



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y  
TELECOMUNICACIONES  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

ESTUDIO DE SISTEMAS DE ELECTROBARRAS PARA DISTRIBUCIÓN  
ENERGÉTICA FOTOVOLTAICA EN PROYECTO DE RESTAURACIÓN DEL  
CLUB CARTAGENA Y EL CLAUSTRO SAN FRANCISCO.

VÍCTOR ENRIQUE MARTINEZ CARRILLO

Director: Ph.D. ANTONIO GAN ACOSTA  
Ingeniero Electricista.

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,  
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
PAMPLONA N. DE S. – COLOMBIA  
Pamplona, 26 Septiembre de 2021.

## **DEDICATORIA**

A mis padres: Cesar Martínez & Elsy Carrillo quienes me inculcaron buenos valores como la integridad, el respeto y la empatía, quienes se esforzaron por darme lo mejor a pesar de las dificultades, quienes me enseñaron a valorar la vida y descubrir lo bella que es, agradezco por sus bellas palabras que me enriquecieron como persona, por inculcarme a Dios en el corazón para siempre estar en el camino correcto, le dedico esta tesis a ellos quienes han depositado su confianza en mí.

Víctor Martínez Carrillo

*“El éxito no se mide por lo que haces comparado con lo que hacen los demás; se mide por lo que haces con las habilidades que Dios te dio.”*

**Zig Ziglar**

*“El verdadero buscador crece y aprende, y descubre que siempre es el principal responsable de lo que sucede”*

**Jorge Buca**

## AGRADECIMIENTOS

A DIOS por brindarme la sabiduría y fortaleza en cada uno de los pasos durante el tiempo que estuve en proceso de aprendizaje.

A mi familia por la disciplina inculcada durante todo el proceso y también por la confianza que me brindaron durante el transcurso de mi formación en la Universidad de Pamplona.

A la Universidad de Pamplona y todo su cuerpo de docente por guiarnos en la ruta de la investigación y buenas prácticas técnicas.

Al Ingeniero Luis Espinel de AM ELECTRICISTAS S.A.

Al ingeniero Rene Diaz por inculcar la disciplina en mi vida.

Al ingeniero Yeiner Pallares por los aportes y sugerencias.

Y a todos aquellos que de una u otra forma contribuyeron a obtener estos resultados.

## RESUMEN

El presente trabajo trata del estudio de viabilidad de utilizar un sistema de electrobarras como método de distribución energética generada por sistema alternativo y nace por la necesidad adquirida en diferentes tipos de infraestructura en la ciudad de Cartagena. Localizado en el barrio Getsemaní de la ciudad anteriormente mencionada se encuentra en ejecución un proyecto que involucra la construcción de un hotel de lujo y junto con él nuevos edificios que serán adaptados a la arquitectura tradicional el cual es el punto clave de este estudio, ya que, tiene como objetivo la restauración del **Club Cartagena** y el **Claustro San Francisco** declarados bienes de interés cultural de orden nacional donde nace la necesidad de conocer los factores técnico-económica para implementar alternativas en respuestas a grandes necesidades de distribución de energía. Como última instancia, este estudio permite abordar la optimización del sistema fotovoltaico, obtener de él máximo rendimiento y analizar la factibilidad económica para ejecutar el sistema que será utilizado en las infraestructuras antes mencionadas.

## **ABSTRACT**

This work deals with the feasibility study of using a system of electrobars as a method of energy distribution generated by an alternative system and was born by the need acquired in different types of infrastructure in the city of Cartagena. Located in the Getsemaní neighborhood of the aforementioned city, a project is underway that involves the construction of a luxury hotel and together with it new buildings that will be adapted to traditional architecture, which is the key point of this study, since , has as objective the restoration of the Cartagena Club and the San Francisco Cloister declared assets of national cultural interest where the need to know the technical-economic factors to implement alternatives in response to large energy distribution needs arises. As a last resort, this study makes it possible to tackle the optimization of the photovoltaic system, obtain maximum performance from it and analyze the economic feasibility of executing the system that will be used in the aforementioned infrastructures.

## INTRODUCCIÓN

La finalidad es implementar un estudio donde se vea involucrado un plan estratégico técnico-económico para la viabilidad de nuevas formas de distribución de energía eléctrica generadas por paneles solares, debido a que hay una gran necesidad en edificaciones de la ciudad de Cartagena donde quieren migrar a sistemas alternativos para la disminución de costos de consumo de energía. Lo que se pretende con este trabajo es darle solución a esta problemática, teniendo en cuenta las características técnicas de los paneles desde el punto de vista del óptimo rendimiento y la distribución de energía por medio de electrobarras lo cual será prueba piloto para la implementación de futuros proyectos. La realización de este análisis contiene estudios de las diferentes normas técnicas colombianas NEC, NTC 2050, IEC, IEEE, revistas, apartados e investigaciones que ayudaran a demostrar lo viable que es utilizar las electrobarras como método de distribución de energía eléctrica en el sistema del proyecto del Club Cartagena y el Claustro San Francisco en la ciudad de Cartagena y probar si es factible o no, de acuerdo a las necesidades requeridas por las partes involucradas.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 1. NORMATIVIDAD Y POLÍTICAS EMPRESARIAL .....</b>	<b>15</b>
1.1 Política de AM ELECTRICISTA S.A. ....	15
1.2 Introducción a las normas técnicas establecidas .....	16
1.3 Justificación.....	16
1.4 Antecedentes .....	16
A nivel internacional. ....	16
A nivel nacional. ....	17
A nivel regional.....	17
1.5 Definición del problema.....	17
1.6 Objetivo general .....	18
1.7 Objetivos específicos .....	18
1.8 Metodología.....	18
1.9 Acotaciones.....	18
1.10 Geolocalización del objeto de obra .....	19
1.11 Usuario a beneficiar. ....	19
1.12 Normativa aplicada en el uso de las electrobarras.....	19
1.12.1. Reglamento técnico de instalaciones eléctrica (RETIE). ....	19
1.12.2 Norma IEEE 141.....	20
1.12.3 IEC 60354, IEC 60695-2-11, IEC 60439.....	20
1.12.4 IEC 60439.....	21
1.13. Normatividad para el uso de electrobarras y sistema fotovoltaico.....	22
1.14. Impacto ambiental .....	23
1.15. Implementación de seguridad .....	23
<b>CAPÍTULO 2. CONCEPTUALIZACIÓN Y PROCEDIMIENTOS DE ELECTROBARRAS Y SISTEMA FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>24</b>
2.1 Definiciones de conceptos .....	24
2.2 Factores que afectan el sistema fotovoltaico .....	28
2.3. Ecuaciones generalmente utilizadas en un sistema fotovoltaico.....	30
Ecuación de rendimiento. ....	30
Ecuación de potencia máxima.....	30
Ecuación de factor de forma.....	30
Ecuación de energía consumida. ....	31
Ecuación de inclinación de los módulos. ....	31



