sobre Gran Bretaña dio como resultado bajas velocidades del viento combinadas con temperaturas inusualmente bajas (y por tanto una demanda de electricidad más alta de lo normal). La única forma para que los operadores se preparen ante una situación así es construir una capacidad de generación extra procedente de otras fuentes de energía. Por tanto, añadir nuevas instalaciones de generación eólica a menudo no hace disminuir sustancialmente la necesidad de plantas de carbón, gas o nucleares; simplemente permite que esas plantas convencionales se usen menos mientras sopla el viento. Sin embargo, esto crea la necesidad de sistemas de control de equilibrio de carga en la red. Otro problema importante para la generación eólica es que el recurso base se encuentra a menudo en localizaciones remotas. Llevar la electricidad del punto local de generación a centros de carga potencialmente distantes puede ser costoso. La lejanía de la base del recurso eólico también lleva al incremento de costes para el desarrollo en el caso de tierras con terrenos difíciles o que estén lejos de infraestructuras de transporte.

Extendidas sobre un área importante, las plantas eólicas deben competir con ideas de desarrollo alternativas para estos terrenos, especialmente cuando los usos simultáneos múltiples son imposibles. Las enormes reducciones en el coste en la

manufactura de nuevas turbinas eólicas en las pasadas dos décadas puede ralentizarse a medida que la eficiencia se maximice y el coste de los materiales aumente.

Aunque las turbinas eólicas en general han sido aceptadas por la mayor parte de las comunidades, ha habido alguna preocupación por la “contaminación visual” y el peligro de las turbinas para los pájaros.

*EROEI:* La EROEI media de todos los estudios a nivel mundial (funcionales y conceptuales) fue de 24,6:1. La EROEI media de estudios sólo funcionales es de 18,1:1. Esto la compara favorablemente con las tecnologías convencionales de generación de energía.[48]

En los EEUU, la energía eólica instalada tiene una alta EROEI (18:1), aunque los problemas con el almacenamiento de electricidad puede reducir esta cifra sustancialmente a medida que la capacidad de generación crece. En general, la EROEI crece con el índice de potencia de la turbina, porque (1) las turbinas pequeñas representan tecnologías más viejas, menos eficientes; (2) las turbinas grandes tienen un mayor diámetro de rotor y de área de barrido, que es el determinante más importante del potencial de una turbina para generar electricidad; y (3) dado que la energía que puede generar el viento aumenta con el cubo del aumento de la velocidad del viento, y las mayores turbinas pueden extraer energía de vientos a mayores alturas, la velocidad del viento y por tanto la EROEI aumenta rápidamente con la altura de la turbina.

La ratio de energía neta para la energía eólica puede variar ampliamente dependiendo de la localización de la fabricación y la instalación de una turbina, debido a las diferencias en la energía utilizada para el transporte de turbinas fabricadas entre varios países, la estructura económica y energética de los países y las políticas de reciclaje. Por ejemplo, la producción y funcionamiento de una turbina E-40 en la costa de Alemania requiere 1,39 veces más energía que en Brasil. La EROEI para las turbinas colocadas en el mar es probable que sea más baja debido a las necesidades de mantenimiento como resultado de los efectos corrosivos de la espuma del mar.

*PERSPECTIVAS:* El viento es ya una fuente de energía competitiva. Por razones estructurales (su coste de producción a largo plazo se establece en términos financieros y no varía a corto plazo), el viento se beneficia de *tarifas reguladas [feed-in tariffs]* para protegerlo de las fluctuaciones a corto plazo en el precio de la electricidad. Pero en general será una de las fuentes de energía más baratas a medida que los combustibles fósiles se reduzcan –y con un precio que está garantizado que no crecerá con el tiempo-. En la Unión Europea su penetración está ya alcanzando entre el 10 y el 25 por ciento en varios países; las perspectivas en los EEUU son en cierta medida mejores, puesto que el crecimiento no está limitado por los límites físicos y la densidad de población de Europa (con más tierra cubierta por ciudades, lo que deja menos buenos sitios para turbinas). La intermitencia puede ser gestionada hasta cierto punto, como muestra la experiencia europea, mediante una combinación de

gestión inteligente de la red y el uso infrecuente de las instalaciones existentes de combustible fósil. Aunque será necesaria una gran cantidad de capacidad de generación de energía térmica, será necesario quemar menos carbón y gas. Sin embargo, hasta que la energía de los molinos no pueda minar minerales, producir cemento, y hacer acero y aleaciones y las máquinas herramienta para hacer componentes, los costes de las turbinas eólicas van a estar muy conectados a los precios de los combustibles fósiles, y esos costes tendrán un impacto sobre los precios de la energía.

En los EEUU un mayor desarrollo de la energía eólica exigirá una inversión importante para actualizar la red nacional de electricidad.

### **SOLAR FOTOVOLTAICA (FV)**

Las células fotovoltaicas (FV) generan electricidad directamente de la luz del sol. Las células FV normalmente usan silicio como material semiconductor. Dado que una cantidad enorme de energía se transmite a la superficie de la Tierra en forma de radiación solar, aprovechar esta fuente tiene un gran potencial. Si se pudiese capturar solamente un 0,025 por ciento de este flujo de energía, sería suficiente para satisfacer la demanda mundial de electricidad.

En 2006 y 2007, los sistemas fotovoltaicos fueron la tecnología energética de más rápido crecimiento en el mundo (en porcentaje), incrementándose un 50 por ciento anualmente. A principios de 2008, la capacidad mundial FV instalada era de 12,4 GW.

Los objetivos de la investigación sobre FV son principalmente (1) incrementar la eficiencia del proceso convirtiendo la luz del sol en electricidad (la eficiencia habitual de un panel solar de silicio monocristal comercial instalado es de un 10 por ciento, lo que significa que solamente un 10 por ciento de la energía de los rayos de sol se convierte en energía eléctrica, mientras se ha conseguido un 24,7 por ciento de eficiencia en condiciones de laboratorio); y (2) disminuir el coste de producción (los paneles monocristalinos de silicio cuestan una media de 3 dólares por vatio instalado, mientras los nuevos materiales y tecnologías fotovoltaicos, especialmente los materiales FV de película delgada, hechos imprimiendo o pulverizando productos nanoquímicos sobre un sustrato plástico barato, prometen reducir los costes de producción enormemente, aunque normalmente con una pérdida de eficiencia o durabilidad).[49]

A *FAVOR*: La energía solar capturada por la tecnología fotovoltaica es renovable –y hay muchísima-. La energía media acumulada que irradia un metro cuadrado de la superficie de la Tierra durante un año equivale aproximadamente a la energía de un barril de petróleo; si esta luz solar pudiese ser capturada con un 10 por ciento de eficiencia 3.861 millas cuadradas de filas de FV podrían proporcionar la energía de mil millones de barriles de petróleo. Cubrir las 360.000 millas cuadradas que se estiman

de tejados en el mundo con módulos FV generaría la energía de 98 mil millones de barriles de petróleo cada año.

El precio de las nuevas instalaciones generadoras de FV ha ido disminuyendo progresivamente durante muchos años. A diferencia de los sistemas solares pasivos, las células FV pueden funcionar en días nublados.[50]

*EN CONTRA:* La funcionalidad de la generación eléctrica de FV varía no solo diariamente, sino también estacionalmente según la cobertura de nubes, el ángulo del sol y el número de horas de luz solar. Así, igual que con el viento, la naturaleza incontrolada e intermitente del FV reduce su valor cuando se compara con las fuentes de energía controladas por operador como el carbón, el gas o la energía nuclear.

La luz del sol es abundante pero difusa: su densidad por área es baja. Por tanto, los esfuerzos para capturar energía de la luz solar están sujetos inevitablemente a costes y contraprestaciones al escalar: por ejemplo, las grandes instalaciones solares requieren tierra adecuada, agua para su limpieza periódica, caminos para que accedan los vehículos de mantenimiento, etc. Alguno de los impactos medioambientales de fabricar sistemas FV han sido analizados por Alsema et al. y comparados con los impactos de otras tecnologías energéticas.[51] Este estudio ha descubierto que las emisiones de CO<sub>2</sub> de un sistema de FV son mayores que las de los sistemas eólicos, pero solo un 5 por ciento de las que se producen al quemar carbón. Un impacto potencial sería la pérdida de grandes áreas de hábitats de vida salvaje si se construyesen conjuntos solares a escala industrial en áreas desérticas subdesarrolladas.

*EROEI:* Los análisis de energía neta de la energía FV son escasos. Sin embargo, usando el “periodo de amortización energética” y el periodo de vida del sistema, es posible determinar una EROEI aproximada. A partir del análisis de un típico ciclo vital realizado en 2005, Hall et al. calculan una EROEI de 3,75:1 a 10:1.[52]

Alguno de estos valores EROEI probablemente cambiarán a medida que la investigación y el desarrollo continúen. Si persisten las condiciones actuales, la EROEI puede disminuir ya que las fuentes de silicio para la industria están limitadas por la capacidad de producción de los fabricantes de semiconductores.

*PERSPECTIVAS:* A pesar del enorme crecimiento de la energía FV en los últimos años, el crecimiento progresivo de la producción de petróleo, gas o carbón durante un año típico reciente ha excedido toda la producción de energía fotovoltaica existente. Por tanto, si la FV debe convertirse en una fuente de energía primaria, la tasa de incremento de capacidad necesitará ser aún mayor que en la actualidad. A causa de su alto coste directo, una parte sustancial de la FV instalada se ha distribuido sobre los tejados de los hogares en pueblos muy alejados de la red eléctrica, donde la provisión de fuentes de electricidad convencional serían poco prácticas o prohibitivamente caras. Instalaciones de FV comerciales a gran escala empiezan a

aparecer en varios países, en parte debido al bajo precio de los más nuevos materiales de FV de película delgada y a cambios en las políticas gubernamentales.[53]

La crisis económica actual ha disminuido sustancialmente el ritmo de expansión de FV, pero esta situación se puede revertir si los esfuerzos del gobierno para revivir la economía se centrase en la inversión en energías renovables.

Sin embargo, si fuese a producirse un crecimiento muy grande y rápido en la industria FV, debería resolverse el problema de la falta de materiales para evitar aumentos de costes espectaculares. Los materiales en cuestión –cobre, cadmio-telurio (CdTe), y cobre-indio-galio-diseleniuro (CIGS)- son cruciales para algunos de los materiales FV de película delgada a los que a menudo se liga el futuro crecimiento de la industria (basado en la disminución de los costes de producción). Con el tiempo, la producción de FV puede encontrarse limitada por la falta de materiales disponibles, la tasa con la que los materiales pueden ser recuperados o reciclados, o la posibilidad de competencia con otras industrias por estos materiales escasos. Una solución a largo plazo se basaría en el desarrollo de nuevos materiales FV que sean comunes y baratos. La FV de concentración, que usa lentes para enfocar la luz solar sobre pequeñas y altamente eficientes obleas de silicio, está consiguiendo costos cada vez más bajos y una eficiencia cada vez más alta, y podría ser competitivo dentro de pocos años con la generación de energía del carbón, las nucleares y el gas natural sobre la base de capacidad instalada por vatio. Sin embargo, esta tecnología está todavía en su infancia y aunque se pueda desarrollar más, el problema de la intermitencia perdurará.

## **SOLAR PASIVA**

El enfoque más simple consiste en capturar y optimizar el calor natural y la luz del sol dentro de las áreas habitables sin el uso de colectores, bombas, o aparatos mecánicos reduciendo o eliminando así la necesidad de proporcionar calor o iluminación.

Los edificios son responsables de un gran porcentaje del total del uso de la energía en muchos países, y por tanto las tecnologías pasivas solares son capaces de compensar una parte sustancial de la producción y consumo eléctrico que si no fuese por ellas vendría de combustibles fósiles. Un edificio solar pasivo es diseñado (1) para mantener una temperatura media confortable, y (2) para minimizar las fluctuaciones de temperatura. Un edificio así normalmente necesita más tiempo, dinero y esfuerzo en el diseño para su construcción, recuperándose con el tiempo estos costes extra con el ahorro de energía.

El calentamiento solar pasivo toma tres formas dominantes: superficies de vidrio para ayudar a capturar la luz solar; *muros trombe*, y otros elementos para el ahorro de calor; y aislamiento para mantener relativamente constantes las temperaturas. Otros factores importantes son orientar la parte más alargada del edificio hacia el sol, determinar el tamaño apropiado de la masa requerida para mantener y liberar lentamente el calor

acumulado tras la puesta de sol y determinar el tamaño del muro trombe necesario para calendar un espacio dado. (Por supuesto, el tamaño del edificio en su totalidad también es importante –un diseño solar pasivo para una casa de tamaño enorme no tiene sentido-.) Otros usos pasivos de la luz del sol en los edificios incluyen el refresco solar pasivo y aprovechar la luz del día (usando ventanas y aberturas para hacer uso de la luz natural).

*A FAVOR:* Dependiendo del estudio, los hogares solar pasivos cuestan menos, lo mismo o hasta un 5 por ciento más que otros hogares. Sin embargo, aún en este último caso el coste extra se amortiza con el ahorro de energía. Un hogar solar pasivo solo puede proporcionar calor a sus ocupantes, no electricidad extra, pero si se usasen en todas las casas nuevas sistemas pasivos, sería un paso adelante hacia el reemplazo de otros combustibles.

Incorporar un sistema solar pasivo en el diseño de una casa nueva es generalmente más barato que intentar incorporarlo en una casa ya existente. Un hogar solar “disminuye las cargas de enfriamiento y reduce el consumo de electricidad, lo que lleva a una disminución significativa del uso de combustibles fósiles”.<sup>[56]</sup> Los edificios solares pasivos, en contraste con los edificios con iluminación artificial, pueden también proporcionar un ambiente de trabajo más sano, más productivo.

*EN CONTRA:* Las limitaciones de la calefacción solar pasiva pueden incluir la localización geográfica inapropiada (las nubes y los climas más fríos hacen la calefacción solar menos efectiva), y las relativas dificultades de sellar la casa para reducir las fugas de aire y a la vez no aumentar la oportunidad de que los contaminantes queden atrapados dentro. El lado que captura el calor, encarado al ecuador, necesita una buena exposición solar en invierno, que puede exigir separar más las casas y usar más tierra de la que de otra forma se necesitaría.

*EROEI:* Hablando con propiedad, no se pueden usar cálculos de EROEI puesto que no hay “salida de energía” en la ecuación. El diseño solar pasivo es esencialmente el uso de la “energía gratis” de la naturaleza para reemplazar otras formas de energía que de otra forma sería necesario utilizar para calefacción e iluminación. Es extremadamente específico para una localización determinada, y los arquitectos raramente obtienen un *feedback* cuantitativo de los sistemas que han diseñado y por tanto determinar las cifras generales de ahorro es difícil (pero un rango de entre el 30 y el 70 por ciento es normal). Si el sistema se construye en la casa desde el principio, los ahorros de energía se pueden obtener con poca o ninguna inversión adicional.

*PERSPECTIVAS:* Diseñar edificios desde el principio para que tomen ventaja del calor e iluminación naturales, y usar más aislamiento y masa solar, tiene un tremendo potencial para reducir la demanda de energía. Sin embargo, en muchos casos los edificios de alta eficiencia requieren más energía para su construcción, (la energía en la construcción normalmente no se tiene en cuenta en los cálculos de ahorro, que habitualmente solo se hacen sobre la energía de funcionamiento).

Hasta ahora, los costes más altos de construcción han desincentivado el desarrollo a gran escala de los hogares solares pasivos en la mayoría de países. Precios más altos de energía sin duda alterarán gradualmente esta situación, pero se podrían obtener resultados más rápidos mediante cambios en las regulaciones y estándares, como se ha demostrado en Alemania. Allí, el desarrollo del estándar voluntario *Passivhaus* ha estimulado la construcción y la readaptación de más de 20.000 casas pasivas en el norte de Europa.[57] La *Passivhaus* está diseñada para usar muy poca energía para calefacción. La solar pasiva proporciona calor al espacio, y el superaislamiento y el intercambio controlado de aire con el exterior (normalmente con un intercambiador de calor) reducen las pérdidas de calor.

Los edificios en los países industrializados generalmente se han hecho más eficientes en los últimos años. Sin embargo, la disminución de la energía media usada por pie cuadrado ha sido más que superada por el crecimiento de la población y la sobreconstrucción del terreno (el tamaño medio de los edificios ha crecido), de forma que la energía total usada en los edificios ha seguido aumentando. Así, los patrones de crecimiento económico y población deben ser parte de la “agenda verde de construcción”, junto al incremento del uso de los elementos de diseño solar pasivos.[58]

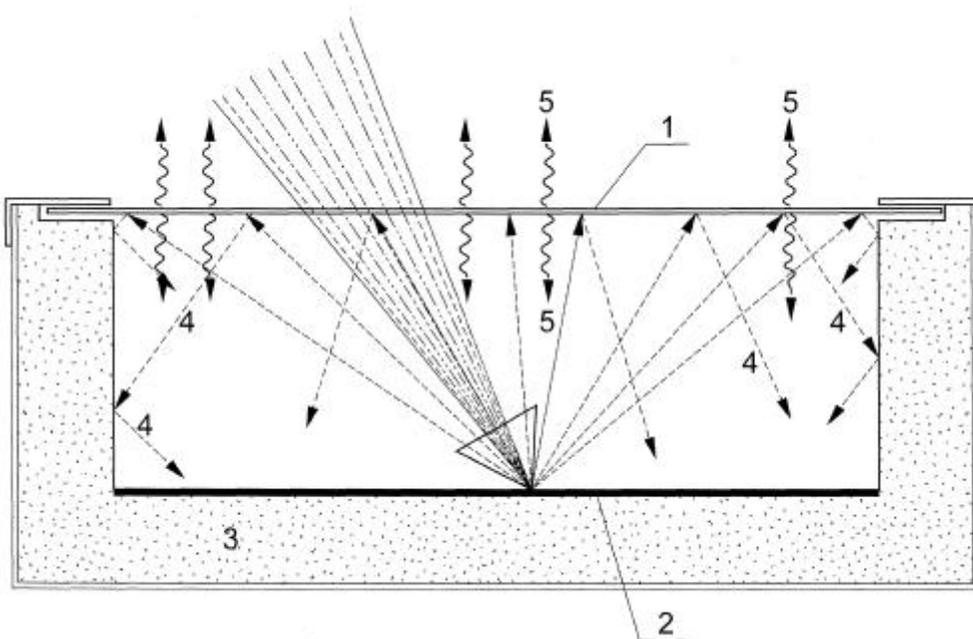
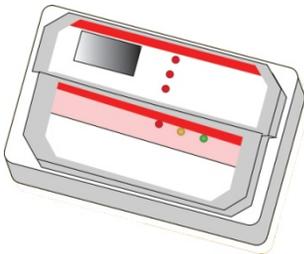


GRAFICO 1 Ilustración del efecto invernadero en un corte transversal de un captador teórico. Para una mayor claridad y comprensión la escala está distorsionada y no correspondería a la figura de un captador real. 1) Cubierta transparente. 2) Placa absorbidora. 3) Aislamiento. 4) Radiación reflejada en el interior del captador. 5) Radiación emitida por la cubierta al calentarse

## Componentes básicos de los sistemas fotovoltaicos



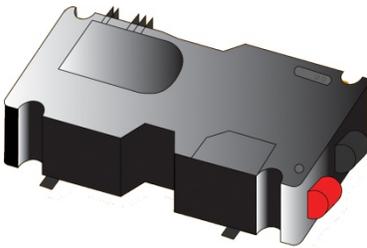
**Grafico 2 Panel solar:** Es el componente encargado de captar y generar la energía eléctrica a partir de la radiación solar.



**Grafico 3 Regulador de carga:** Es el componente encargado de proporcionar la regulación de carga y descarga de las baterías.



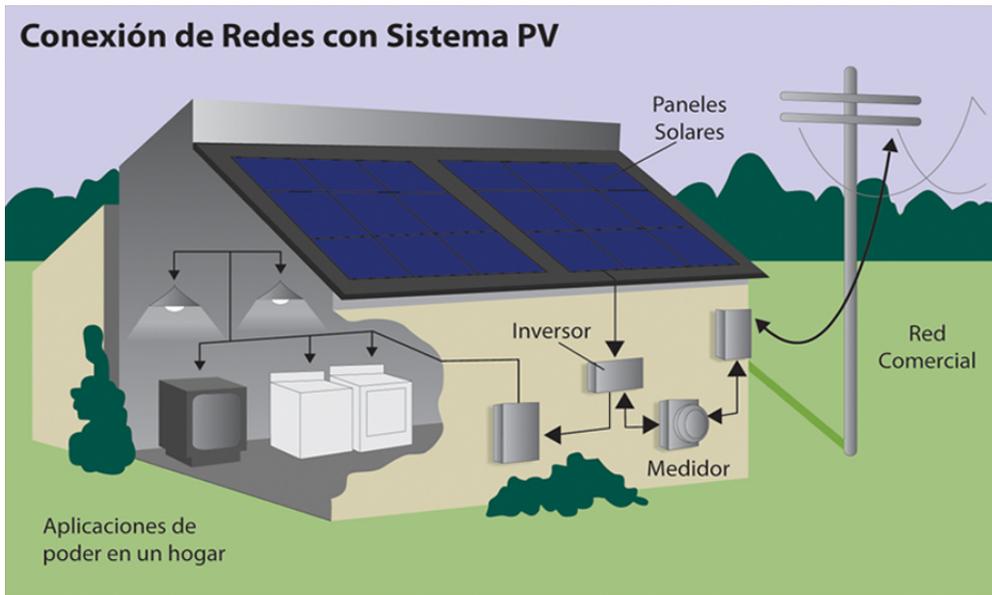
**Grafico 4 Batería:** Es el componente encargado de adaptar en el tiempo la disponibilidad y la demanda de energía.



**Grafico 5 Inversor:** Es el componente encargado de adaptar y trasladar la energía eléctrica generada a la carga AC.

## Tipos de sistemas fotovoltaicos

### Sistema fotovoltaico conectado a la red



**Grafico 6 Paneles Solares.** Estos sistemas pueden ser usados en cualquier lugar que permita la medición de la energía producida por el arreglo FV. Esta energía de retorno da vuelta al medidor en sentido inverso al consumo cuando el sistema FV produce más de lo consumido. Estos sistemas no proveen de respaldo cuando la energía comercial falla.

### Sistema fotovoltaico conectado a la red con respaldo

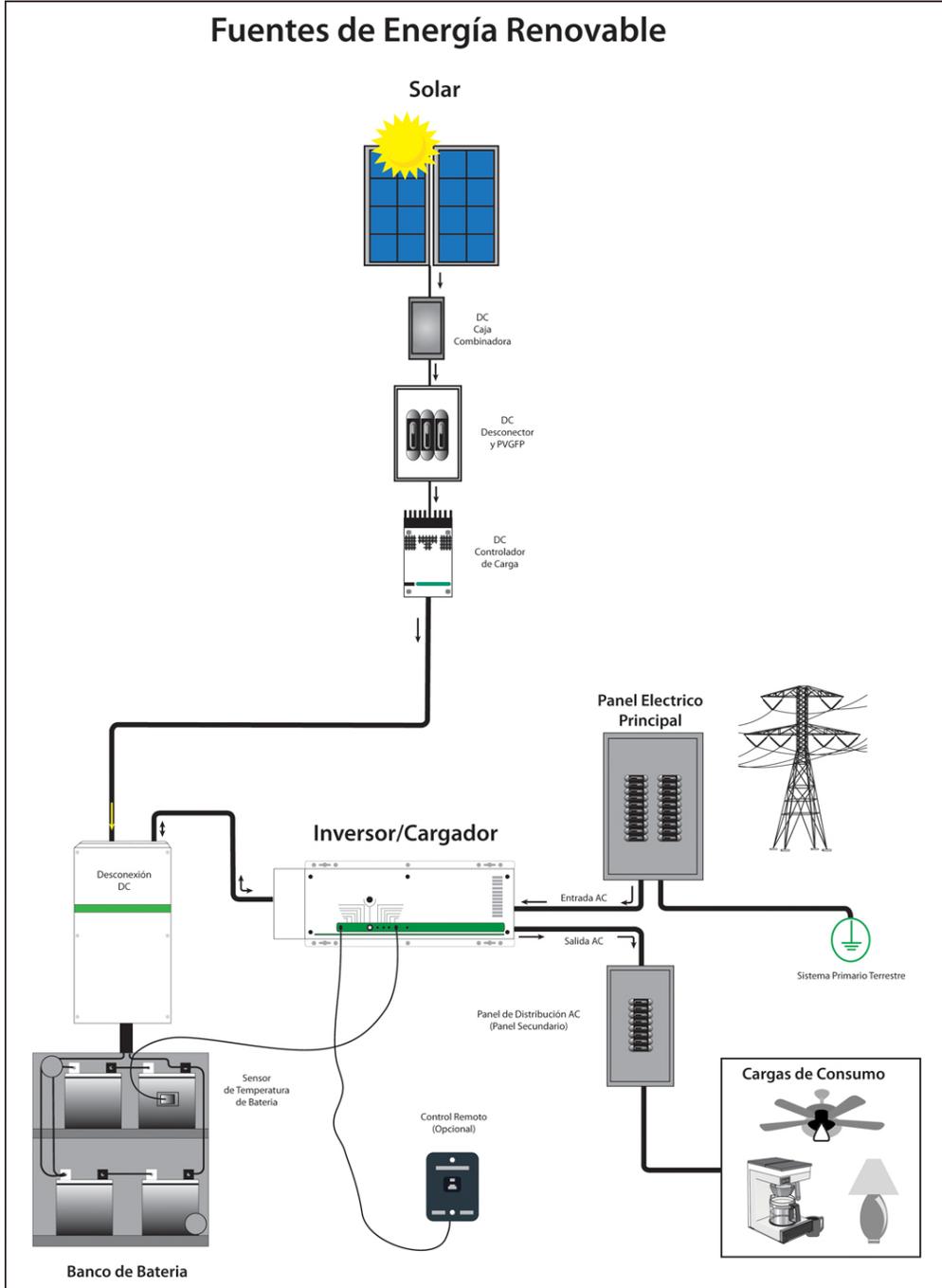


Grafico 7. Estos sistemas con banco de baterías inyectan la energía solar extra a la red y respaldan cuando la red comercial se cae. La cantidad de energía de respaldo depende del tamaño del banco de baterías y las cargas eléctricas.

### Sistemas fotovoltaicos alejados de la red

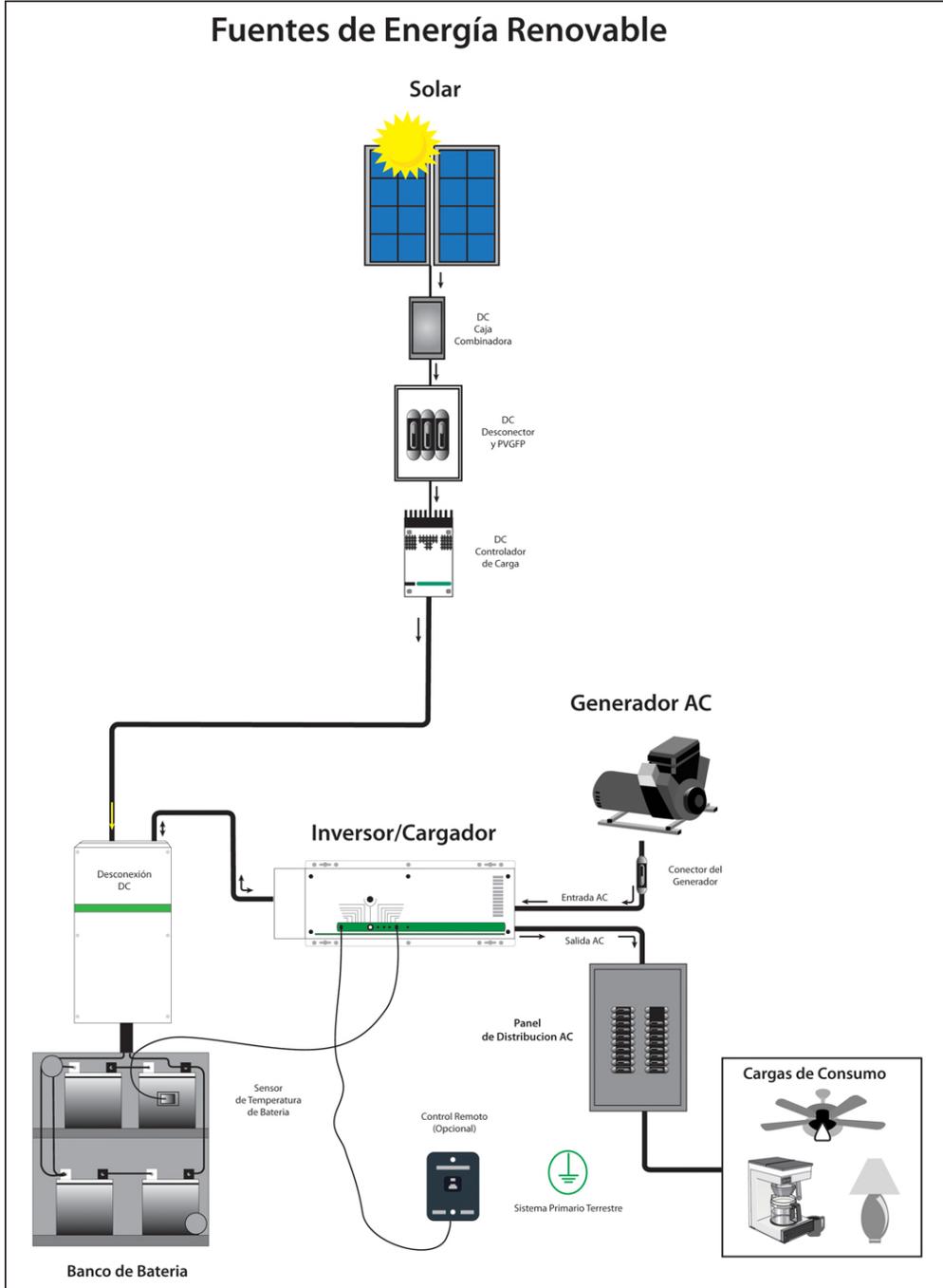
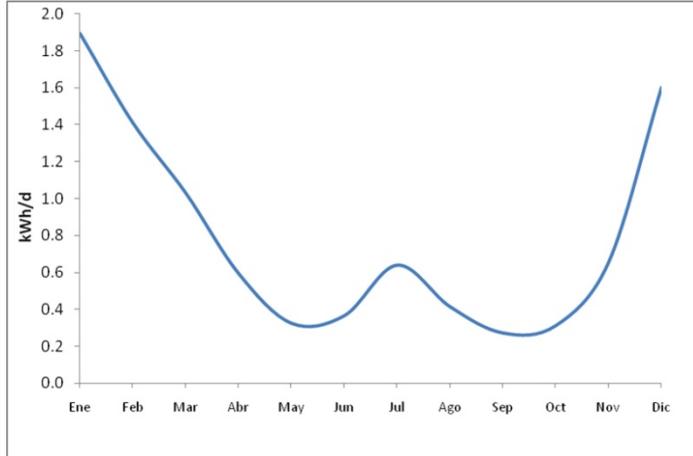
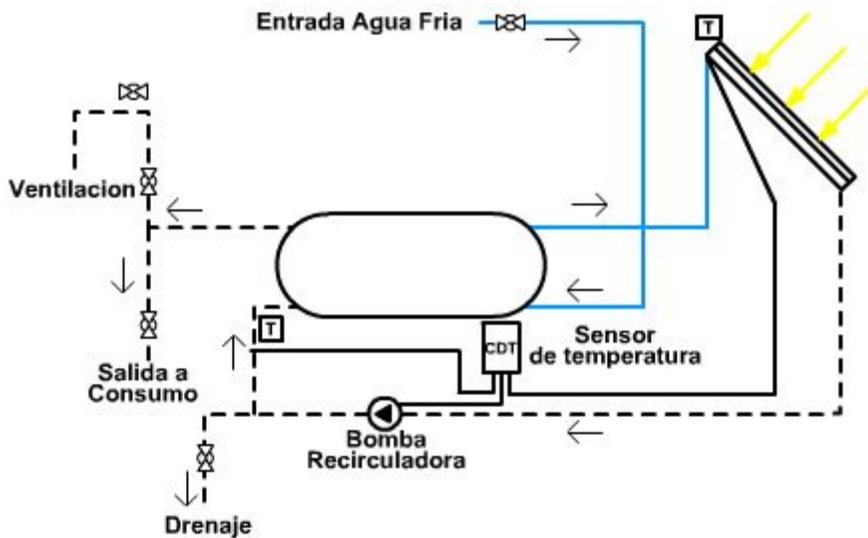


Grafico 8. Estos sistemas con banco de baterías Estos sistemas son independientes de la red comercial. Pueden tener como fuente energía solar fotovoltaica, eólica, hidroeléctrica o bien una combinación de ellas para producir energía eléctrica. El dueño del sistema puede usar días de autonomía como reserva de energía en las baterías o bien un generador de combustión en caso extremo como respaldo.



**Curva 1.** Significa que en meses de baja velocidad, en un sistema híbrido con energía solar se pueden complementar el déficit. Igualmente en períodos nublados, se pueden cubrir las carencias de sol con el viento.



**GRAFICO 9.** El captador solar es, sin ninguna duda, la mejor opción para calentar el agua para bañarse, de la piscina y en procesos industriales por tener una fuente de energía inagotable, abundante y gratuita.