Ecuación de módulos FV.....	31
Porcentaje de desbalance.....	32
Nº Filas en serie.....	32
Nº Filas en paralelo.....	32
Números de inversores.....	33
Potencia.....	33
Altura solar medio día.....	33
Distancia inferior entre paneles.....	33
Distancia mínima entre paneles.....	34
Potencia total generada.....	34
2.4 Factores que afectan al flujo de corriente en los conductores.....	35
2.5 Ventajas y desventajas de las electrobarras.....	37
2.6 Parámetros técnicos de las electrobarras.....	38
2.6.1 Medidas descentralizadas en edificaciones con electrobarras.....	38
2.6.2 Tipos de electrobarra.....	40
2.6.2.1 <i>Electrobarra de baja potencia</i> .....	40
2.6.2.2 Electrobarra de baja potencia tipo minibarra.....	41
2.6.2.2 Electrobarra de media potencia.....	41
2.6.2.3 Electrobarra de alta potencia o compactas.....	43
2.6.3. Partes de una electrobarra.....	44
2.6.3.1 Soporte de una electrobarra.....	45
2.6.3.2 Distanciamiento de electrobarra y estructura.....	46
2.6.3.3 Conexión enchufable PLUG-IN en cajas de derivación con una electrobarra.....	48
2.6.3.4 Conexión entre electrobarra.....	49
2.6.3.5 Mantenimiento de electrobarras.....	50
2.6.4 Dimensionamiento de las electrobarras.....	52
2.6.4.1 Protección de sobrecarga.....	53
2.6.4.2 Caída de tensión en una electrobarra.....	54
2.6.4.3 Corriente de corto circuito.....	56
2.6.4.4 Pérdidas por efecto Joule.....	57
2.6.4.5 Selección del calibre en presencia de armónicos.....	58
<b>CAPÍTULO 3. DISEÑO DE SISTEMA.....</b>	<b>59</b>
3.1. Guía de pasos a seguir en la instalación de paneles solares distribuida por electrobarras.....	60
3.2. Área de instalación de los paneles.....	63
3.3. Análisis ambiental.....	64

3.4. Ubicación geográfica de Cartagena .....	65
3.5. Radiación solar en Cartagena .....	66
3.6. Selección del panel solar .....	67
3.7. Selección de Inversor .....	67
3.8. Cálculo y arreglos de paneles solares.....	68
3.9. Calculo y arreglos de inversores .....	70
3.10. Cálculo y distanciamiento e inclinación de paneles.....	71
3.11. Cálculo y Selección de la electrobarra .....	74
3.12 Instalación y disposición de las electrobarras .....	79
3.13. Formalización y adquisición de las electrobarras .....	83
3.14. Esquemas o bosquejo de trayectoria de la electrobarra .....	84
3.15. Análisis costos beneficios de la implementación de las electrobarras .....	85
3.16. Depreciación proyectada a 20 años de todo el sistema con electrobarra .....	90
3.17. Ventajas económicas de generación de potencia de SFV .....	90
3.18. Amortización del sistema .....	91
3.19. Factividad a la necesidad de AM ELECTRICICISTA S.A .....	92
3.19. Impacto económico .....	92
3.20. Impacto social .....	93
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>94</b>
CONCLUSIONES.....	95
RECOMENDACIONES .....	96
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXOS REFERENCIA TESIS .....</b>	<b>101</b>

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Recopilación de normativa para el uso de las electrobarra y paneles solares.</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 2. Marco legal de seguridad en el trabajo en Colombia.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 3 Ventajas y desventajas de las electrobarras .....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 4 Guía para facilitar la implementación de instalación fotovoltaica distribuida por electrobarras.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 5 Cálculos de potencia por día, mes y año.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 6 Cotización de sistema fotovoltaico y de cableado convencional .....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 7 Cotización de sistema fotovoltaico y de electrobarra.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 8 Instalación sistema convencional .....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 9 Instalación sistema con electrobarra .....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 10 Comparación de costos de instalación .....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 11 Días de instalación de método tradicional respecto al método propuesto .....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 12 Espacio ocupado en comparación de ambos sistemas .....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 13 Vida Útil en años de sistemas propuesto y convencional .....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 14 Depreciación proyectada a 20 años .....</i>	<i>90</i>

## INDICE DE FIGURAS

- Figura 1.1 Edificios involucrados en el proyecto San Francisco
- Figura 1.2 Corrección en función de la proporción de armónico triple -N
- Figura 2.1 Sistema fotovoltaico
- Figura 2.2. Factores que afectan a un sistema fotovoltaico
- Figura 2.3. Factores que afectan la circulación eléctrica en los conductores
- Figura 2.4. Capacidad de corriente permisible en conductores aislados
- Figura 2.5. Factores de corrección cuando hay tres o más conductores por canalización
- Figura 2.6 Sistema de canalizaciones eléctricas prefabricadas (electrobarras)
- Figura 2.7. Diagrama unifilar ilustrativo para medida descentralizada por medio de electrobarra
- Figura 2.8 Esquema ilustrativo para medida descentralizada con bus de barras desde la subestación a los tableros de medida
- Figura 2.9. Esquema Ilustrativo de Electrobarras de Baja Potencia
- Figura 2.10 Cantidad de Ductos por Barra
- Figura 2.11 Esquema Ilustrativo de Electrobarras de Baja Potencia tipo Minibarra
- Figura 2.12.A. Esquema Ilustrativo de Electrobarras de Media Potencia
- Figura 2.12.B. Esquema Ilustrativo de Electrobarras de Media Potencia
- Figura 2.13. Esquema Ilustrativo de Electrobarras de Media Potencia
- Figura 2.14. Esquema Ilustrativo de las partes de una Electrobarra
- Figura 2.15 Esquema Ilustrativo de soporte de Electrobarra instalada horizontalmente
- Figura 2.16 Esquema Ilustrativo de soporte de Electrobarra instalada verticalmente
- Figura 2.17.A Esquema Ilustrativo de distancias mínimas pared/techo
- Figura 2.17.B Esquema Ilustrativo de distancias mínimas pared/techo con caja de derivación
- Figura 2.17.C. Esquema Ilustrativo de distancias mínimas pared/techo cuando hay varias líneas adyacentes
- Figura 2.17.D. Esquema Ilustrativo de distancias mínimas pared/techo cuando hay varias líneas superpuestas
- Figura 2.18 Esquema Ilustrativo de conexión enchufable PLUG-IN en cajas de derivación en estructura vertical
- Figura 2.19.A. Esquema Ilustrativo de conexión por medio de JOINT a presión entre Electrobarras
- Figura 2.19.B. Esquema Ilustrativo de vista superior de conexión por medio de JOINT a presión
- Figura 2.20 Parámetros a tener en cuenta en mantenimientos de Electrobarras
- Figura 2.21. Esquema Ilustrativo desmonte de Electrobarras tipo vertical
- Figura 2.22. Dimensionamiento de las electrobarras
- Figura 2.23. Coeficiente de corrección a distintas temperaturas

Figura 2.24. de tabla 1 de Factor de distribución en una electrobarra  
Figura 2.25. Ejemplo de Factor de corrección b en una electrobarra  
Figura 2.26. Ejemplo de cálculo de pérdida tramo a tramo en electrobarra  
Figura 2.27. Ejemplo de cálculo de pérdida tramo a tramo en electrobarra  
Figura 2.28. Corrección de Presencia de armónicos en las  
Figura 3.1 Cuadro de carga del club Cartagena y claustro  
Figura 3.2 Cuadro de carga del club Cartagena y claustro sanfrancisco  
Figura 3.3 Cubierta donde se instalará el sistema fotovoltaico  
Figura 3.4 lugar del TGA cubierta  
Figura 3.5 Temperatura promedio en el año en Cartagena  
Figura 3.6 Promedio de hora luz en el año en Cartagena  
Figura 3.7 Localización de Cartagena  
Figura 3.9 Panel solar  
Figura 3.10 inversor para el sistema fotovoltaico  
Figura 3.11 inclinación óptima en función del periodo de máxima captación  
Figura 3.12 Distancia mínima entre aristas de paneles  
Figura 3.13. Especificación interna de la electrobarra  
Figura 3.14 Parámetros técnicos de la electrobarra  
Figura 3.15. Dimensiones y ventanas de las electrobarra  
Figura 3.16. Especificación de corriente y ventana de la electrobarra  
Figura 3.17. Especificación de ventana  
Figura 3.18. Especificación de ventana  
Figura 3.19. Especificación de ángulos de electrobarras  
Figura 3.20. Especificación de soportes de electrobarras  
Figura 3.21. Especificación de soportes de electrobarras  
Figura 3.22. Especificaciones técnicas del cableado serie 8000 libre de halógeno  
Figura 3.23. Cableado serie 8000 libre de halógeno  
Figura 3.24. Requerimientos extraídos de las normas para la instalación de electrobarras  
Figura 3.25. Requerimientos extraídos de las normas en la configuración de las electrobarras  
Figura 3.26. Requerimientos extraídos de las normas en la temperatura de trabajo de las electrobarras  
Figura 3.27. Requerimientos extraídos de las normas de la fabricación de las electrobarras  
Figura 3.28. Esquema del recorrido de la electrobarra  
Figura 3.29 Comparativo de costos de instalación de electrobarra y cableado  
Figura 3.30 Comparativo de días de instalación de los sistemas tradicional y propuestos  
Figura 3.31 Comparativo de espacio de los sistemas convencionales y propuestos  
Figura 3.32 Comparativo de vida útil de los sistemas convencionales y propuestos  
Figura 3.33. logo Am electricista  
Figura 3.34. Impacto económico

## LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1. Unifilar del club Cartagena y claustro
- Anexo 2. Plano de posición de equipos incluyendo sistema fotovoltaico
- Anexo 3. Diagrama unifilar de paneles solares y distribución con electrobarra
- Anexo 4. Tabla de capacidad de corriente constante buses de barras con sección transversal rectangular temperaturas ambientes 35° Temperatura de barra 65°. (norma DIN 43671, tabla1)
- Anexo 5. Determinación de las corrientes cortocircuito
- Anexo 6. Distorsión armónica en el estudio de las electrobarras
- Anexo 7. Grado de protección IP - IK en las electrobarras
- Anexo 8. Pruebas de certificación y aprobación de sistemas de electrobarras
- Anexo 9. Especificaciones de buitrón y TGA en subnivel
- Anexo 10. Nivel 1 o sótano AM1
- Anexo 11. Como elaborar diagrama unifilar con electrobarras
- Anexo 12. Especificaciones técnicas del inversor SUN200-100KTL-M1
- Anexo 13. Especificaciones técnicas del panel solar JAM54S30-390-415/MR
- Anexo 14. Especificaciones de radiación solar en Colombia según el IDEAM
- Anexo 15.A. Parámetros técnicos de la electrobarra
- Anexo 15.B. Parámetros técnicos de la electrobarra

## **CAPÍTULO 1. NORMATIVIDAD Y POLÍTICAS EMPRESARIAL**

### **1.1 Política de AM ELECTRICISTA S.A.**

La empresa **AM ELECTRICISTAS S. A.** dentro de las políticas empresariales fomenta la implementación de alternativas autosustentables que contribuyen a las buenas prácticas técnicas dentro del auge de la ingeniería y lo que se busca es satisfacer a los beneficiarios de un servicio de calidad de acuerdo a las normativas vigentes respetando la integridad de las infraestructuras como lo son AM1, CLAUSTRO, CLUB CARTAGENA todo en mercado dentro del auge de legalidad y autenticidad de la información que se suministrará a continuación, donde las partes involucradas deben seguir los lineamientos sugeridos para dar a cabalidad dicho proyecto de investigación, en caso omiso de lo anterior estará en contra de los estatutos internos de la empresa.

Cláusula 10.2 Estatuto interno de AM ELECTRICISTAS S.A. Los derechos patrimoniales de autor sobre las obras creadas en ejercicio de sus funciones o con ocasión ellas pertenecen a la EMPRESA. Todo lo anterior sin perjuicio de los derechos morales del autor que permanecerán en cabeza del creador de la obra, de acuerdo con la ley 23 de 1982 y la Decisión 351 de la Comisión del acuerdo de Cartagena. [19]

Cláusula 10.4 estatuto interno de AM ELECTRICISTAS S.A. Toda la información que intercambien las partes en desarrollo del presente informe es de carácter reservado. El autor se compromete a guardar la más estricta reserva sobre la información de la empresa a la que tenga acceso y solo podrá divulgar a terceros materiales autorizados para dicha labor. [19]

## 1.2 Introducción a las normas técnicas establecidas

En el presente capítulo busca investigar y analizar a cabalidad las normas, reglamentos e investigaciones establecidas en el estudio de la implementación de las electrobarras con el fin de dar lineamientos técnicos acorde la ejecución de los trabajos técnicos y administrativos para la realización de las actividades futuras.

## 1.3 Justificación

En el sector hotelero se busca disminuir costos y cuidar el planeta, la utilización de electrobarras entra como solución en edificaciones nuevas y en aquellos que tienen muchos años de construcción, la implementación de este sistema pasa hacer el método apropiado para la distribución energética proveniente de paneles solares en sus edificaciones, dicho sistema es la prioridad principal de los empresarios, adicionalmente piden cumplir las normas técnicas, respetando las distancias de seguridad de los diferentes tipos de estructuras ya existentes, demostrando lo factible que es el uso de estos elementos.

## 1.4 Antecedentes

### **A nivel internacional.**

El autor de la siguiente investigación es **Roberto Alexander Solano Vacas, 2015, Modelo de una normativa para el uso de electrobarras como sistema de distribución de energía eléctrica en edificios corporativos y de vivienda, Ecuador.** Este trabajo presenta una propuesta técnica para implementar el uso de electrobarras en edificios residenciales y corporativos, de una manera normada, proponiendo un reglamento técnico tanto para diseño como para construcción, basado en normativas de varios países europeos y latinoamericanos. Se analiza la forma actual de sistemas de alimentación y distribución de energía eléctrica que se utilizan en edificios grandes y se determina la obsolescencia que ya presentan los cables para abastecer corrientes



considerables en el interior de los mismos. Se muestra un desarrollo más didáctico acerca de las electrobarras, sus principales características técnicas, sus ventajas al ser instaladas como sistema de alimentación.

### **A nivel nacional.**

A nivel nacional no se encontraron estudio donde se implementen la distribución energética generadas con paneles solares por medio, de electrobarras teniendo en cuenta su estructura de las edificaciones y la optimización del SFV.

### **A nivel regional.**

El autor de la siguiente investigación es **Cristhian Almeyda Y Edgar Jaimes, 2015, Estudio prefactibilidad de fabricación de sistemas blindocables en Nexans Colombia, (2015), Bucaramanga de la Universidad UIS**. Se planteó un trabajo en el que se estudió la prefactibilidad de fabricación de sistemas blindocables en la compañía de Nexans Colombia; con los objetivos de realizar un sondeo del mercado colombiano a través de fuentes secundarios realizando así un estudio técnico, legal y financiero organizacional de los sistemas blindocables. En su trabajo compararon con el sistema de electrobarras dando así unos resultados favorables desde el punto de vista mecánico de las infraestructuras.

## **1.5 Definición del problema**

Debido al aumento de la instalación de recursos no convencionales de energía en el país muchos usuarios eléctricos de gran demanda energética están optando por migrar a este tipo de sistema, con el fin de disminuir costos de consumo y que cuentan con diferentes necesidades de infraestructura. Existe un gran sector que se está viendo perjudicado, ya que, no poseen un estudio en sus edificaciones para utilización de la distribución de este nuevo sistema y como sacarle su mayor potencial, pero también donde se tengan en cuenta el punto de vista técnico y económico de los propietarios para

el análisis de costo beneficio de optar por este sistema de solución que son las electrobarras.

## **1.6 Objetivo general**

Analizar los sistemas electrobarra como método de distribución energética generadas por sistema fotovoltaico en proyecto de restauración del Club Cartagena y el Claustro San Francisco.