## 5.5. NORMATIVIDAD

### 5.5.1 NORMATIVIDAD URBANA

De acuerdo al Acuerdo No.198 (Diciembre 17 de 2001), por medio del cual se adopta el Plan Básico de Ordenamiento Territorial para el Municipio de Florida, el predio se

ubica sobre la calle 10 denominada “vía arteria principal” VAP; el uso del suelo corresponde al denominado Área de Actividad Múltiple M-1, cuya norma general se anota a continuación:

**Alturas:** Hasta tres (3) pisos (8.40 m.) con cubierta en techo.

**Altura de piso:** mínimo 2.50 m, máximo 3.20 m, libre 2.20 m.

**Aislamientos:** posterior 3 m, lateral no aplica.

**Línea de Paramento:** tendrá un retroceso respecto al borde externo del andén de acuerdo a construcciones ya consolidadas.

**Voladizo:** se permite voladizo solamente en la primera losa con una longitud de 0.30 Mts o el 30% del andén conservando el paramento de edificaciones vecinas.

**Anden:** Tendrá una sección mínima de 1.25 m. y una altura máxima de 20 cm. Con superficie antideslizante.

**Estacionamientos:** para propietarios 1 unidad por cada 20 M2 de construcción, para visitantes, 1 unidad por cada 15 M2 de construcción.

**RETIE, se aplica retie,**

## **NTC 2050 aplica NORMA**

La Ley 1715 de 2014 se creó con el fin de reglamentar la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional.

## **BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS**

- Se puede deducir de la base gravable para calcular el impuesto de renta, hasta el 50% del valor de la inversión realizada, en proyectos de energías renovables no convencionales. Esta deducción se puede aplicar en el primer año, o hasta en 5 años siguientes al año gravable en el que hayan realizado la inversión.
- Los generadores de energía renovable en pequeña y gran escala, podrán vender a la red eléctrica el excedente de energía que ellos no consuman (esquema de créditos de energía), según lo disponga la CREG

- Los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se destinen a la pre-inversión, inversión, medición y evaluación de las fuentes no convencionales de energía, estarán excluidos de IVA.
- Depreciación acelerada de los activos en 5 años, con una tasa anual del 20%.

## 6.METODOLOGIA

La metodología que se va adelantar para el presente trabajo se basa en los procedimientos y conocimientos adquiridos en la etapa de estudio del programa de Especialización en Redes de Media Tensión del ITC, para lo cual se proponen los siguientes pasos:

1. Definir la ubicación del sitio y región en la cual se va a implantar el proyecto.
2. Realizar la investigación del clima, levantamiento de estadísticas e información meteorológica y su respectivo análisis.
3. Identificar las características, determinantes y limitantes físicas del sitio y su entorno que afecten el diseño del proyecto.
4. Determinación del rango y condiciones de confort.
5. Diagnóstico bioclimático.
6. Definición de las estrategias bioclimáticas recomendadas.
7. Definición de alternativas de generación de energía disponibles en la región.
8. Realización del diseño eléctrico
9. Simulaciones térmicas y análisis de resultados.
10. Propuesta de aplicación de los sistemas de generación de energía analizados.

### 6.1 Temperatura

Se tomaron datos mensuales encontrando que el lugar presenta una temperatura media de 23.5°C, la temperatura máxima media se presenta en el mes de Agosto con 30.3°C y la temperatura mínima media de 18.2°C en el mismo mes.

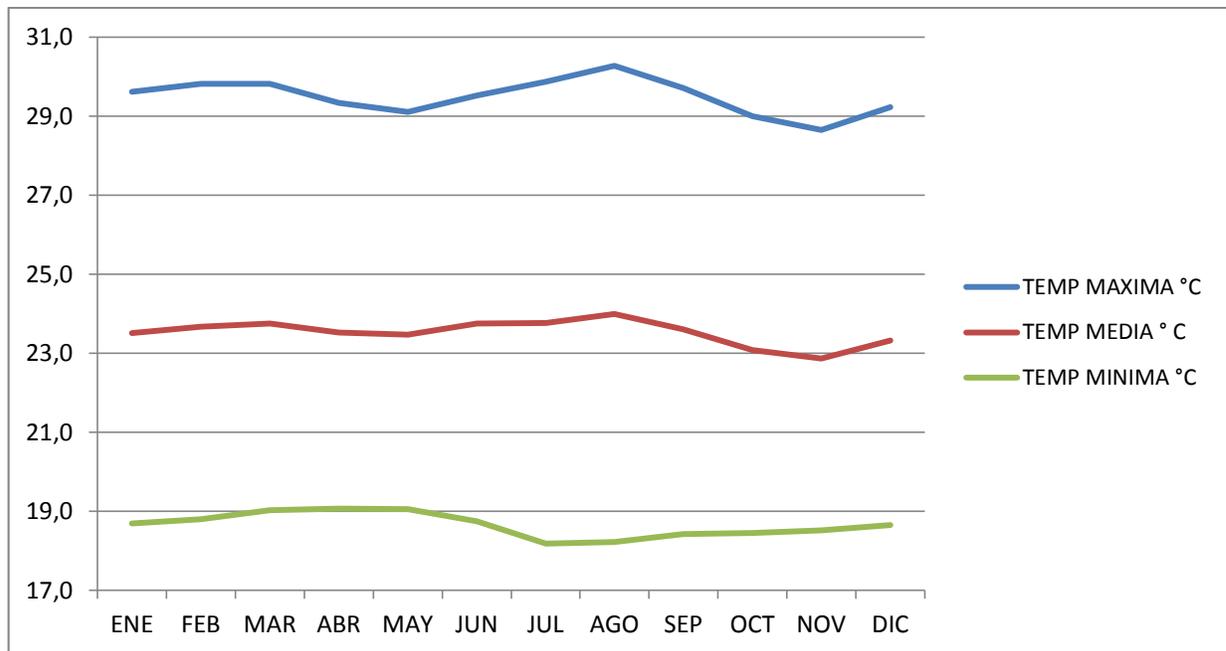
Promedio de temperatura máxima: 29.5°C  
 Promedio de temperatura media: 23.5°C  
 Promedio de temperatura mínima: 18.6°C

Tabla 1:

**Valores mensuales de temperatura máxima, media y mínima en grados centígrados, Estación Meteorológica Cenicaña, Municipio de Florida.**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMP MAXIMA	29,6	29,8	29,8	29,3	29,1	29,5	29,9	30,3	29,7	29,0	28,7	29,2
TEMP MEDIA	23,5	23,7	23,8	23,5	23,5	23,8	23,8	24,0	23,6	23,1	22,9	23,3
TEMP MINIMA	18,7	18,8	19,0	19,1	19,1	18,8	18,2	18,2	18,4	18,5	18,5	18,7

**Figura 4. Tabla 1. Nota. Fuente: Adaptado a partir de datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM**



**Curva 2. Valores mensuales de temperatura máxima, media y mínima en grados centígrados, estación meteorológica Cenicaña, Municipio de Florida.**

Fuente: Adaptado a partir de datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM

## 6.2 Humedad Relativa

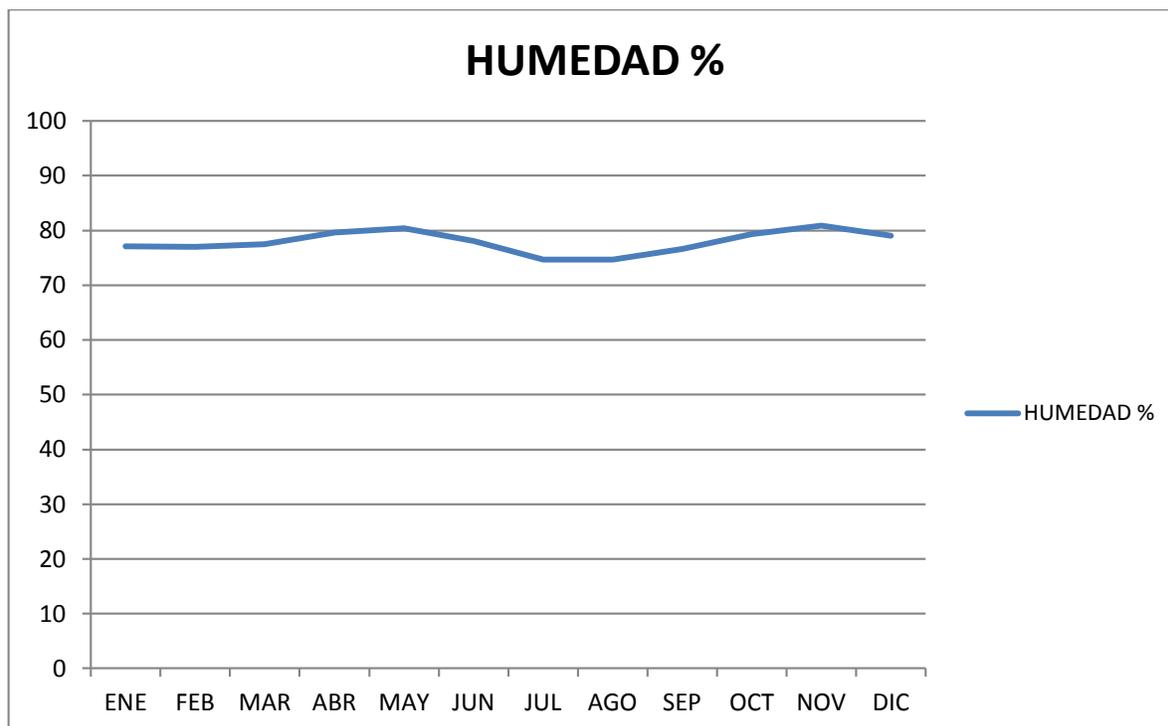
Se tomaron datos mensuales encontrando que el lugar presenta una humedad relativa promedio del 77%. En el mes de noviembre se presenta el promedio más alto hacia el 80%, y en los meses de enero y febrero se presenta el promedio más bajo hacia el 77%.

Tabla 2

**Valores mensuales de humedad relativa. Estación Meteorológica Cenicaña, Municipio de Florida**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
HUMEDAD %	77	77	78	80	80	78	75	75	77	79	81	79

**Nota.** Fuente: Adaptado a partir de datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM



**CURVA 4. Valores mensuales de humedad relativa, Estación Meteorológica Cenicaña, Municipio de Florida**

Fuente: Adaptado a partir de datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM

### 6.3 Precipitación

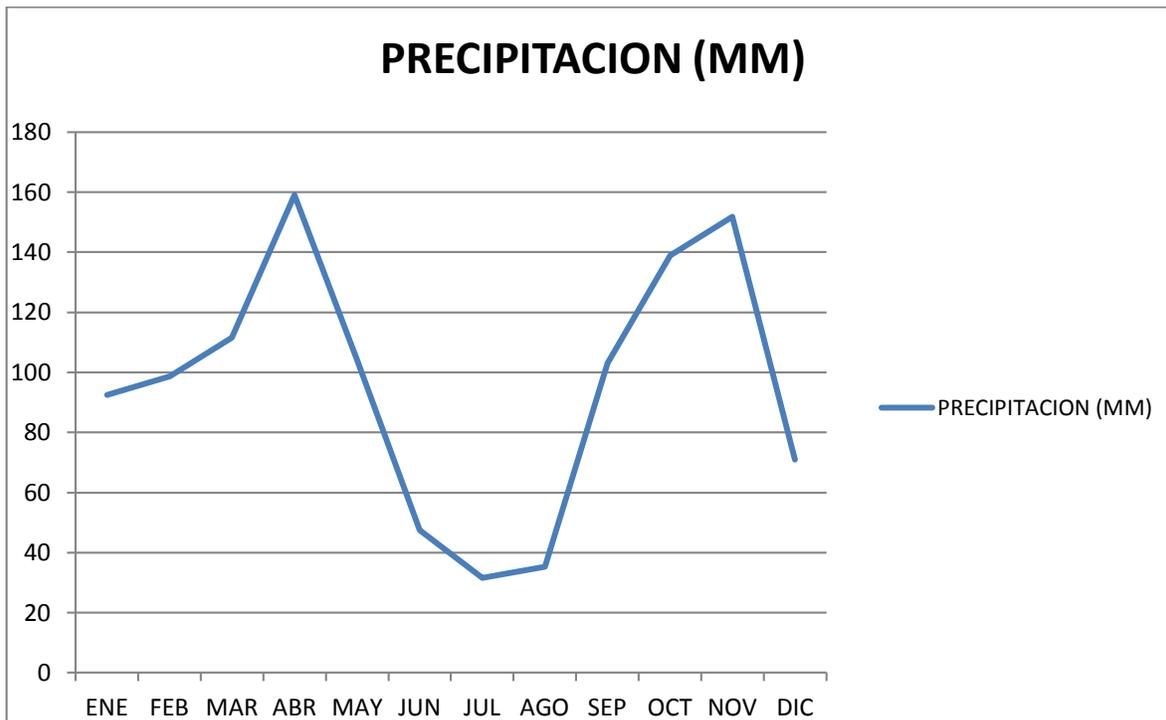
Se tomaron datos mensuales encontrando que el lugar presenta una precipitación total anual de 1.144,72 mm. En el mes de abril se presenta el valor más alto de 159 mm, al igual que en el mes de noviembre con 152 mm; en el mes de agosto se presenta el valor más bajo de 35 mm.

Tabla 3:

**Valores de precipitación. Estación Meteorológica Cenicaña, Municipio de Florida.**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PRECIPITACION (MM)</b>	93	99	112	159	104	47	32	35	103	139	152	71	1144,72
<b>NUM. DE DIAS CON LLUVIA</b>	10	11	13	16	16	10	8	7	12	17	16	12	149,00
<b>PREP. MAX EN 24 HORAS</b>	64.8/ 86	56.4/ 86	63.4/ 01	114.0 /88	78.6/ 87	50.4/ 95	50.3/ 88	54.2/ 88	99.9/ 97	81.5/ 88	72.8/ 88	55.1/ 82	

**Nota.** Fuente: Adaptado a partir de datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM



**Figura 8. Valores mensuales de precipitación, Estación Meteorológica Cenicaña, Municipio de Florida**

Fuente: Adaptado a partir de datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM

#### 6.4. Brillo Solar

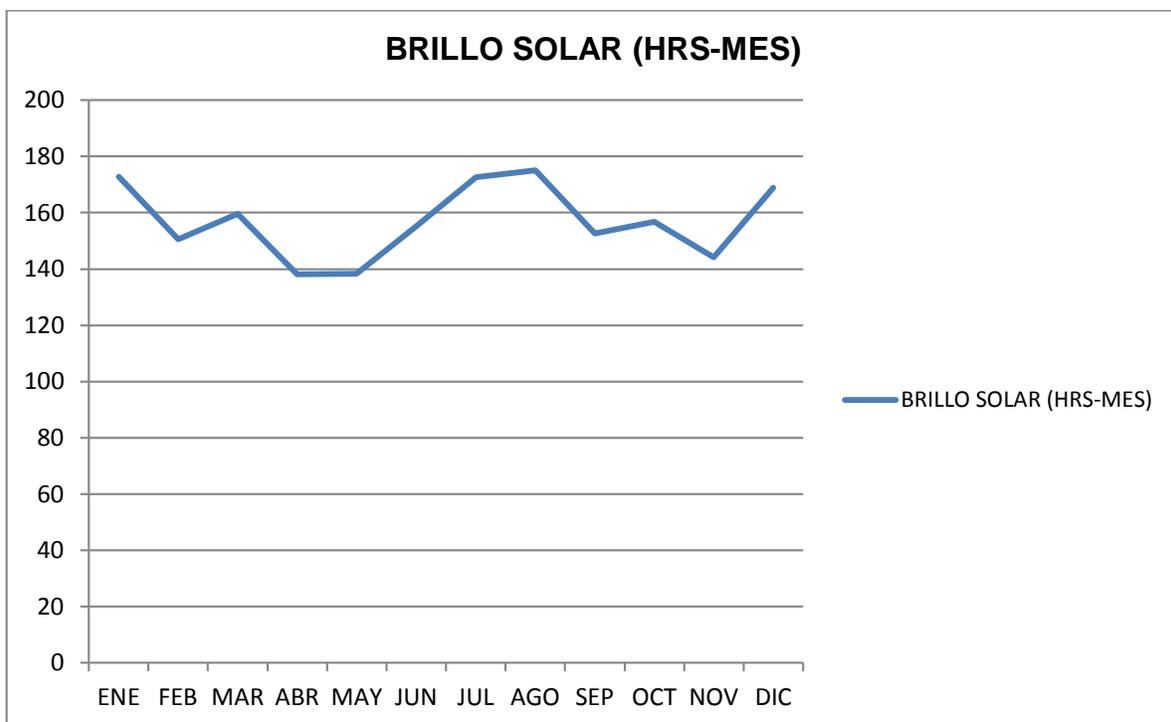
Se tomaron datos mensuales encontrando que el mes de agosto se presenta el mayor valor 175 hrs/mes; y en los meses de abril y mayo los menores valores con 138 hrs/mes.

Tabla 4:

**Valores mensuales de brillo solar, Estación Meteorológica Cenicaña, Municipio de Florida**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
BRILLO SOLAR (HRS-MES)	173	151	160	138	138	155	173	175	153	157	144	169

**Nota.** Fuente: Adaptado a partir de datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM



**Figura 9. Valores mensuales de brillo solar. Estación Meteorológica Cenicaña, Municipio de Florida**

Fuente: Adaptado a partir de datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM

## 6.5 Radiación solar

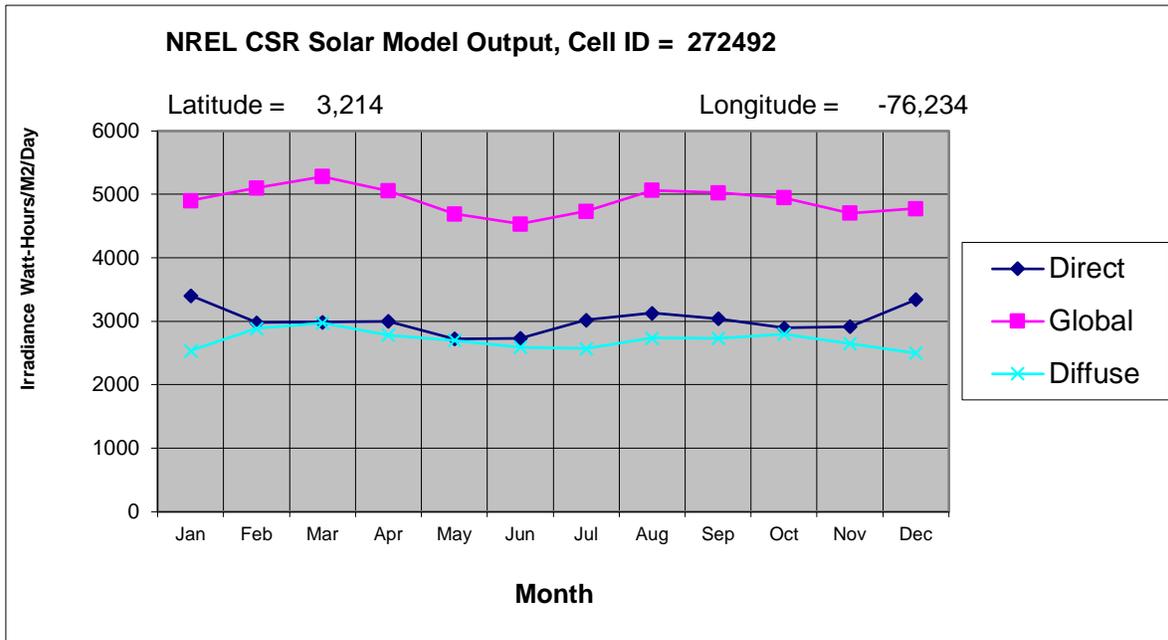
Se tomaron datos mensuales encontrando que para el mes de enero se presenta el mayor valor de radiación directa; para el mes de agosto el mayor valor de radiación global; y para el mes de Marzo el mayor valor de radiación difusa.

Tabla 5:

**Valores mensuales radiación solar directa, global, difusa, en watio-horas/M2/día.**

	Return Cell	Longitude	Latitude													
Month				Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
Direct	272492	-76,234	3,214	3405	2978	2987	2998	2722	2732	3022	3127	3041	2894	2917	3344	3013
Global	272492	-76,234	3,214	4900	5099	5282	5053	4692	4533	4735	5062	5024	4947	4705	4775	4900
Diffuse	272492	-76,234	3,214	2535	2887	2976	2782	2698	2589	2570	2735	2730	2800	2647	2499	2704

**Nota.** Fuente: Adaptado a partir de datos del Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA), National Renewable Energy Laboratory (NREL), U.S. Department of Energy



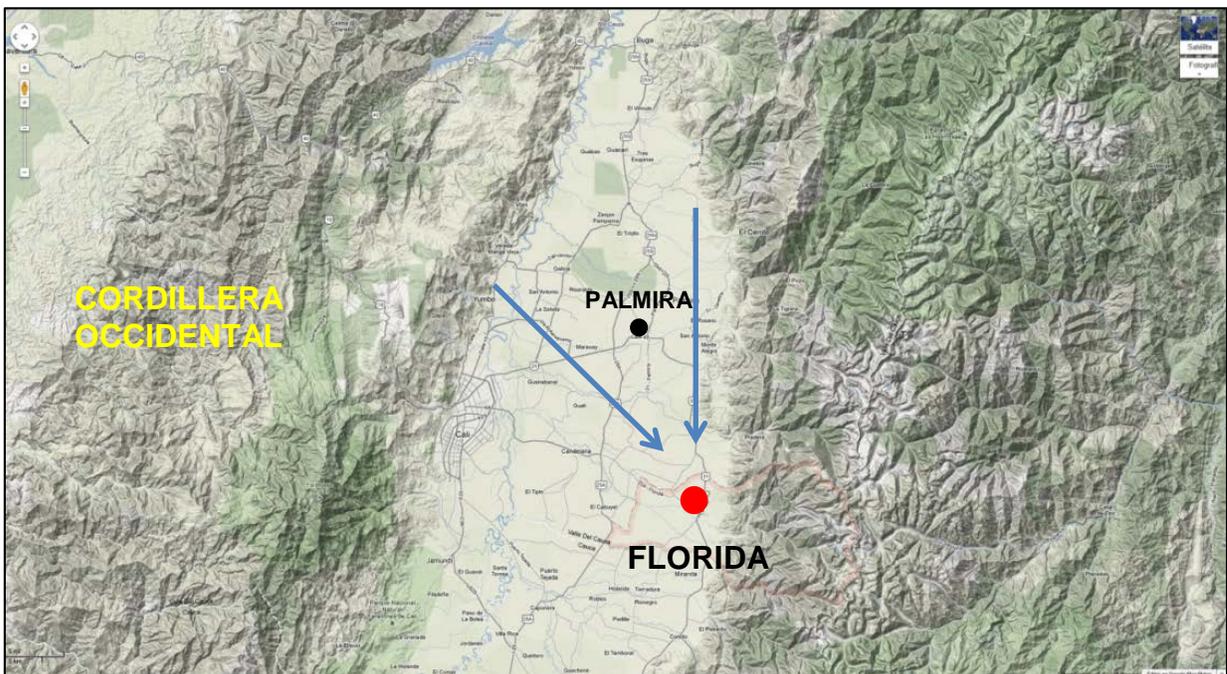
**Figura 10. Valores mensuales radiación solar directa, global, difusa**

Fuente: Adaptado a partir de datos del Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA), National Renewable Energy Laboratory (NREL), U.S. Department of Energy

## 6.6 Vientos predominantes

Para el análisis de los vientos predominantes y teniendo en cuenta que la Estación Meteorológica de Cenicaña, Corregimiento de San Antonio, no cuenta con datos de

vientos, se tomó como base los datos de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, Estación Meteorológica Aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón de la ciudad de Palmira, la cual se encuentra aproximadamente a 30 Km del Municipio de Florida, así como también los datos contenidos por Montealegre (2008) en el Informe Final Convenio 063 de 2007 Avance de los Temas de Investigación Clima, Biodiversidad y Calidad del hábitat , de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.



**Figura 11. Dirección de los vientos predominantes**

Fuente: Adaptada a partir de <http://maps.google.com>

Los datos arrojados por la Estación Meteorológica Aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón de la ciudad de Palmira, en los últimos 10 años, indican que la dirección predominante del viento anual varía del norte y noroeste; el promedio de máximas velocidades se encuentra en 1.4 m/s y las velocidades mínimas en 0.4 m/s. La velocidad media del viento se encuentra en los 0.9 m/s, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 6:

**Valores mensuales de velocidad máxima y mínima del viento en la ciudad de Palmira.**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>VIENTOS PREDOMINANTES</b>												
<b>PROMEDIO ULTIMOS 10 AÑOS</b>	1,0	0,9	0,8	0,6	0,6	0,7	0,8	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9
<b>MAXIMOS</b>	1,5	1,4	1,4	1,3	1,1	1,1	1,3	1,3	1,4	1,6	1,5	1,3
<b>DIRECCION MAXIMOS</b>	NW											
<b>MINIMOS</b>	0,5	0,5	0,3	0,1	0,2	0,4	0,3	0,2	0,5	0,6	0,4	0,4
<b>DIRECCION MINIMOS</b>	N	NW	NW	N	NW	S	S	N	N	N	N	N

**Nota.** Fuente: Adaptado a partir de datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM

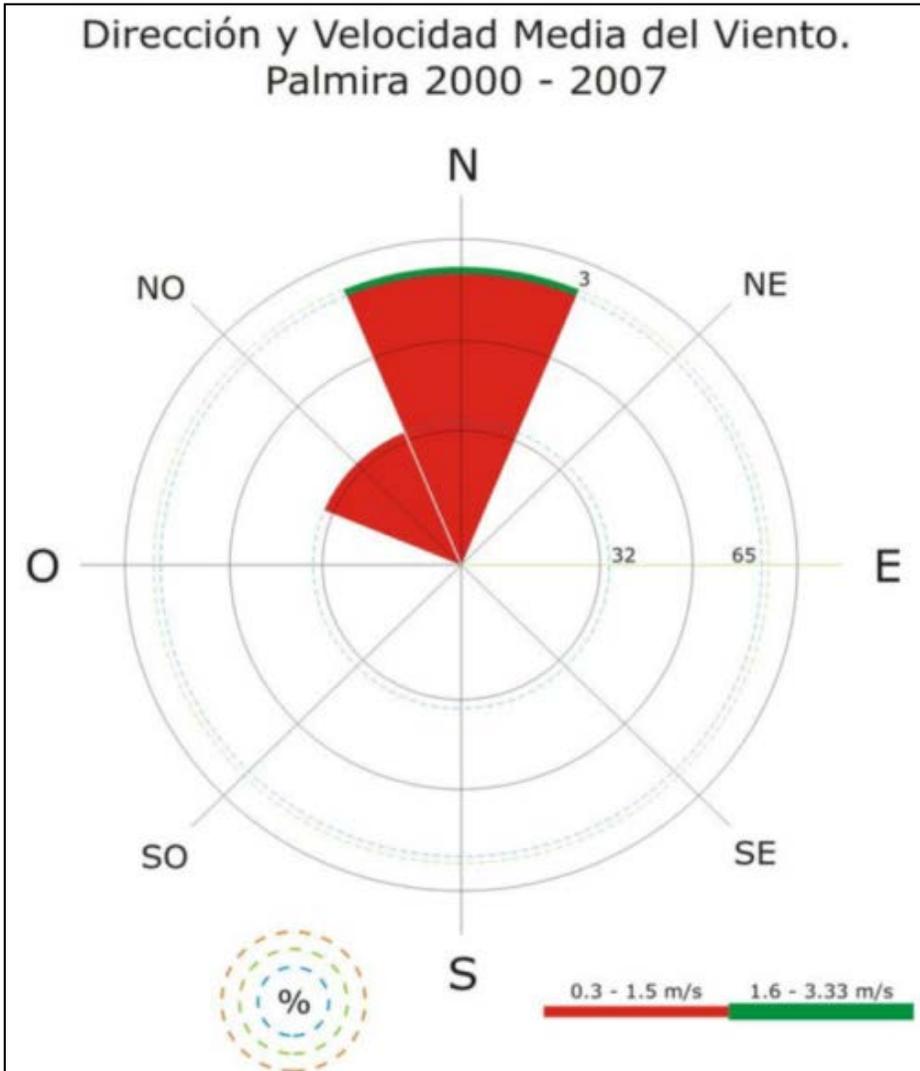
Así mismo, de acuerdo a información de Montealegre (2008), en la siguiente figura se describen las rosas de vientos para la ciudad de Palmira, tanto del periodo 2000 a 2007, como las mensuales, ratificando la dirección de los vientos predominantes que provienen del norte y noroeste.

PLANEACIÓN ELECTRICA DE ÁREAS								
ZONA	OFICINA O DEPENDENCIA	Nº Veces que repite	Nº DE PERSONAS POR ESPACIO	AREA MÍNIMA REQUERIDA (M2)	AREA PARCIAL (M2)	AREAS TOTALES (M2)	CARGA ELECTRICA EN VATIOS	
ADMINISTRATIVA	GUARDIA	1	1	5,80	5,80	86,67	480	
	AREA DE RADIOS	1	*	2,52	2,52		280	
	ÁREA DE ESPERA	1	*	3,90	3,90		250	
	OFICINA DE DENUNCIAS Y CONTRAVENCIONES	1	1	7,20	7,20		424	
	OFICINA DE VIGILANCIA COMUNITARIA (PNVCC)	1	1	7,20	7,20		424	
	OFICINA DE INFANCIA Y ADOLESCENCIA	1	1	7,20	7,20		424	
	OFICINA DISPONIBLE (según necesidad operativa de la Estacion)	1	1	7,20	7,20		424	
	OFICINA COMANDO DE ESTACION	1	1	16,80	16,80		520	
	Baño privado comandante	1	*	1,82	1,82		150	
	BAÑO SOCIAL	1	*	4,56	4,56		100	
	SUBTOTAL AREA NETA						64,20	3476,00
	AREA DE CIRCULACIONES				25%		16,05	
	AREA OCUPADA POR MAMPOSTERÍAS Y ESTRUCTURAS				10%		6,42	
TOTAL ZONA ADMINISTRATIVA					86,67			
RESTRINGIDA	ARMERILLO	1	*	10,40	10,40	130		
	ARCHIVO ADMINISTRATIVO	1	*	7,28	7,28	250		
	CELDA RETENIDOS TRANSITORIOS HOMBRES	1	*	8,82	8,82	60		
	CELDA RETENIDOS TRANSITORIOS MUJERES	1	*	5,25	5,25	60		

	SERVICIOS SANITARIOS	1	*	8,82	8,82		60
	ZONA DE SEGURIDAD RETENIDOS	1	*	5,00	5,00		60
	GARITAS DE VIGILANCIA	1	*	1,96	1,96		100
	<b>SUBTOTAL AREA NETA</b>				<b>47,53</b>		<b>720,00</b>
	AREA DE CIRCULACIONES			25%	11,88	<b>64,17</b>	
	AREA OCUPADA POR MAMPOSTERÍAS Y ESTRUCTURAS			10%	4,75		
	<b>TOTAL ZONA ADMINISTRATIVA</b>				<b>64,17</b>		
<b>SOCIAL</b>	COCINA	1	*	10,64	10,64		800
	DESPENSA	1	*	5,04	5,04		180
	SALON COMEDOR	2	8	8,84	17,68		520
	SALON DE TV y DESCANSO	1	*	8,64	8,64		350
	BAÑO ZONA SOCIAL	1	*	4,03	4,03		60
	ZONA DE ROPAS	1	*	11,61	11,61		480
	<b>SUBTOTAL AREA NETA</b>				<b>57,64</b>		<b>2390,00</b>
	AREA DE CIRCULACIONES			25%	14,41	<b>77,81</b>	
	AREA OCUPADA POR MAMPOSTERÍAS Y ESTRUCTURAS			10%	5,76		
<b>TOTAL AREA SOCIAL</b>				<b>77,81</b>			
<b>ALOJAMIENTOS</b>	ALOJAMIENTO COLECTIVO TIPO (6 hombres)	3	18	17,64	52,92		1480
	BATERÍA DE BAÑOS TIPO (6 servicios)	3	*	14,04	42,12		750

	<b>ALOJAMIENTO TIPO PARA SUBOFICIALES (incluye wc)</b>	1	2	21,83	21,83		560
	<b>APARTAMENTO FISCAL</b>						
	Habitacion principal	1		12,96	12,96		390
	Habitacion secundaria	1		7,40	7,40		280
	Hall	1		3,87	3,87		120
	Baño	1		3,32	3,32		100
	Sala Estar - Comedor tipo Pantry	1		13,68	13,68		460
	Cocina	1		4,59	4,59		800
	Zona de ropas	1		2,70	2,70		380
	<b>SUBTOTAL AREA NETA</b>				165,38		<b>5320,00</b>
	AREA DE CIRCULACIONES			25%	41,35		
	AREA OCUPADA POR MAMPOSTERÍAS Y ESTRUCTURAS			10%	16,54	<b>223,27</b>	
	<b>TOTAL AREA DE ZONA DE ALOJAMIENTOS</b>				<b>223,27</b>		
<b>SERVICIOS GENERALES</b>	<b>CUARTO EQUIPO HIDROACUMULADOR</b>	1	*	3,00	3,00		1000
	<b>TANQUE BAJO ALMACENAMIENTO (20 M3)</b>	1	*	11,31	11,31		380
	<b>CUARTO DE BASURA</b>	1	*	3,12	3,12		60
	<b>PLANTA ELECTRICA (*opcional)</b>	1	*	15,19	15,19		200
	<b>CASETA DE GAS</b>	1		0,84	0,84		60
	<b>SUBTOTAL AREA NETA</b>				33,46		<b>1700,00</b>
	AREA OCUPADA POR MAMPOSTERÍAS Y ESTRUCTURAS			10%	3,35	<b>36,81</b>	

		<b>TOTAL AREA DE SERVICIOS GENERALES</b>			<b>36,81</b>		
<b>TOTAL AREAS CONSTRUIDAS CUBIERTAS</b>						<b>488,72</b>	<b>13606,00</b>
<b>AREAS CONSTRUIDAS DESCUBIERTAS</b>							
<b>AREAS DESCUBIERTAS</b>	<b>PLAZA DE FORMACIÓN</b>	<b>1</b>	<b>*</b>	<b>146,62</b>	<b>146,62</b>		<b>200</b>
	<b>PARQUEADERO VEHICULO 6,80 x 2,40m.</b>	<b>1</b>	<b>*</b>	<b>16,32</b>	<b>16,32</b>		<b>120</b>
	<b>PARQUEADERO MOTOCICLETAS</b>	<b>3</b>	<b>*</b>	<b>3,00</b>	<b>9,00</b>		<b>120</b>
	<b>TOTAL AREAS CONSTRUIDAS CUBIERTAS</b>				<b>171,94</b>	<b>171,94</b>	<b>440,00</b>
<b>TOTAL AREAS CONSTRUIDAS DESCUBIERTAS</b>						<b>171,94</b>	<b>14.046,00</b>



**Figura 12. Rosa de vientos predominantes para la ciudad de Palmira**

Fuente: Montealegre F.A., (2008). Dinámica Atmosférica en la Ciudad de Palmira, Valle del Cauca. *Informe Final Convenio 063 de 2007 Avance de los Temas de Investigación Clima, Biodiversidad y Calidad del Hábitat*, 15-16.