## **1.7 Objetivos específicos**

- Analizar la normatividad para la implementación de sistemas electrobarras
- Ejecutar análisis técnico-económico de la efectividad de los sistemas electrobarras.
- Definir la factibilidad de instalación del sistema electrobarras de acuerdo a las necesidades de AM electricistas

## **1.8 Metodología**

La metodología que se aplicará para el estudio, es trabajo de campo donde se planteará un sistema fotovoltaico que alimentará una carga específica con sus diferentes arreglos y adicionalmente proponer las electrobarras como método de distribución energética de una estructura piloto teniendo en cuenta las necesidades dadas por el cliente, dando así un análisis técnico-económico para que las partes involucradas puedan optar por este tipo de infraestructura.

## **1.9 Acotaciones**

El estudio se realizará en base a las necesidades de un cliente de la empresa en mención con el objetivo de dar solución a la viabilidad para la instalación de paneles solares en su infraestructura en la ciudad de Cartagena garantizando la confidencialidad

de sistemas especiales por lo que solo se mostrará planos fotos y esquemas autorizados por la empresa. La infraestructura piloto está en ejecución eléctrica y solo lleva el 20% de esta.

### 1.10 Geolocalización del objeto de obra

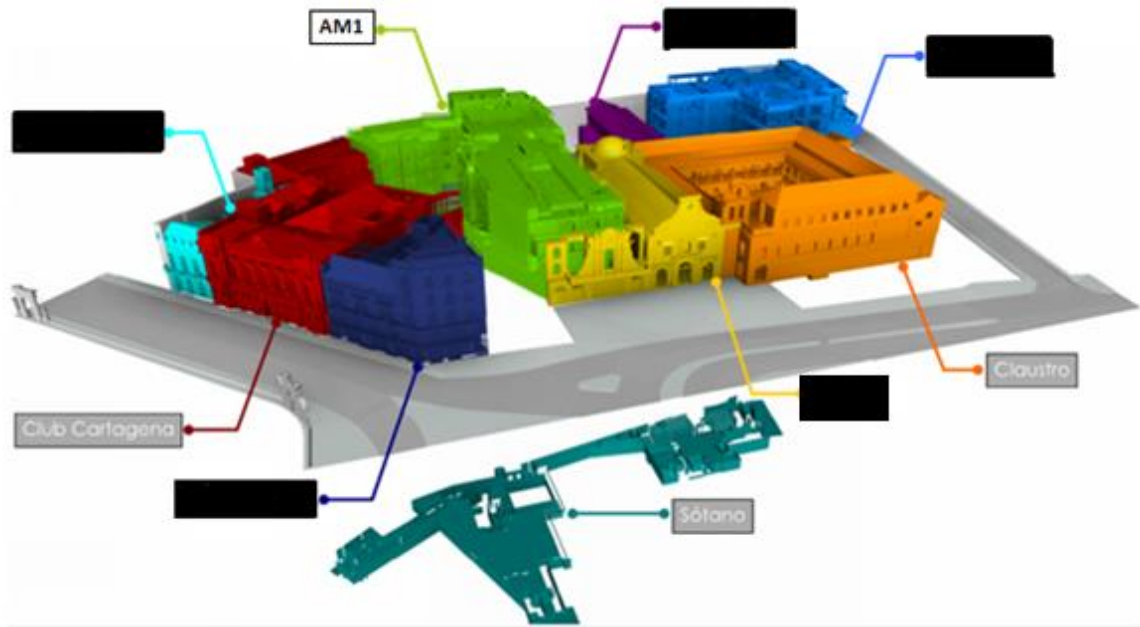


Figura 2.1. Edificios involucrados en el proyecto San Francisco  
Fuente: Proyectos San Francisco Cartagena

### 1.11 Usuario a beneficiar.

Ubicado en el barrio Getsemaní de la ciudad de Cartagena está en proceso el proyecto San Francisco, el cual está encargado de la construcción de un hotel de lujo junto con nuevos edificios, pero a su vez tienen a cargo la restauración de dos lugares de importancia cultural como lo es el Claustro de San Francisco y el Club Cartagena.

### 1.12 Normativa aplicada en el uso de las electrobarras

#### 1.12.1. Reglamento técnico de instalaciones eléctrica (RETIE).

Según el Retie las electrobarras “se utilizan generalmente para distribución de potencia en edificios, oficinas, hoteles, centros comerciales, instalaciones agrícolas e industriales y están consideradas como un sistema de cableado completo”.[3]

En el RETIE se mira desde el punto de vista:

- Fabricación
  - Debe cumplir con las especificaciones descritas en la IEC 60439–2, IEC 61439-6, IEC 60695-2-1 UL 857, IEEE STD 693 o NTC 3283
  - Lo que implica todos los parámetros técnicos como pruebas mecánicas y dieléctricas para su uso y certificaciones.
- Funcionamiento
  - NTC 2050 IEC 60354

### **1.12.2 Norma IEEE 141.**

Según la norma IEEE 141 lo clasifica en:

- Electroducto alimentador. Debe disponer de baja impedancia y mínima caída de tensión a la potencia requerida.
- Electroducto de conexión rápida (PLUG-IN). Permite fácil conexión y redistribución de cargas.
- Electroducto para iluminación. Provee potencia eléctrica y soportes mecánicos para iluminación o pequeñas cargas.
- Electroducto para equipos móviles como montacargas, grúas y herramientas. [4]

### **1.12.3 IEC 60354, IEC 60695-2-11, IEC 60439.**

Las derivaciones deben cumplir con las siguientes características:

- La trayectoria del conductor de protección entre la electrobarra y la derivación debe implantar antes la conexión del cableado de los elementos activos,

garantizando así la seguridad de las personas, en particular durante el montaje bajo tensión.

- Los elementos de protección a utilizar deben garantizar los eventos donde se genere el cortocircuito.
- En instalaciones de sistemas en donde se presente una distorsión armónica total (THD) en corriente, sea superior o igual al 15%, se deben someter a un arreglo de dimensionamiento todos los conductores o barras de acuerdo con el factor de corrección exigido en la **IEC 60364-5-523** Anexo C y presentado en la figura 1.2. [5]

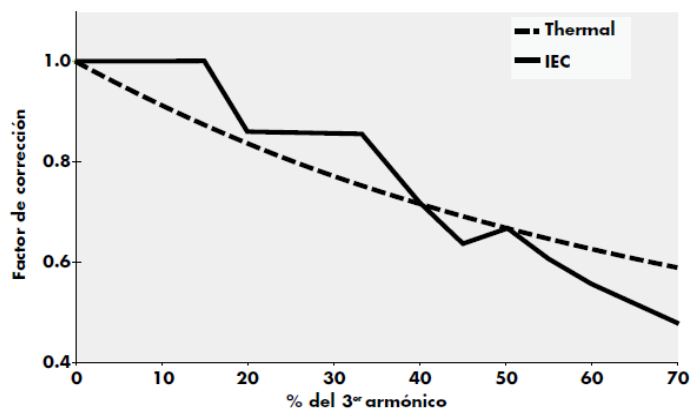


Figura 1.2. Corrección en función de la proporción de armónico triple -N.  
Fuente: Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE).

#### 1.12.4 IEC 60439.

En la norma se define como “conductos de barras prefabricados (BTS).

Las normas de referencia para los conductos de barras prefabricados son:

**IEC 60439 – 1** Ensayo de tipo parcialmente aprobado.

**IEC 60439 – 2** Requisitos particulares para la fabricación de las canalizaciones. [5]

### 1.13. Normatividad para el uso de electrobarras y sistema fotovoltaico

Tabla 1 Recopilación de normativa para el uso de las electrobarra y paneles solares.

<i>Recopilación de normativa aplicada en el estudio</i>	
IEC 61439-1	Conjuntos de equipos de control y conmutación de baja tensión
IEC 61439-6	Conjuntos de conmutación y control de baja tensión-parte 6 sistemas de canal embarrado (autobuses) (reemplaza la IEC 60439-2)
NEMA 250	Cubiertas para equipos eléctricos (1000 voltios máximo)
IEC 60529	Grados de protección proporcionados por los cerramientos (código IP)
RETIE	Reglamento técnico de instalaciones eléctricas
NTC 2050	Código eléctrico colombiano
NTC 3283	Paneles de maniobra y control de baja tensión. Requisitos particulares para barrajes canalizados
IEC 60695-2-1	Prueba de peligro de incendio prueba y guía de hilo incandescente
UL 857	BUSWAYS
IEEE 693	Práctica recomendada para el diseño sísmico de subestaciones
IEEE 141	Clasificación y usos de las electrobarras
LEY 1715	Integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional
UPME 706	Procedimiento y los requisitos para obtener la certificación que avala los proyectos de fuentes no convencionales de energía (FNCE)
CREG 030	Regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el sistema interconectado nacional
UPME 0281	Límites máximos de potencia de la autogeneración a pequeña escala
IEC 61215	Requisitos de diseño de paneles expuestos a largo plazo
IEC 61730	Cualificación de seguridad de los paneles contra daños por descargas atmosféricas, daños mecánicos, incendio entre otras.
LEY 2099	Disposiciones para la transición energética, dinamización del mercado energético y la activación económica en el país
	Certificación sismo resistente nivel 4 IEEE (válida NSR10)
	Normas UNE y recomendaciones UNESA de referencia utilizadas en el REBT

### 1.14. Impacto ambiental

Al implementar alternativas de energía autosustentable como son los sistemas de paneles solares ayuda a un ahorro significativo desde el punto de vista ambiental a la construcción y mejoramiento de la disminución de gases invernaderos y calentamiento global producidos en el proceso de generación de las diferentes fuentes de energía, por ese motivo la utilización de paneles solares frena esa emisión de gases tóxicos y contribuye a que el planeta sea un lugar mejor habitable. Es importante resaltar que la fabricación de los mismo implica un poco de de la explotación de recursos naturales pero el panel es 94% reciclable y en su óptimo funcionamiento no contamina, por esta razón es llamada energía limpia. [18]

### 1.15. Implementación de seguridad

La seguridad es el aspecto más importante a la hora de realizar funciones, ya que, estas nos garantizan la integridad física y mental de los trabajadores, es muy importante resaltar las leyes, resoluciones, decretos más relevantes que implican procedimientos y metodologías para minimizar y estudiar los procedimientos y permisos de trabajo.

*Tabla 2.* Marco legal de seguridad en el trabajo en Colombia.

Marco legal de seguridad en Colombia
Ley 1010 2006
Resolución 0312 de 2019
Resolución 1401 2007
Resolución 2646 2008
Decreto 1443 de 2014.
Decreto 472 de 2015.
Resolución 1016 de 1989.
Resolución 1111 de 2017.
Resolución 3246 de 2018.
Resolución 4919 de 2018.
Articulado normativo derogado por el Decreto 1072 de 2015

## CAPÍTULO 2. CONCEPTUALIZACIÓN Y PROCEDIMIENTOS DE ELECTROBARRAS Y SISTEMA FOTOVOLTAICO

En este capítulo se describe todo lo relacionado a conceptos, fórmulas, análisis ventajas y desventajas tanto del SFV como el de las electrobarras, esto con el fin de obtener la mayor información conceptual a la mano para el análisis del funcionamiento que manifiestan ambos sistemas involucrados.

### 2.1 Definiciones de conceptos

Electrobarra (electroductos - bus de barras - busway): El RETIE define como un sistema de distribución eléctrica que posee diferentes tipos de elementos como barrajes carcasa y otros accesorios que permite ser sujetado de acuerdo a su especificación y estándares de fabricación y funcionamiento como la *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA), *National Electrical Code* (NEC), LA IEC y la IEEE.[3]

Capacidad o potencia instalable: El RETIE lo considera como capacidad instalable, la capacidad en KVA que puede soportar la acometida a tensión nominal de la red, sin que se eleve la temperatura por encima de 60°C para instalaciones con capacidad de corriente menor de 100 A o de 75°C si la capacidad de corriente es mayor. [3]

Carga: La potencia eléctrica en el RETIE se puntualiza como la requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito.[3]

Edificio o edificación: El RETIE lo define como estructura fija, hecha con materiales resistentes para vivienda humana o para otros usos.[3]



Edificio alto: Es aquel que supera los 28 metros de altura, medidos desde el nivel donde puede acceder un vehículo de bomberos, según el Código de Sismo Resistencia.[3]

Panel de distribución. El código eléctrico nacional (NEC) precisan como panel o grupo de paneles diseñados para ser ensamblado en forma de un solo panel; incluyendo las barras conductoras, los dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente; y está equipado con o sin interruptores para el control de circuitos de alumbrado, calefacción o potencia; está diseñado para ser instalado en un gabinete o cubierta, montado en o contra una pared o división, u otro soporte y accesible sólo por el frente.[6]

Partes vivas. Componentes conductores energizados.[6]

Red de generación y distribución de energía. El código eléctrico nacional NEC aclara en su actualización como equipo e instalaciones para la generación, distribución y utilización de energía eléctrica, tales como los sistemas de empresas de electricidad que entregan energía eléctrica a las cargas conectadas que son externas y no controladas por un sistema interactivo.[6]

Sistema solar fotovoltaico. En su actualización la NEC establecen este sistema como todos los componentes y subsistemas que, combinados, convierten la energía solar en energía eléctrica adecuada para la conexión de una carga de utilización.[6]

Tensión (de un circuito). La mayor diferencia de potencial raíz media cuadrática (eficaz, RMS) entre dos conductores cualquiera de un circuito considerado.[6]

TGA de electrobarra: La RA8-017 de EPM define al armario eléctrico como el que aloja la protección principal de la edificación y el barraje principal o redes de uso general desde el transformador que surten del servicio a todo el inmueble, y partir del cual se deriva el bus de barras que suministra el servicio a los tableros de medida localizados en los diferentes niveles de la edificación. [7]

Electrobarra (Electroductos- Bus de Barras – Busway): EPM en la RA8-017 puntualizan la electrobarra como el elemento que recorre toda la edificación como un alimentador troncal, y desde allí se hacen las derivaciones para suministrar el servicio a los tableros de medida localizados en los diferentes niveles de la edificación. [7]

Tablero sobrepuesto o empotrado: En la RA8-017 de EPM aclaran que el gabinete o panel empotrado o sobrepuesto, el cual es fijado a la pared a través de mampostería y medios de sujeción adecuados. Es un tablero que por su tamaño no está apoyado sobre el piso. [7]

Partes energizadas: En la medida descentraliza de EMP puntualizan que son aquellos conductores, barras, terminales o componentes eléctricos sin aislar o expuestos, que crean riesgo de descarga eléctrica.[7]

Arreglo solar: Rodolfo Hernández en su tesis de maestría aclara que es un sistema interconectado de módulos fotovoltaicos que funcionan como una unidad independiente de producción de electricidad. Los módulos o paneles solares se instalan en estructuras con monturas y apoyos comunes.[8]

Cortacircuitos (interrupor termomagnético): Elemento capaz de interrumpir el circuito eléctrico cuando existan aumentos de temperaturas y sobrecargas lo cual garantiza la vida útil de equipos y elementos que estén conectados en serie con él.