#### 6.7 .ANALISIS Y PLANEACION DISENO ELECTRICO

#### TABLA 15

## 6.7.1 OPTIMIZACION DE CARGAS POR AREAS POR CLIMA CALIDO

DISEÑO DE ÁREAS OPTIMIZADAS									
ZONA	OFICINA O DEPENDENCIA	Nº Veces que repite	Nº DE PERSONAS POR ESPACIO	AREA MÍNIMA REQUERIDA (M2)	AREA PARCIAL (M2)	AREAS TOTALES (M2)	CARGA ELECTRICA EN VATIOS		
ADMINISTRATIVA	GUARDIA	1	1	5,80	5,80	86,67	560		
	AREA DE RADIOS	1	*	2,52	2,52		280		
	ÁREA DE ESPERA	1	*	3,90	3,90		450		
	OFICINA DE DENUNCIAS Y CONTRAVENCIONES	1	1	7,20	7,20		560		
	OFICINA DE VIGILANCIA COMUNITARIA (PNVCC)	1	1	7,20	7,20		560		
	OFICINA DE INFANCIA Y ADOLESCENCIA	1	1	7,20	7,20		560		
	OFICINA DISPONIBLE (según necesidad operativa de la Estacion)	1	1	7,20	7,20		560		
	OFICINA COMANDO DE ESTACION	1	1	16,80	16,80		620		
	Baño privado comandante	1	*	1,82	1,82		150		
	BAÑO SOCIAL	1	*	4,56	4,56		100		
	SUBTOTAL AREA NETA						64,20		4400,00
	AREA DE CIRCULACIONES				25%		16,05		
	AREA OCUPADA POR MAMPOSTERÍAS Y ESTRUCTURAS				10%		6,42		
TOTAL ZONA ADMINISTRATIVA						86,67			
RESTRINGIDA	ARMERILLO	1	*	10,40	10,40		230		
	ARCHIVO ADMINISTRATIVO	1	*	7,28	7,28		250		

	CELDA RETENIDOS TRANSITORIOS HOMBRES	1	*	8,82	8,82		60
	CELDA RETENIDOS TRANSITORIOS MUJERES	1	*	5,25	5,25		60
	SERVICIOS SANITARIOS	1	*	8,82	8,82		60
	ZONA DE SEGURIDAD RETENIDOS	1	*	5,00	5,00		60
	GARITAS DE VIGILANCIA	1	*	1,96	1,96		100
	<b>SUBTOTAL AREA NETA</b>				<b>47,53</b>		<b>820,00</b>
	AREA DE CIRCULACIONES			25%	11,88	<b>64,17</b>	
	AREA OCUPADA POR MAMPOSTERÍAS Y ESTRUCTURAS			10%	4,75		
	<b>TOTAL ZONA ADMINISTRATIVA</b>				<b>64,17</b>		
<b>SOCIAL</b>	COCINA	1	*	10,64	10,64		800
	DESPENSA	1	*	5,04	5,04		180
	SALON COMEDOR	2	8	8,84	17,68		920
	SALON DE TV y DESCANSO	1	*	8,64	8,64		760
	BAÑO ZONA SOCIAL	1	*	4,03	4,03		60
	ZONA DE ROPAS	1	*	11,61	11,61		480
	<b>SUBTOTAL AREA NETA</b>				<b>57,64</b>		<b>3200,00</b>
	AREA DE CIRCULACIONES			25%	14,41	<b>77,81</b>	
	AREA OCUPADA POR MAMPOSTERÍAS Y ESTRUCTURAS			10%	5,76		
	<b>TOTAL AREA SOCIAL</b>				<b>77,81</b>		

<b>ALOJAMIENTOS</b>	<b>ALOJAMIENTO COLECTIVO TIPO (6 hombres)</b>	3	18	17,64	52,92		3280	
	<b>BATERÍA DE BAÑOS TIPO (6 servicios)</b>	3	*	14,04	42,12		750	
	<b>ALOJAMIENTO TIPO PARA SUBOFICIALES (incluye wc)</b>	1	2	21,83	21,83		760	
	<b>APARTAMENTO FISCAL</b>							
	Habitacion principal	1		12,96	12,96		760	
	Habitacion secundaria	1		7,40	7,40		580	
	Hall	1		3,87	3,87		200	
	Baño	1		3,32	3,32		100	
	Sala Estar - Comedor tipo Pantry	1		13,68	13,68		660	
	Cocina	1		4,59	4,59		800	
	Zona de ropas	1		2,70	2,70		380	
	<b>SUBTOTAL AREA NETA</b>					<b>165,38</b>	<b>223,27</b>	<b>8270,00</b>
	AREA DE CIRCULACIONES				25%	41,35		
	AREA OCUPADA POR MAMPOSTERÍAS Y ESTRUCTURAS				10%	16,54		
<b>TOTAL AREA DE ZONA DE ALOJAMIENTOS</b>					<b>223,27</b>			
<b>SERVICIOS GENERALES</b>	<b>CUARTO EQUIPO HIDROACUMULADOR</b>	1	*	3,00	3,00		1000	
	<b>TANQUE BAJO ALMACENAMIENTO (20 M3)</b>	1	*	11,31	11,31		380	
	<b>CUARTO DE BASURA</b>	1	*	3,12	3,12		60	

	PLANTA ELECTRICA (*opcional)	1	*	15,19	15,19		200
	CASETA DE GAS	1		0,84	0,84		60
	SUBTOTAL AREA NETA				33,46		1700,00
	AREA OCUPADA POR MAMPOSTERÍAS Y ESTRUCTURAS			10%	3,35	36,81	
	TOTAL AREA DE SERVICIOS GENERALES				36,81		
TOTAL AREAS CONSTRUIDAS CUBIERTAS						488,72	18390,00
AREAS CONSTRUIDAS DESCUBIERTAS							
AREAS DESCUBIERTAS	PLAZA DE FORMACIÓN	1	*	146,62	146,62		200
	PARQUEADERO VEHICULO 6,80 x 2,40m.	1	*	16,32	16,32		120
	PARQUEADERO MOTOCICLETAS	3	*	3,00	9,00		120
	TOTAL AREAS CONSTRUIDAS CUBIERTAS				171,94	171,94	440,00
TOTAL AREAS CONSTRUIDAS DESCUBIERTAS						171,94	18.830,00

## 6.7.2 OPTIMIZACION DE CARGAS POR AREAS POR CLIMA FRIO

PROGRAMA ARQUITECTÓNICO DE ÁREAS							
ZONA	OFICINA O DEPENDENCIA	Nº Veces que repite	Nº DE PERSONAS POR ESPACIO	AREA MÍNIMA REQUERIDA (M2)	AREA PARCIAL (M2)	AREAS TOTALES (M2)	CARGA ELECTRICA EN VATIOS

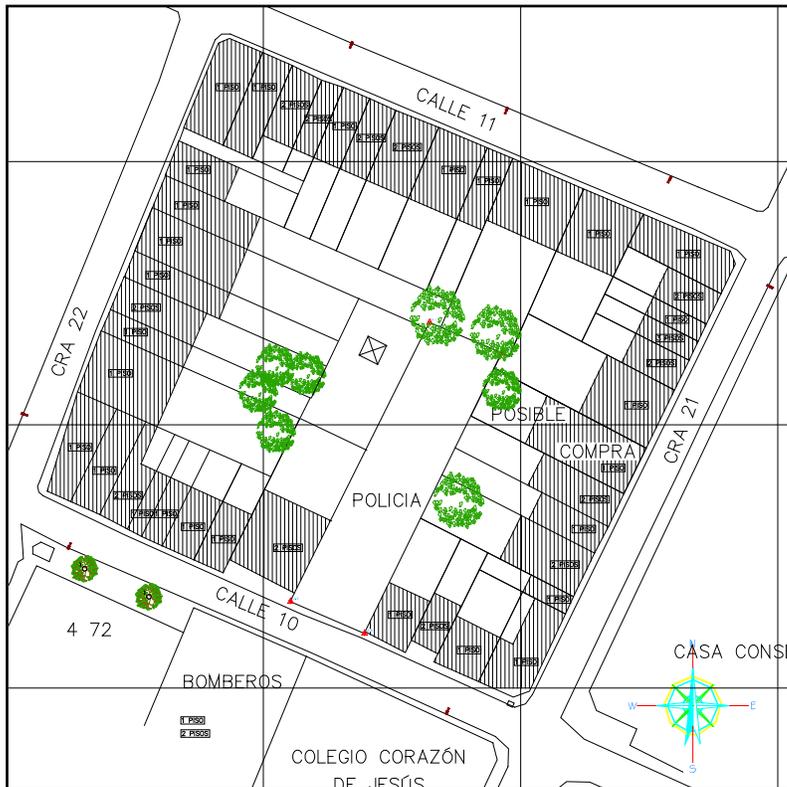
ADMINISTRATIVA	GUARDIA	1	1	5,80	5,80		480	
	AREA DE RADIOS	1	*	2,52	2,52		280	
	ÁREA DE ESPERA	1	*	3,90	3,90		250	
	OFICINA DE DENUNCIAS Y CONTRAVENCIONES	1	1	7,20	7,20		424	
	OFICINA DE VIGILANCIA COMUNITARIA (PNVCC)	1	1	7,20	7,20		424	
	OFICINA DE INFANCIA Y ADOLESCENCIA	1	1	7,20	7,20		424	
	OFICINA DISPONIBLE (según necesidad operativa de la Estacion)	1	1	7,20	7,20		424	
	OFICINA COMANDO DE ESTACION	1	1	16,80	16,80		520	
	Baño privado comandante	1	*	1,82	1,82		150	
	BAÑO SOCIAL	1	*	4,56	4,56		100	
	SUBTOTAL AREA NETA					64,20		3476,00
	AREA DE CIRCULACIONES				25%	16,05		
	AREA OCUPADA POR MAMPOSTERÍAS Y ESTRUCTURAS				10%	6,42	86,67	
	TOTAL ZONA ADMINISTRATIVA					86,67		
RESTRINGIDA	ARMERILLO	1	*	10,40	10,40		130	
	ARCHIVO ADMINISTRATIVO	1	*	7,28	7,28		250	
	CELDA RETENIDOS TRANSITORIOS HOMBRES	1	*	8,82	8,82		60	

	CELDA RETENIDOS TRANSITORIOS MUJERES	1	*	5,25	5,25		60
	SERVICIOS SANITARIOS	1	*	8,82	8,82		60
	ZONA DE SEGURIDAD RETENIDOS	1	*	5,00	5,00		60
	GARITAS DE VIGILANCIA	1	*	1,96	1,96		100
	<b>SUBTOTAL AREA NETA</b>				<b>47,53</b>		<b>720,00</b>
	AREA DE CIRCULACIONES			<b>25%</b>	11,88	<b>64,17</b>	
	AREA OCUPADA POR MAMPOSTERÍAS Y ESTRUCTURAS			<b>10%</b>	4,75		
	<b>TOTAL ZONA ADMINISTRATIVA</b>				<b>64,17</b>		
<b>SOCIAL</b>	COCINA	1	*	10,64	10,64		800
	DESPENSA	1	*	5,04	5,04		180
	SALON COMEDOR	2	8	8,84	17,68		520
	SALON DE TV y DESCANSO	1	*	8,64	8,64		350
	BAÑO ZONA SOCIAL	1	*	4,03	4,03		60
	ZONA DE ROPAS	1	*	11,61	11,61		480
	<b>SUBTOTAL AREA NETA</b>				<b>57,64</b>		<b>2390,00</b>
	AREA DE CIRCULACIONES			<b>25%</b>	14,41	<b>77,81</b>	
	AREA OCUPADA POR MAMPOSTERÍAS Y ESTRUCTURAS			<b>10%</b>	5,76		
<b>TOTAL AREA SOCIAL</b>				<b>77,81</b>			
<b>ALOJAMIENTOS</b>	ALOJAMIENTO COLECTIVO TIPO (6 hombres)	3	18	17,64	52,92		1480

	<b>BATERÍA DE BAÑOS TIPO (6 servicios)</b>	3	*	14,04	42,12		750
	<b>ALOJAMIENTO TIPO PARA SUBOFICIALES (incluye wc)</b>	1	2	21,83	21,83		560
	<b>APARTAMENTO FISCAL</b>						
	Habitacion principal	1		12,96	12,96		390
	Habitacion secundaria	1		7,40	7,40		280
	Hall	1		3,87	3,87		120
	Baño	1		3,32	3,32		100
	Sala Estar - Comedor tipo Pantry	1		13,68	13,68		460
	Cocina	1		4,59	4,59		800
	Zona de ropas	1		2,70	2,70		380
	<b>SUBTOTAL AREA NETA</b>				165,38		5320,00
	AREA DE CIRCULACIONES			25%	41,35		
	AREA OCUPADA POR MAMPOSTERÍAS Y ESTRUCTURAS			10%	16,54	223,27	
	<b>TOTAL AREA DE ZONA DE ALOJAMIENTOS</b>				223,27		
<b>SERVICIOS GENERALES</b>	<b>CUARTO EQUIPO HIDROACUMULADOR</b>	1	*	3,00	3,00		1000
	<b>TANQUE BAJO ALMACENAMIENTO (20 M3)</b>	1	*	11,31	11,31		380
	<b>CUARTO DE BASURA</b>	1	*	3,12	3,12		60
	<b>PLANTA ELECTRICA (*opcional)</b>	1	*	15,19	15,19		200
	<b>CASETA DE GAS</b>	1		0,84	0,84		60
	<b>SUBTOTAL AREA NETA</b>				33,46	36,81	1700,00

AREA OCUPADA POR MAMPOSTERÍAS Y ESTRUCTURAS		10%	3,35			
TOTAL AREA DE SERVICIOS GENERALES			36,81			
TOTAL AREAS CONSTRUIDAS CUBIERTAS				488,72	13606,00	
AREAS CONSTRUIDAS DESCUBIERTAS						
AREAS DESCUBIERTAS	PLAZA DE FORMACIÓN	1	*	146,62	146,62	200
	PARQUEADERO VEHICULO 6,80 x 2,40m.	1	*	16,32	16,32	120
	PARQUEADERO MOTOCICLETAS	3	*	3,00	9,00	120
	TOTAL AREAS CONSTRUIDAS CUBIERTAS				171,94	440,00
TOTAL AREAS CONSTRUIDAS DESCUBIERTAS				171,94	14.046,00	

### 6.7.3 Localización proyecto eléctrico



**Figura 16. Localización del predio en la manzana**

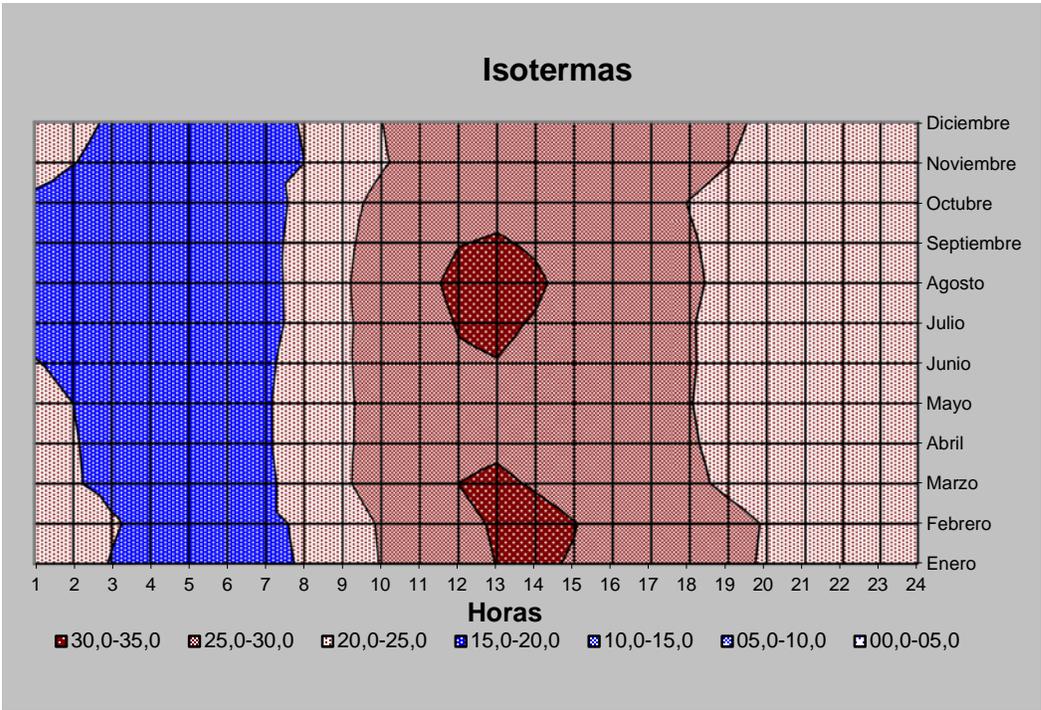
Fuente: Plano topográfico elaborado por el Grupo Infraestructura Policía Nacional de Colombi

## 6.8 CALCULO DE MEDIAS HORARIAS DE TEMPERATURAS Y HUMEDADES RELATIVAS

Con los datos meteorológicos obtenidos de temperatura y humedad relativa, se efectuó el cálculo del promedio mensual de las temperaturas y humedades relativas horarias de acuerdo la hoja de cálculo de Microsoft Excel® desarrollada por Gómez (2005), y de esta forma identificar su comportamiento durante las 24 horas del día mes a mes. A partir de esta información, podemos identificar los meses y horas críticas de diseño que se tomarán como el límite extremo de las condiciones climáticas del lugar, y sobre

cuyos parámetros se desarrollará el diseño y cálculo bioclimático de la edificación a proyectar.

De acuerdo a la tabla y figuras siguientes, en las cuales se describe las medias horarias de temperatura, se puede identificar que las mayores temperaturas del sitio se presentan en dos periodos del año: Enero a Marzo y Junio a Septiembre. Así mismo, se puede observar que en el mes de agosto entre las 11:00 y las 15:00 horas, se presentan las mayores temperaturas del lugar.



**Figura 34.** Isotermas comportamiento medias horarias de temperatura durante el año.

Fuente: Elaboración propia a partir de la hoja de cálculo de Microsoft Excel ® desarrollada por Gómez (2005), Universidad de Colima, México, y datos meteorológicos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM para el Municipio de Florida.

Tabla 7:

Cálculo de medias horarias de temperatura en °C.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	20,8	20,9	20,4	20,3	20,3	20,1	19,6	19,7	19,8	19,8	20,4	20,7
2	20,3	20,4	20,1	20,0	20,0	19,8	19,3	19,4	19,5	19,5	20,0	20,2
3	20,0	20,1	19,8	19,8	19,8	19,5	19,0	19,1	19,2	19,2	19,7	19,9
4	19,7	19,8	19,6	19,6	19,6	19,3	18,8	18,9	19,0	19,0	19,4	19,6
5	19,4	19,6	19,5	19,5	19,5	19,2	18,6	18,7	18,9	18,9	19,2	19,4
6	19,3	19,4	19,4	19,4	19,4	19,1	18,5	18,6	18,8	18,8	19,1	19,2
7	19,3	19,4	19,4	19,6	19,7	19,4	18,9	18,9	19,0	18,8	19,0	19,2
8	20,3	20,4	21,6	21,6	21,6	21,5	21,2	21,3	21,2	20,9	20,0	20,2
9	22,6	22,8	24,4	24,3	24,2	24,3	24,2	24,4	24,1	23,6	22,1	22,4
10	25,2	25,4	27,0	26,8	26,7	26,9	27,0	27,3	26,8	26,2	24,5	24,9
11	27,5	27,7	28,9	28,6	28,4	28,8	29,1	29,4	28,8	28,1	26,7	27,1
12	29,1	29,4	30,0	29,5	29,3	29,8	30,1	30,5	29,9	29,2	28,2	28,8
13	30,0	30,3	30,3	29,8	29,5	29,9	30,3	30,8	30,2	29,4	29,0	29,6
14	30,2	30,4	29,9	29,4	29,1	29,5	29,9	30,3	29,8	29,1	29,2	29,8
15	29,9	30,1	29,0	28,6	28,3	28,7	28,9	29,3	28,9	28,3	28,9	29,5
16	29,1	29,3	28,0	27,5	27,3	27,6	27,7	28,1	27,7	27,2	28,2	28,7
17	28,1	28,2	26,8	26,4	26,2	26,4	26,5	26,8	26,5	26,1	27,2	27,7
18	26,9	27,1	25,6	25,3	25,1	25,2	25,2	25,5	25,3	24,9	26,2	26,6
19	25,8	25,9	24,5	24,2	24,1	24,1	24,0	24,2	24,1	23,8	25,1	25,5
20	24,7	24,8	23,5	23,3	23,1	23,1	22,9	23,1	23,1	22,8	24,1	24,4
21	23,7	23,8	22,6	22,4	22,3	22,2	22,0	22,2	22,2	22,0	23,1	23,5
22	22,8	22,9	21,9	21,7	21,7	21,5	21,2	21,4	21,4	21,3	22,3	22,6
23	22,0	22,1	21,3	21,2	21,1	20,9	20,6	20,7	20,8	20,7	21,6	21,8
24	21,3	21,4	20,8	20,7	20,6	20,4	20,0	20,1	20,2	20,2	20,9	21,2

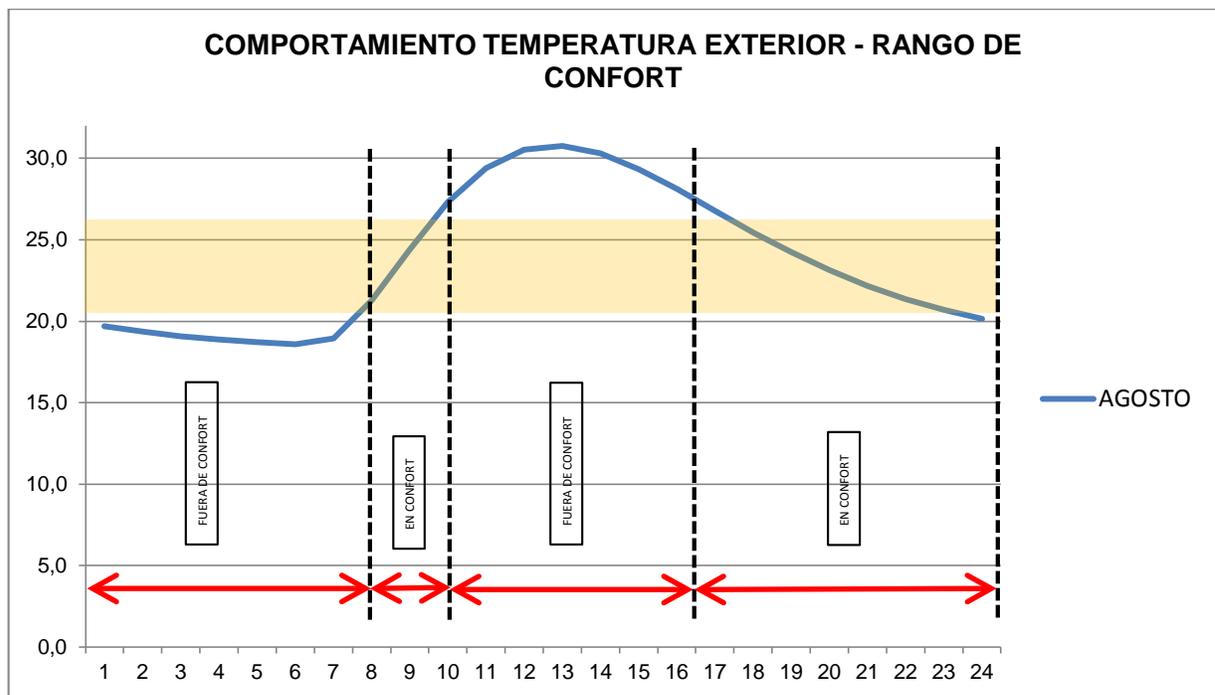


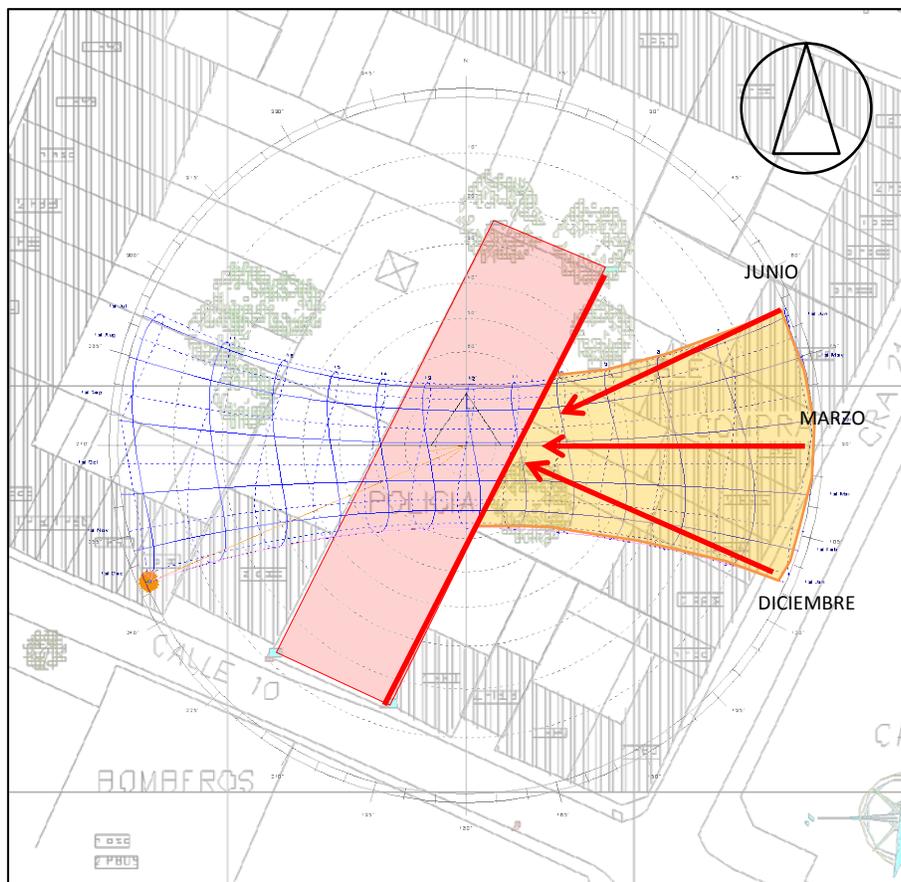
Figura 39. Comportamiento del rango de confort y temperatura exterior

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, entre la 1:00 y las 8:00 horas, la línea de temperatura exterior se encuentra fuera del rango de confort, sin embargo es muy cercana al límite inferior del mismo, por tanto es necesario mantener el calor del interior de la edificación; entre las 8:00 y las 10:00 horas, la línea de temperatura exterior se encuentra dentro del rango de confort, por tanto se considera un ambiente estable; entre las 10:00 y las 16:00 horas, la línea de temperatura exterior se encuentra fuera del rango de confort y por tanto es necesario enfriar; entre las 16:00 y las 24:00 horas, la línea de temperatura exterior se encuentra dentro del rango de confort, por tanto se considera un ambiente estable.

#### 6.8.1. TRAYECTORIA SOLAR

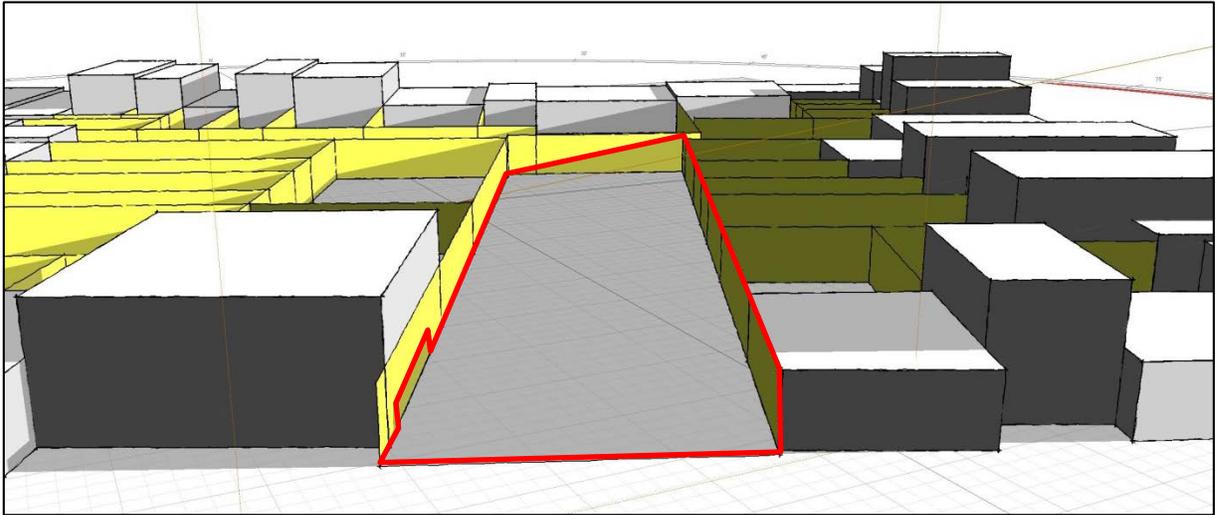
Con el fin de realizar el análisis de asoleación sobre el lote, se realizó el diagrama estereográfico de trayectoria solar con los datos de ubicación geográfica en el Municipio de Florida, encontrando que el predio se encuentra afectado durante todo el año tanto por el costado tanto oriental como occidental, en unas épocas del año con mayor magnitud que en otras. Tal y como se muestra en las siguientes figuras, en el mes de enero, se presenta la mayor exposición por el costado oriental del lote durante las mañanas, disminuyendo su magnitud hacia el mes de marzo y minimizándose sucesivamente hacia el mes de junio.



**Figura 40. Diagrama estereográfico de trayectoria solar sobre el lote Florida, exposición costado oriental.**

Fuente: Elaboración propia a partir de Autodesk Ecotect Analysis (Versión 2011) [Software de computo]. Bogotá, Colombia: Autodesk, Inc.

En las siguientes figuras se observa las sombras arrojadas sobre el predio a diferentes horas de la mañana del mes de diciembre donde se observa las obstrucciones causadas por los predios vecinos. Entre las 6:00 horas y las 9:00 horas se presenta la mayor obstrucción a nivel de primer piso.



**Figura 41. Simulación recorrido solar para Diciembre a las 7:00 horas costado oriental.**

Fuente: Elaboración propia a partir de Autodesk Ecotect Analysis (Versión 2011) [Software de computo].  
Bogotá, Colombia: Autodesk, Inc.

Tomando como base el análisis efectuado en el diagnóstico realizado y obtener las mejores condiciones de confort y bienestar personal, se determinan las estrategias bioclimáticas que deberán implementarse con el fin de lograr un proyecto funcional y que responda a las condiciones climáticas del lugar, así:

## 6.9 CARACTERISTICAS DEL PROYECTO

### 6.9.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto a desarrollar es una edificación para el funcionamiento de una Estación de Policía, en la cual se desarrollan actividades principalmente de administración y alojamiento. Consta de 5 grandes zonas determinadas por su función, así:

Administrativa: oficinas de atención al público, privadas y servicios.

Restringida: bodegas de armamento, archivo y áreas de retención de personas.

Alojamientos: áreas de alojamientos del personal y servicios.

Social: áreas de alimentación y descanso.

Exteriores: Plaza de formación.