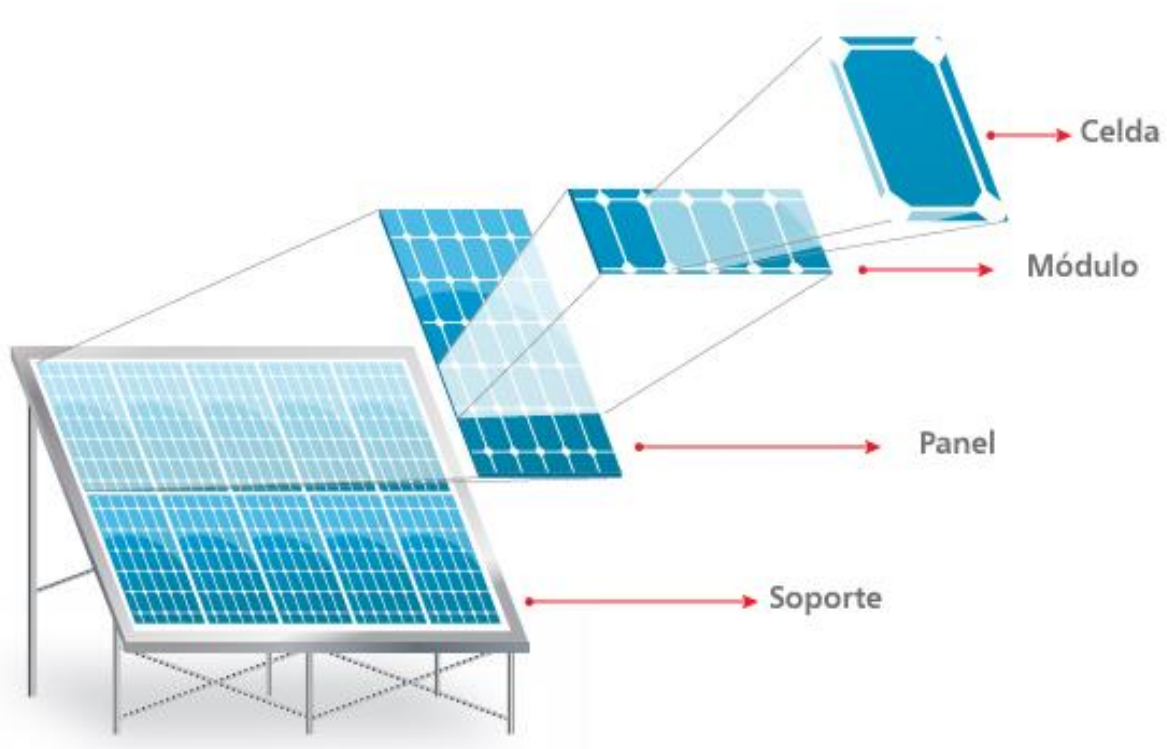
Eficiencia: También llamada rendimiento de conversión,  $\eta$ , indica el porcentaje de energía solar recibida sobre la superficie de la célula que se convierte en energía eléctrica.[9]

Fuentes de energía renovable: La UPME la define como recurso energético que es regenerativo o virtualmente “inagotable”, algunos ejemplos son; solar, viento, geotermal y agua.[10]

Inversor: Es un dispositivo electrónico capaz de convertir la corriente continua (DC) en corriente alterna (AC) con voltajes y frecuencias adecuadas, ya sea, para un sistema conectado a la red eléctrica o para un sistema independiente de energía.[9]

Monturas de estructuras: Rodolfo Hernández explica que es una montura de estructura, los paneles fotovoltaicos son soportados por una estructura de metal y posicionados a un ángulo predeterminado cercano a la latitud. Normalmente se ubica en los techos de las propiedades.[8]

## 2.2 Factores que afectan el sistema fotovoltaico



*Figura 2.1. Sistema fotovoltaico*  
*Fuente: Manual técnicas de cables PV Centelsa*

El SFV es una de las opciones que viene en crecimiento en distintos procesos de generación y satisface las diversas necesidades de energía eléctrica, ya que, proviene de una fuente inagotable, permitiendo que sea apropiado para contribuir a los impactos ambientales que se presentan en la actualidad, cabe resaltar que como sistema posee etapas de funcionamiento y se verán afectados diversos factores ya sean externos o internos. La instalación de los diversos módulos y estructuras juegan un papel importante a la hora de optar por la instalación de este tipo de sistema, debido a que debe realizarse por personal calificado para tomar decisiones apropiadas al momento de realizar arreglos pertinentes para un mejor rendimiento del SFV.

En la figura 2.2. se muestra los diversos factores que afectan de una manera interna o externa al rendimiento del sistema fotovoltaico.

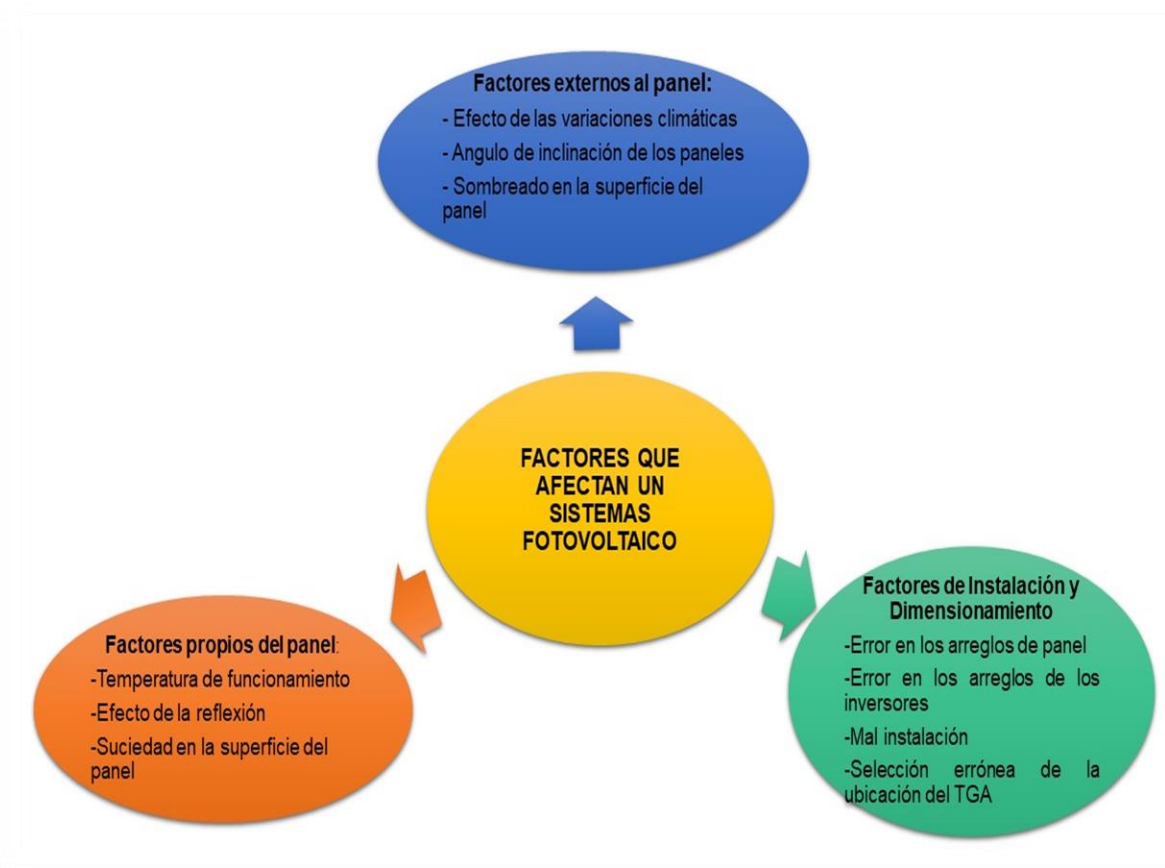


Figura 2.2. Factores que afectan a un sistema fotovoltaico  
Fuente: Propia del Autor

Uno de los errores que se podría resaltar en la instalación del SFV es la selección errónea de la ubicación del TGA, ya que, de eso depende diversos factores de distribución de energía a nuestra carga puesto que puede realizarse de dos formas:

1. Centralizada.
2. Descentralizada.

Por lo tanto, una selección adecuada nos garantizara un gran beneficio en la parte:

1. Económica.
2. Disminución de caída de tensión.
3. Disminución en la pérdida de potencia.

### 2.3. Ecuaciones generalmente utilizadas en un sistema fotovoltaico

A la hora de instalar un sistema fotovoltaico es necesario una serie de procesos, arreglos y artificios matemáticos para obtener datos más acertados para la selección de los materiales y soportes a montar en cualquier superficie o infraestructura teniendo en cuenta los parámetros técnicos de los paneles y de elementos que acompañan en el sistema, por ese motivo se definirán algunas ecuaciones utilizadas a la hora de realizar dicha actividad.