## 6.9.2. PROGRAMA DE ESPACIOS

Tabla 14:

### Horario e intensidad de uso

ZONA	actividad	Personas Fijas	Personas Flotantes	Horario																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	21	24
ADMINISTRATIVA	OFICINA	6	6							X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X					
RESTRINGIDA	REPOSO	0	6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ALOJAMIENTOS	REPOSO	43	0	X	X	X	X	X	X																X	X	X
SOCIAL	LIGERA-MODERADA	0	21															X	X					X	X		

**Nota.** Fuente: Elaboración propia.

## 6.10. Reducción de cargas eléctricas

Al reducir las cargas de la edificación, se reduce el consumo eléctrico general y a su vez la cantidad de energía que debe ser generada por medios renovables. A continuación se describen las estrategias para tal fin:

- Optimización del diseño eléctrico, en el cual se reduzcan las cargas eléctricas innecesarias.

- Sistema de iluminación artificial eficiente, el cual contenga características de bajo consumo de energía y que se encuentre automatizado para mayor efectividad, minimizando el consumo eléctrico para tal fin.
- Uso de aparatos eléctricos que contengan características de bajo consumo energético.

### 6.11. Implementación de sistemas de generación de energía disponibles

Teniendo en cuenta que el concepto de Edificios Energía Cero EEC se fundamenta en la generación de energía por medio de recursos naturales renovables, se efectuaron diferentes visitas a eventos y empresas especializadas en generación de energía tales como la Feria Internacional del Medio Ambiente FIMA, la firma OPA Engineering de Italia y la firma Eco Energy Renovables de Colombia, con quienes se determinó que en Colombia y para esta clase de proyectos se tiene la posibilidad de generar energía por los sistemas de energía solar fotovoltaica, energía solar térmica y energía eólica, los cuales serán efectivos de acuerdo a las cargas eléctricas finales tras el proceso de reducción y optimización de cargas.

#### **Qi - GANANCIAS INTERNAS**

DESCRIPCION	CANTIDAD	CALOR (W)	TOTAL
PERSONAS	3	70	210
LAMPARAS	6	0*	0
EQUIPOS	0	0**	0
		TOTAL	210 W

\*De acuerdo a la hora, las lámparas se encuentran apagadas.

\*\*Por política de la Policía Nacional de Colombia, no se tienen equipos en el interior de los alojamientos.

## **6.14 FORMULACION**

***Total Qi= 210 W***

### **Qs GANANCIAS SOLARES**

***Qs= A \* H \* Fq, donde,***

*A= Area*

*H= Radiación solar incidente*

*Fq= factor de ganancia solar*

*Qs Ventana norte= 1.87 m<sup>2</sup> \* 132.42 w \*0.97*

*Qs Ventana norte= 240.1 W*

Teniendo en cuenta que las ventanas están protegidas por una cubierta traslucida en un 60%, entonces

*Qs Ventana norte= 96.04 W*

***Total Qs= 96.04 W***

### **Qc – GANANCIAS O PERDIDAS POR CONDUCTIVIDAD**

***Qc= A \* U \* Δ T, donde,***

*A= Area*

*U= Coeficiente de transmitancia*

*Δ T = diferencia de temperatura exterior, interior*

**Coeficientes de transmitancia sistema constructivo planteado:**

## **CÁLCULO DE DISIPACIÓN DE CALOR FINAL ALMACENADO OFICINAS**

El siguiente es el caudal de ventilación **Q** necesario para disipar los 2682.28 W resultantes del balance térmico realizado y que la temperatura no ascienda a más de 27.4°C correspondiente al límite máximo del rango de confort establecido en el presente estudio.

$$Q = Q_t * (C_p * \Phi * \Delta T * 3600) - 1, \text{ donde,}$$

**Q**= caudal de ventilación para disipar calor M3/h

**Q<sub>t</sub>**= Calor total a ser removido (W)

**C<sub>p</sub>** = Calor específico del aire ( J/kg°K)

**Φ** = Densidad del aire (kg/m<sup>3</sup>)

**Δ T** = Diferencia de temperatura

$$Q = 2682.28 \text{ W} * (1200 \text{ J/kg}^\circ\text{K} * 1.2 \text{ kg/m}^3 * 3.4 \text{ }^\circ\text{C} * 3600) - 1$$

$$Q = 0.77 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Teniendo en cuenta el caudal de ventilación resultante, se puede obtener el tamaño mínimo de las aberturas tanto de entrada como de salida en ventilación cruzada mediante el método de GARCIA Y FUENTES (1995), así:

$$Q = 0.77 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Relación de aberturas: 1.25

Abertura mínima de entrada: 4.92 M<sup>2</sup>

Porcentaje de pérdida 35% por rejilla: 6.64 M<sup>2</sup>

Abertura mínima de salida: 6.15 M<sup>2</sup>

Porcentaje de pérdida 35% por rejilla: 8.30 M<sup>2</sup>

### 7.5.2.3. Balance térmico y cálculo de disipación de calor final almacenado zona social apartamento fiscal

#### Qi - GANANCIAS INTERNAS

DESCRIPCION	CANTIDAD	CALOR (W)	TOTAL
PERSONAS	4	130	520
LAMPARAS	4	0*	0
EQUIPOS	2	180	360
		TOTAL	880 W

\*De acuerdo a la hora, las lámparas se encuentran apagadas.

**Total Qi= 880 W**

#### Qs GANANCIAS SOLARES

**$Qs = A * H * Fq$** , donde,

A= Area

H= Radiación solar incidente

Fq= factor de ganancia solar

La ventana norte cuenta con protección solar, por tanto no tiene ganancias solares.

**Total Qs= 0 W**

#### Qc – GANANCIAS O PERDIDAS POR CONDUCTIVIDAD

**$Qc = A * U * \Delta T$** , donde,

A= Area

U= Coeficiente de transmitancia

$\Delta T = \text{diferencia de temperatura exterior, interior}$

### **6.15 Diseño bioclimática**

Tal y como se ha descrito en el presente documento, es importante mencionar que la eficiencia energética es más eficaz, cuando se aplican conceptos bioclimáticos. Con la implementación de sistemas pasivos de climatización en este proyecto, se está consiguiendo bajar considerablemente las cargas eléctricas que un proyecto convencional requeriría.

- Mediante la ventilación natural diseñada, se está logrando que en el interior de la edificación se mantengan temperaturas estables dentro de un rango de confort, sin tener que utilizar medios mecánicos de alto consumo como el aire acondicionado, y se ahorran costos tanto en equipos como en la energía utilizada durante la vida útil del proyecto.
- Mediante los sistemas de protección solar propuestos de la envolvente, ya sea en muros o cubiertas por conductividad térmica o radiación solar directa por ventanas, se minimizan las cargas térmicas adicionales que tengan que ser extraídas por medios mecánicos, evitando el uso de energía eléctrica para ese fin.
- Mediante el diseño de iluminación natural propuesto, se minimiza el uso de iluminación artificial durante el día, evitando el uso de energía eléctrica para ese fin.

### **6.16 Reducción de cargas eléctricas**

Al reducir las cargas de la edificación, se reduce el consumo eléctrico general y a su vez la cantidad de energía que debe ser generada por medios renovables. A continuación se describen la metodología utilizada en el proyecto.

### 6.16.1 Optimización del diseño eléctrico para reducir las cargas eléctricas innecesarias.

El punto de partida para realizar el procedimiento de optimización de la carga es disminuir al máximo la demanda energética de la edificación sin que esto conlleve a afectar el normal funcionamiento de la edificación y que supla las necesidades de sus ocupantes. A continuación se describen los criterios que se utilizaron:

1. Optimización de los espacios requeridos
2. Optimización del sistema de iluminación artificial.
3. Definición preciso de las funciones que van a realizarse en cada espacio para determinar la cantidad de aparatos eléctricos o electrónicos a utilizar.
4. Utilización de equipos eléctricos o electrónicos con política de bajo consumo.
5. Utilización de sistemas de climatización pasiva

## 7. Procedimiento efectuado

Con la asesoría y acompañamiento de grupos de interdisciplinarios y como punto de partida para el presente análisis, se tomó como comparación los proyectos convencionales que se ejecutan en la Policía Nacional de Colombia, donde con un área de 791 M<sup>2</sup>, se construye una edificación para 40 personas con un cuadro de cargas eléctricas para clima cálido de 22 KVA.

En este proyecto, con la optimización de espacios mediante la implementación de plantas libres en áreas administrativas y sociales, se lograron las mismas necesidades pero en un área de 651.26 M<sup>2</sup> con un cuadro de cargas eléctricas de 15.1 KVA.

Seguido a lo anterior, y como se observa en la tabla siguiente, se continuó el procedimiento de optimización de cargas eléctricas mediante la implementación de un sistema de iluminación con lámparas LED con características de bajo consumo y alta duración; se determinaron de manera general los equipos eléctricos y electrónicos ya sea en cantidad y sus características de consumo; y se eliminan definitivamente los equipos de aire acondicionado teniendo en cuenta el sistema de ventilación natural diseñado.

DESCRIPCION	AREA (M2)	CARGA STANDARD (VATIOS)	CARGA OPTIMIZADA (VATIOS)
<b>PISO 1</b>			
<b>BLOQUE GUARDIA</b>			
GUARDIA-RADIO	8,95	580,00	395,00
W.C. MINUSVALIDOS	3,24	100,00	23,00
SALON MÚLTIPLE	35,61	904,00	648,00
ESPERA Y CIRCULACIONES	25,20	378,00	242,00
AREA MUROS	8,58		
<b>TOTAL</b>	<b>81,58</b>	<b>1.962,00</b>	<b>1.308,00</b>
<b>BLOQUE ADMINISTRATIVO</b>			
OFICINA DENUNCIAS Y CONTRAVENCIONES	5,97	248,00	254,00
OFICINA VIGILANCIA COMUNITARIA - INFANCIA Y ADOLESCENCIA	19,35	774,00	531,00
OFICINA COMANDANTE	14,49	579,60	441,00
W.C. COMANDANTE	2,00	30,00	23,00
SECRETARIA	4,10	248,00	254,00
ESPERA Y CIRCULACIONES	21,51	860,40	249,00
AREA MUROS	7,60		
<b>TOTAL</b>	<b>75,02</b>	<b>2.740,00</b>	<b>1.752,00</b>
<b>BLOQUE SERVICIOS ADMINISTRATIVOS</b>			
CUARTO ELECTRICO GENERAL Y GENERACION DE ENERGIA	10,28	411,20	216,00
ARCHIVO	6,12	244,80	18,00
ARMERILLO	10,92	436,80	36,00
W.C.	3,36	50,40	23,00
RETENIDOS HOMBRES	6,71	100,65	0,00
RETENIDOS MUJERES	6,82	102,30	0,00
W.C. RETENIDOS	4,26	63,90	46,00

HALL RETENIDOS	3,57	35,70	23,00
CIRCULACIONES	10,77	161,55	36,00
AREA MUROS	12,21		
<b>TOTAL</b>	75,02	1.607,30	398,00
<b>BLOQUE SERVICIOS COMPLEMENTARIOS</b>			
COCINA-COMEDOR	25,73	643,25	1.018,00
POLICAFE	9,40	376,00	812,00
ESTAR TV	27,96	419,40	438,00
HALL ACCESO	9,10	136,50	46,00
TERRAZA	11,50	172,50	249,00
AREA MUROS	12,78		
<b>TOTAL</b>	96,47	1.747,65	2.563,00
<b>PISO 2</b>			
<b>BLOQUE ALOJAMIENTOS 1 Y 2</b>			
ALOJAMIENTO 1	18,08	630,00	399,00
VESTIER	5,10	100,00	16,00
W.C.	10,06	150,90	32,00
HALL ACCESO	1,44	21,60	23,00
ALOJAMIENTO 2	18,08	271,20	399,00
VESTIER	5,10	76,50	16,00
W.C.	10,06	150,90	32,00
HALL ACCESO	1,44	21,60	23,00
AREA MUROS	12,22		
<b>TOTAL</b>	81,58	1.422,70	940,00
<b>BLOQUE ALOJAMIENTOS 3 Y 4</b>			
ALOJAMIENTO 3	15,12	630,00	399,00
VESTIER	5,10	100,00	16,00
W.C.	10,06	150,90	32,00
HALL ACCESO	1,44	21,60	23,00
ALOJAMIENTO 4	15,12	226,80	399,00
VESTIER	5,10	76,50	16,00
W.C.	10,06	150,90	32,00
HALL ACCESO	1,44	21,60	23,00
AREA MUROS	11,58		
<b>TOTAL</b>	75,02	1.378,30	940,00
<b>BLOQUE ALOJAMIENTOS 5 Y 6</b>			
ALOJAMIENTO 5	15,12	630,00	399,00
VESTIER	5,10	100,00	16,00
W.C.	10,06	150,90	32,00
HALL ACCESO	1,44	21,60	23,00
ALOJAMIENTO 6	15,12	226,80	399,00

VESTIER	5,10	76,50	16,00
W.C.	10,06	150,90	32,00
HALL ACCESO	1,44	21,60	23,00
AREA MUROS	11,58		
<b>TOTAL</b>	<b>75,02</b>	<b>1.378,30</b>	<b>940,00</b>
<b>BLOQUE APARTAMENTO FISCAL</b>			
HABITACION PRINCIPAL	12,73	190,95	376,00
W.C.	3,73	55,95	16,00
HABITACION	11,75	176,25	376,00
HALL	10,84	162,60	23,00
SALA-COMEDOR-COCINA	33,73	2.200,00	1.500,00
TERRAZA	7,92	118,80	180,00
AREA MUROS	10,85		
<b>TOTAL</b>	<b>91,55</b>	<b>2.904,55</b>	<b>2.471,00</b>

## RESUMEN

DESCRIPCION	AREA (M2)	CARGA STANDARD (VATIOS)	CARGA OPTIMIZADA (VATIOS)
<b>PISO 1</b>			
BLOQUE GUARDIA	81,58	1.962,00	1.308,00
BLOQUE ADMINISTRATIVO	75,02	2.740,00	1.752,00
BLOQUE SERVICIOS ADMINISTRATIVOS	75,02	1.607,00	398,00
BLOQUE SERVICIOS COMPLEMENTARIOS	96,47	1.747,65	2.563,00
<b>TOTAL PISO 1</b>	<b>328,09</b>	<b>8.056,65</b>	<b>6.021,00</b>
<b>PISO 2</b>			
BLOQUE ALOJAMIENTOS 1 Y 2	81,58	1.422,70	940,00
BLOQUE ALOJAMIENTOS 3 Y 4	75,02	1.378,30	940,00
BLOQUE ALOJAMIENTOS 5 Y 6	75,02	1.378,30	940,00
BLOQUE APARTAMENTO FISCAL	91,55	2.904,55	2.471,00
<b>TOTAL PISO 2</b>	<b>323,17</b>	<b>7.083,85</b>	<b>5.291,00</b>
<b>TOTAL AREA CONSTRUIDA CUBIERTA</b>	<b>651,26</b>		

	<b>TOTAL</b>	<b>15.140,50</b>	<b>11.312,00</b>
--	--------------	------------------	------------------

Como resultado de este proceso de optimización de cargas se obtiene que la carga total de la edificación disminuyó a 11.3 Kva, cantidad con la cual se debe calcular el sistema de generación de energía.

## 8. Implementación de sistemas de generación de energía disponibles

Teniendo en cuenta que el concepto de Edificios Energía Cero EEC se fundamenta en la generación de energía por medio de recursos naturales renovables, se efectuaron diferentes visitas a eventos y empresas especializadas en generación de energía tales como la Feria Internacional del Medio Ambiente FIMA, la firma OPA Engineering de Italia y la firma Eco Energy Renovables de Colombia, con quienes se determinó que en Colombia y para esta clase de proyectos se tiene la posibilidad de generar energía por los sistemas de energía solar fotovoltaica, energía solar térmica y energía eólica, los cuales serán efectivos de acuerdo a las cargas eléctricas finales tras el proceso de reducción y optimización de cargas.

Para el proyecto, se determina que es viable la utilización de energía solar fotovoltaica y energía eólica con los siguientes parámetros:

### 8. 1. Energía solar fotovoltaica

Implementación de paneles solares fotovoltaicos fabricados de elementos semiconductores en silicio en la modalidad de acumulación de energía por medio de baterías con el fin de mantener una autonomía de alrededor de 1.5 días.

De acuerdo al cuadro de optimización de cargas, es necesario generar 11.3 kva correspondientes a la totalidad del proyecto en funcionamiento pleno, es decir, con todos los equipos, lámparas y demás aparatos encendidos. Sin embargo, si se analiza los horarios de uso de la edificación durante el ciclo de un día, no todo el sistema estará activo produciéndose una subutilización del sistema; de esta forma, se plantea realizar un proceso de diversificación de la carga donde técnicamente es posible que

de los 11.3 kva de carga total, el proyecto funcione con 3 Kva al 100% y los 8.3kva restantes al 50%, dando como resultado final una carga a generar de 7 kva.

Como conclusión se obtiene que el sistema de energía solar fotovoltaica se compone de 116 paneles solares de 1.64 M2 para su correcto funcionamiento y autonomía total.