#### Ecuación de rendimiento.

$$\eta = \frac{P_{max}}{G \cdot A_c} \quad (1)$$

Donde:

$\eta$  = Eficiencia o rendimiento de conversión %

Max = Potencia máxima (w)

G = Irradiancia en unidades CEM 1000 W/m<sup>2</sup>

A<sub>c</sub> = Área superficial de la célula (m<sup>2</sup>)

#### Ecuación de potencia máxima.

$$P_{max} = V_{mpp} \cdot I_{mpp} \quad (2)$$

Donde:

P<sub>max</sub> = Potencia máxima de la célula (w)

I<sub>mpp</sub> = Intensidad máxima de la célula (A)

V<sub>mpp</sub> = Tensión máxima de la célula (V)

#### Ecuación de factor de forma.

$$FF = \frac{V_{mpp} \cdot I_{mpp}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} = \frac{P_{max}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \quad (3)$$

Donde:

$FF$  = Factor de forma

$P_{max}$  = Potencia máxima (W)

$I_{sc}$  = Intensidad de corto circuito (A)

$V_{oc}$  = Tensión de circuito abierto (V)

### **Ecuación de energía consumida.**

$$E_c = P_{total} \cdot t \quad (4)$$

Donde:

$E_c$  = Energía consumida al día (W)

$t$  = Tiempo de utilización en horas

$P_{total}$  = Potencia total en horas (W)

### **Ecuación de inclinación de los módulos.**

La inclinación óptima de los módulos depende de la latitud del lugar donde se van a instalar el sistema.

$$\text{Inclinación} = \text{Latitud} + 10^\circ\text{C} \quad (5)$$

### **Ecuación de módulos FV.**

$$M_{fv} = \frac{E_c}{E_{gm} \cdot N_{sis}} \quad (6)$$

$$M_{fv} = \frac{E_c}{V_m \cdot I_m \cdot R_s} \quad (7)$$

Donde:

$M_{fv}$  = Números de módulos FV sin unidades

$E_c$  = Energía consumida diariamente

*E<sub>gm</sub>* = Energía generada diariamente por cada módulo w-h  
*N<sub>sis</sub>* = Eficiencia combinada de los controladores  
*V<sub>m</sub>* = Tensión máxima del módulo (v)  
*I<sub>m</sub>* = Corriente máxima del módulo (A)  
*R<sub>s</sub>* = Radiación solar

**Porcentaje de desbalance.**

$$\%D = \frac{(CM - Cm) \cdot 100\%}{CM} \quad (8)$$

Donde:

*%D* = Porcentaje desbalance  
*CM* = Carga Mayor  
*Cm* = Carga menor

**Nº Filas en serie.**

$$Nfs = \frac{Vprominv}{Vm} \quad (9)$$

Donde:

*Nfs* = Números de módulos en serie  
*Vprominv* = Promedio de los voltajes del inversor  
*V<sub>m</sub>* = Voltaje del módulo

**Nº Filas en paralelo.**

$$Ncp = \frac{Iprominv}{Im} \quad (10)$$

Donde:

*Ncp* = Números de módulos en paralelo  
*Iprominv* = Promedio de salida de corriente del inversor  
*I<sub>m</sub>* = Corriente del módulo



**Números de inversores.**

$$No\ inversores = \frac{Mfvtotal}{No\ modulos\ por\ arreglo} \quad (11)$$

**Potencia.**

$$S = P^2 + Q^2 \quad (12)$$

*Donde:*

*S = Potencia total*

*P = Potencia activa*

*Q = Potencia reactiva*

**Altura solar medio día.**

$$h = \text{sen}\beta \cdot l \quad (13)$$

*Donde:*

*h = Altura solar medio día en metros*

*$\beta$  = Grado inclinación respecto a la horizontal*

*l = Longitud del panel en metros*

$$b = \text{cos}\beta \cdot l \quad (14)$$

*Donde:*

*b = Distancia inferior del panel respecto a la horizontal en metros*

*$\beta$  = Grado inclinación respecto a la horizontal*

*l = Longitud del panel en metros*

**Distancia inferior entre paneles.**

$$a = \frac{h}{\text{Tan}\theta} \quad (15)$$

*Donde:*

*a = Distancia inferior entre paneles*

*h = Altura solar medio día*

**Distancia mínima entre paneles.**

$$d_{min} = a + b \quad (16)$$

*Donde:*

*d<sub>min</sub>*= Distancia mínima entre aristas para que un panel no le de sombra al otro panel

**Potencia total generada.**

$$PTG = \frac{Pm \cdot N0 \cdot Modulos \cdot RS \cdot 30Dias}{1000} \quad (17)$$

*Donde:*

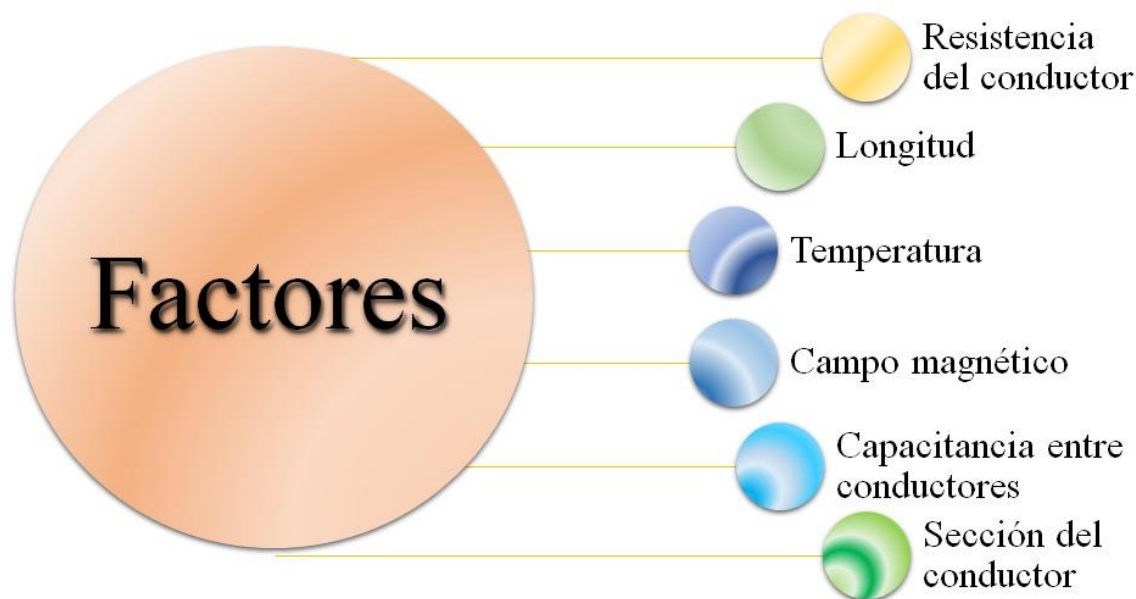
*Ptg:* Potencia total generada

*N0:* Número de paneles del sistema

*RS:* Radiación solar

## 2.4 Factores que afectan al flujo de corriente en los conductores

Al momento de calcular y escoger un conductor se deben tener en cuenta diversas características de funcionamiento para obtener de él la mejor respuesta ante la carga que será sometido. Los factores principales que manifiestan los conductores desde el punto de vista de circulación de corriente eléctrica nacen desde la ley de OHM la cual genero a través de su ecuación la clave para el análisis del comportamiento del flujo de energía por una trayectoria.