## 8.2 Energía Eólica

Para este sistema es importante anotar, que de acuerdo a las condiciones del sitio, la generación de altos niveles de energía para el proyecto es inviable por las bajas velocidades del viento. Sin embargo, como el proyecto diseñado hace parte de un programa de innovación tecnológica para la Policía Nacional de Colombia, que además sirva como método pedagógico, se implementará un sistema a baja escala que en todo caso apoyará el sistema eléctrico general.

De acuerdo a lo anterior, se implementará una turbina eólica con un diámetro aproximado de 1.20 metros, la cual generará alrededor de 800 a 1000 W. Teniendo en cuenta que la velocidad media del viento en el sitio es de 0.9 m/s y el promedio máximo de 1.4 m/s, las cuales son bajas para la generación de un sistema efectivo, es necesario instalar una turbina de alto rendimiento que alcance a girar sus aspas a bajas velocidades de viento.







# TABLERO ELÉCTRICO PISO 1 TN123

Tipo de Tablero: <b>TWC</b>	Instalación: <b>Empotrado</b>	C. Interrupción [kA]:	Fases: <b>3</b>	Proyecto: <b>ESTACIÓN DE POLICÍA FLORIDA-VALLE</b>		
Polos: <b>12</b>	Cerramiento NEMA:	Color: <b>BLANCO INDUSTRIAL</b>	Alimentador Principal: Calibre Aislante Cnd X fase Conduit Entrada			Instalación:
Voltaje del Tablero [V]: <b>208</b>	Corriente de Barras [A]: <b>225</b>	Interruptor principal 3P [A]: <b>40</b>	<b>8 AWG</b>	<b>THHN</b>	<b>1</b>	<b>1 1/4</b> <b>Superior</b>
Nombre del Tablero: <b>Tablero Red Normal TN123</b>						

[Menu Principal](#)

Carga Conectada	VA	Tubería		Conductor			Interruptor		Nº	Nº	In [A] 1P	Tipo	Conductor		Tubería		VA	Carga Conectada	
		Material	Diametro [pul]	Cond. por fase	Aislante	Calibre	Calibre	Aislante					Cond. por fase	Diametro [pul]	Material				
ILUMINACION	175,5	Acero	3/4	1	THHN	12 AWG	B	20	1	2	20	MP	12 AWG	THHN	1	3/4	Acero	900	TOMACORRIENTE
	175,5					12 AWG			3	4	30	B	10 AWG	THHN	1	3/4	Acero	2025	AIRE 3TR DEL 123
TOMACORRIENTE	540	Acero	3/4	1	THHN	12 AWG	MP	20	5	6	20	MP	12 AWG	THHN	1	3/4	Acero	540	TOMACORRIENTE
RESERVA									7	8									
RESERVA									9	10									RESERVA
RESERVA									11	12									RESERVA

	VA	A
R	1615,5	
S	2200,5	
T	2565	
<b>TOTAL</b>	<b>6381</b>	<b>17,73</b>

BARRA DE TIERRA  
 BARRA DE NEUTRO

# TABLERO ELÉCTRICO PISO 2 TN2

Tipo de Tablero:	Instalación:	C. Interrupción [kA]:	Fases:	Proyector:
TWC	Empotrado		3	ESTACIÓN DE POLICÍA FLORIDA-VALLE
Polos:	Cerramiento NEMA:	Color:	Alimentador Principal:	
18		BLANCO INDUSTRIAL	Calibre	Aislante
Voltaje del Tablero [V]:	Corriente de Barras [A]:	Interrupción principal 3P [A]:	Cond X fase	Conduit
208	225	40	8 AWG	THHN
			1	1 1/4
			Inferior	Entrada
				Instalación:
				Nombre del Tablero:
				Tablero Red Normal TN2

[Menu Principal](#)

Carga Conectada	VA	Tubería		Conductor			Interrupción		Nº	Nº	Interrupción		Conductor			Tubería		VA	Carga Conectada
		Material	Diametro [pul]	Cond. por fase	Aislante	Calibre	Tipo	In [A] 1P			In [A] 1P	Tipo	Calibre	Aislante	Cond. por fase	Diametro [pul]	Material		
ILUMINACION	105	Acero	3/4	1	THHN	12 AWG	B	20	1	2	MP	12 AWG	THHN	1	3/4	Acero	1800	TOMACORRIENTE	
	3								4										
ILUMINACION	120	Acero	3/4	1	THHN	12 AWG	MP	20	5	6	MP	12 AWG	THHN	1	3/4	Acero	1800	TOMACORRIENTE	
	7								8										
ILUMINACION	75	Acero	3/4	1	THHN	12 AWG	B	20	9	10	MP	12 AWG	THHN	1	3/4	Acero	75	ILUMINACION	
	11								12	12 AWG		THHN	1	3/4	75				
ILUMINACION	135	Acero	3/4	1	THHN	12 AWG	B	20	13	14	MP	12 AWG	THHN	1	3/4	Acero	75	ILUMINACION	
	15								16	75									
TOMACORRIENTE	1080	Acero	3/4	1	THHN	12 AWG	MP	20	17	18	MP	12 AWG	THHN	1	3/4	Acero	1440	TOMACORRIENTE	

VA	A
R	2310
S	3630
T	4230
<b>TOTAL</b>	<b>10170 28,25</b>

BARRA DE TIERRA  
 BARRA DE NEUTRO



## 10. ANALISIS DE COSTOS DEL PROYECTO

Para el análisis de costos del proyecto, se tomó como punto de comparación la construcción de la Estación de Policía en el municipio de Restrepo en el Departamento del Meta, la cual tiene una capacidad para 25 personas con 702 M2 de construcción, un valor total de \$ 2.291'795.609,37 (US \$ 1'206.208,21), y un valor por M2 de construcción de \$ 3'264.666.11 (US\$ 1.718,24).

De acuerdo al programa de áreas establecido por el Grupo de Infraestructura de la Policía Nacional de Colombia, para una estación de policía con una capacidad de 43 hombres, son necesarios 791.44 M2 de construcción que arrojan un valor total de \$2.583'787.346,09 (US \$ 1'359.888,07). Con el proceso de optimización de espacios nombrado del presente documento, se logró disminuir las áreas de construcción, sin que se afecte el normal funcionamiento de la edificación y satisfaciendo las necesidades de sus ocupantes, obteniéndose un área final de construcción de 651.26 M2 por un valor de \$ 2.126'146.450.79 (US 1'119.024.44), es decir una reducción de costos de \$ 457'640.895,3 (US\$ 240.863,62).

Por otro lado, con el diseño de climatización pasiva de la edificación mediante ventilación natural cruzada, se está minimizando costos por el orden de los \$120'000.000,00 (US\$ 63.157,89), y respecto al costo de las instalaciones eléctricas, de acuerdo al proceso de optimización de cargas nombrado del presente documento, se está reduciendo su valor por el orden de los 40'000.000,00 (US\$ 21.052,63).

Como conclusión del análisis económico en el marco de costos generados para la Policía Nacional de Colombia, se está economizando en este proyecto un valor de \$617'640.895.3 (US\$ 325.074.15).

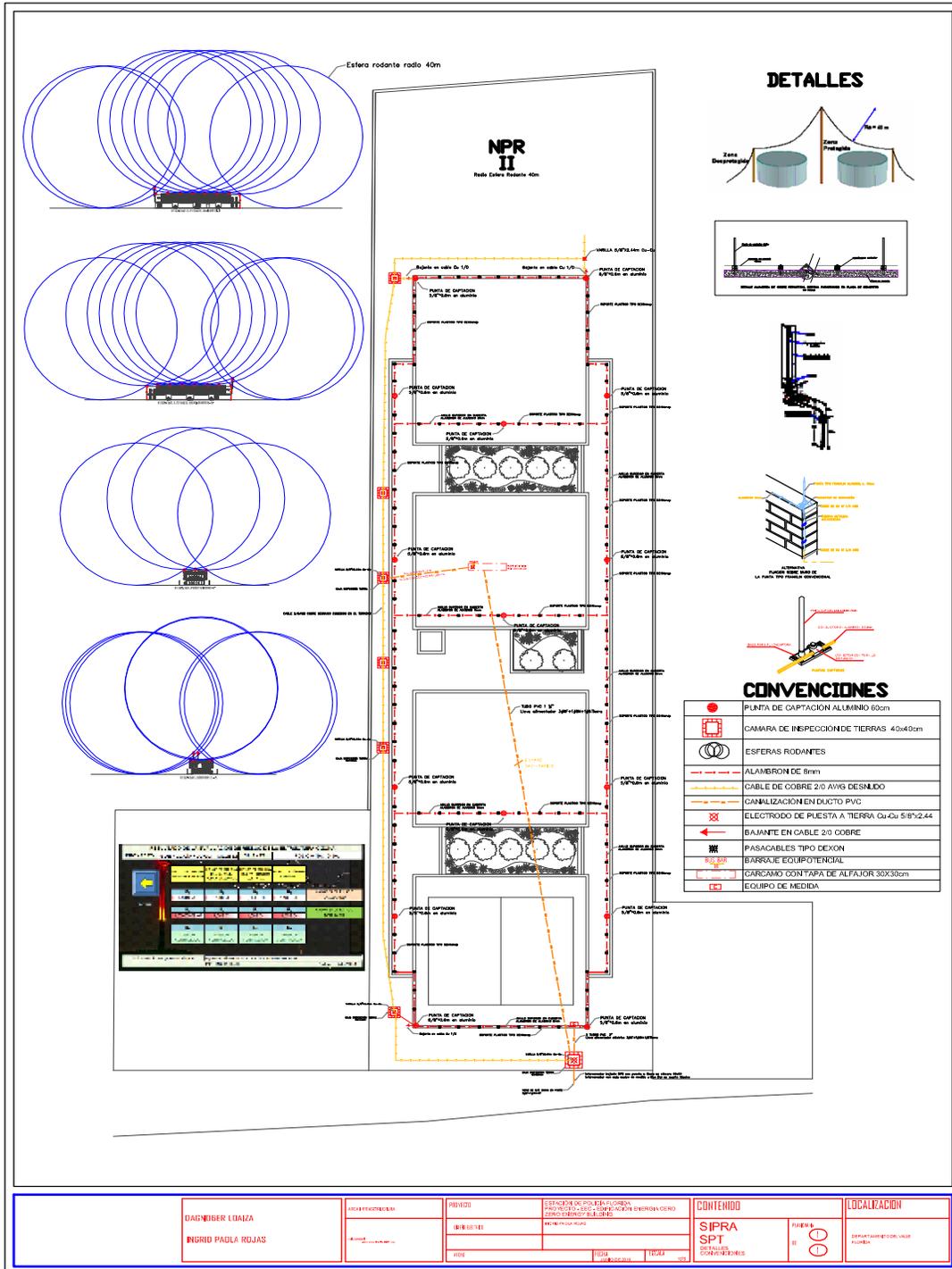
## 11. COSTO BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACION DE ENERGIA DEL PROYECTO

De acuerdo a cotizaciones efectuadas con empresas especializadas en generación de energía, la implementación del sistema tiene un costo aproximado de \$383'118.605,00 (US\$ 201.641,37). El costo aproximado mensual del consumo eléctrico del proyecto sin ninguna condición especial bioclimática ni eficiencia energética es de aproximadamente \$ 1'600.000,00 (US\$ 842,10), que llevado a 10 años de uso con un porcentaje del IPC (índice de precios al consumidor) en Colombia del 5% anual, corresponde a la suma aproximada de \$ 250'000.000,00 (US\$ 131.578,94), valor que se está economizando por la implementación del sistema.

Teniendo en cuenta los costos de implementación del proyecto y del sistema de generación de energía, se observa que la construcción del proyecto bajo parámetros de la tendencia de Edificios Energía Cero EEC, es completamente viable desde el punto de vista económico y técnico.

# 12.ANEXOS

## PLANOS ELECTRICOS





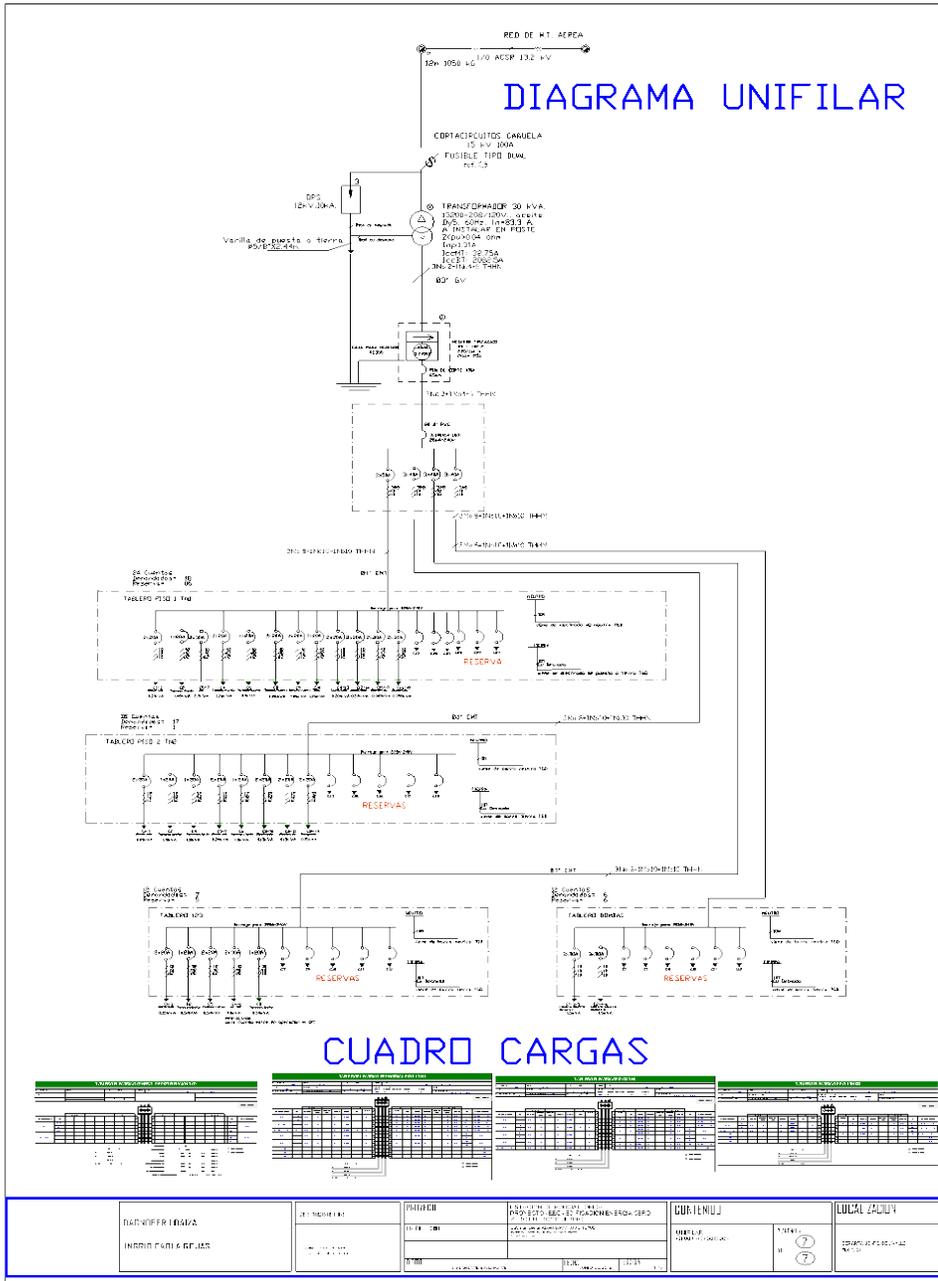












Sin Conexión energía renovable



- Auliciems A. (1981). Towards a psycho-physiological model of thermal perception. *International Journal Biometeorology*. 25, 109-122.
- Serra, R. (1999). *Arquitectura y climas*. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili S.A.
- Santana, L.M., y Vásquez, J., (2002). Características geográficas del Valle del Cauca. *Entorno Geográfico, Universidad del Valle*. 1, 51.
- Montealegre F.A., (2008). Dinámica Atmosférica en la Ciudad de Palmira, Valle del Cauca. *Informe Final Convenio 063 de 2007 Avance de los Temas de Investigación Clima, Biodiversidad y Calidad del Hábitat*, 15-16, 62-63.
- Acuerdo No.198 (Diciembre 17 de 2001). Por medio del cual se adopta el Plan Básico de Ordenamiento Territorial para el Municipio de Florida.
- Gómez G, (2005). Temperaturas y Humedades Relativas, Cálculo de Medias horarias. Hoja de cálculo de Microsoft Excel ® desarrollada a partir del procedimiento de Tejeda, Universidad Veracruzana, México.
- Mila G., Perez H. y Acoltzi H., (2011). “Avances tecnológicos en edificios de energía cero”. Tendencia tecnológica. Instituto de Investigaciones Eléctricas, México. Boletín IIE Octubre-Diciembre-2011. 150.