*Figura 2.3. Factores que afectan la circulación eléctrica en los conductores  
Fuente: Propia del autor*

Existen diversas investigaciones para mejorar y optimizar la circulación eléctrica en diversos conductores, ya que, en la actualidad existen practicas adecuadas que garantizan de acuerdo a las normas establecidas de que las perdidas sean mínimas a la hora de utilizar conductores eléctricos para el transporte y distribución de energía eléctrica en un sistema.

En las fichas técnicas de los conductores se manifiesta las correcciones necesarias para garantizar la mejor opción a la hora de escoger un conductor. En la figura 2.4 y 2.5

se muestra que la tabla de conductores que poseen correcciones por temperatura y corrección por cantidad de conductores por ducto respectivamente.

Sección transv.	Temperatura nominal del conductor (ver <a href="#">Tabla 310-13</a> )						Calibre
	60 °C TIPOS TW*, UF*	75 °C TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	90 °C TIPOS TBS,SA,SS,FEP*, FEPB*,MLRHH*, RHW-2, THHN*, THHW*,THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	60 °C TIPOS TW*, UF*	75 °C TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	90 °C TIPOS TBS,SA,SS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm²	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG o kcmils
0,82	--	--	14	--	--	--	18
1,31	--	--	18	--	--	--	16
2,08	20*	20*	25	--	--	--	14
3,30	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8,36	40	50	55	30	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,20	110	130	150	85	100	115	1
53,50	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,02	400	475	535	320	385	435	750
405,36	410	490	555	330	395	450	800
456,03	435	520	585	355	425	480	900
506,70	455	545	615	375	445	500	1.000
633,38	495	590	665	405	485	545	1.250
760,05	520	625	705	435	520	585	1.500
886,73	545	650	735	455	545	615	1.750
1.013,40	560	665	750	470	560	630	2.000
<b>FACTORES DE CORRECCIÓN</b>							
Temp. ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30°C, multiplicar las anteriores corrientes por el correspondiente factor de los siguientes						Temp. ambiente en °C
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	21-25
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	26-30
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	31-35
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	36-40
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	41-45
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	46-50
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	51-55
56-60		0,58	0,71		0,58	0,71	56-60
61-70		0,33	0,58		0,33	0,58	61-70
71-80			0,41			0,41	71-80

Figura 2.4. Capacidad de corriente permisible en conductores aislados  
Fuente: NTC 2050 -Norma técnica colombiana

Número de conductores portadores de corriente	Porcentaje del valor de las Tablas, ajustado para la temperatura ambiente si fuera necesario
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
41 y más	35

Figura 2.5. Factores de corrección cuando hay tres o más conductores por canalización  
Fuente: NTC 2050 -Norma técnica colombiana

## 2.5 Ventajas y desventajas de las electrobarras

En la tabla 2.1 se muestra detalladamente las ventajas y desventajas que se presentan en el uso de las electrobarra.

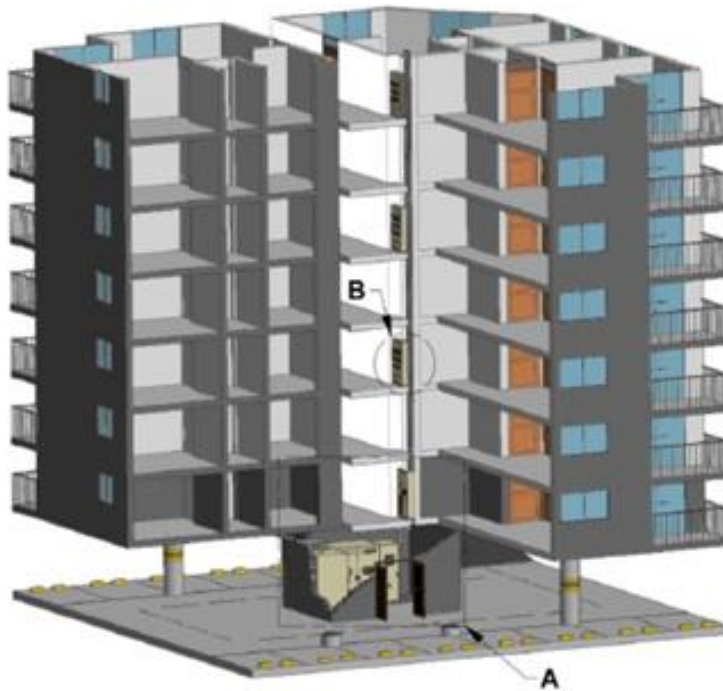
Tabla 3 Ventajas y desventajas de las electrobarras

<i>Ventajas</i>	<i>Conceptos</i>
Seguridad	Reduce posibilidad de falla
	Imposibilidad de conexiones impropia
	Vienen aisladas y recubiertas en un encerramiento metálico
	Mejora la compatibilidad electromagnética (EMC)
	Disminución de interferencia electromagnética (EMI)
Económicas	Flexibilidad de futuros trabajos
	Reduce tiempos y costo de mantenimiento
	Reduce espacio en comparación a las cantidades de cables
	Activo reutilizable ya que se pueden reubicar y reutilizar
	Bajos costos de instalación en mano de obra
	Disminución de costos de diseños
	Disminución en el robo de energía
	Disminución en tiempos de ejecución u operación
Técnicas	Elevada capacidad de cortocircuito
	Altas densidades de corriente
	Alta eficiencia EMC y EMI
	Disminución de perdidas por el efecto piel
	Disminución de perdidas por el efecto Joule
	Mejor eficiencia y calidad de energía
	Disminución de volumen y espacio ocupado
	Aprovechamiento en la energía instalada
	Larga vida útil
	Flexibilidad para realizar modificaciones
	Menor en comparación a los cables
	Mínima resistencia al flujo de carga
<b>Desventajas</b>	<b>Conceptos</b>
Si aumenta la temperatura permitida de trabajo	Perdida aislamiento
	Dilatación en el material
	Corto circuito IEC 60439-0
	Los aislantes deben cumplir con IEC 60695-2-0
Desventaja Económica	Elevados costos de inversión
Desventajas de Operación	Por sus altas densidades de corriente el personal puede verse afectado por una mala manipulación.

## 2.6 Parámetros técnicos de las electrobarras

### 2.6.1 Medidas descentralizadas en edificaciones con electrobarras.

En la RA8-017 de EPM se especifica que la medida distribuida del sistema eléctrica se puede realizar de dos tipos de tipología, ya sea por medio de conductores o electrobarra y la define como sistema de conjunto de tableros y medidores que se encuentran instalados en diferentes niveles de las edificaciones. En la figura 2.6 se muestra sistema de distribución por distintos niveles en una estructura.



*Figura 2.6 Sistema de canalizaciones eléctricas prefabricadas (electrobarras)  
Fuente: RA8-017 EPM Colombia*

Todo el sistema de canalización descentralizada debe contar con una serie de elementos que hacen parte de la infraestructura montada, cumpliendo a cabalidad los requisitos técnicos apropiados en la utilización de la distribución de energía por toda la edificación, de este modo se puede especificar y detallar por piso las condiciones de los diseños y diagramas unifilares que se deben manejar junto con los elementos de dicha tarea, como se evidencia en la figura 2,7 y 2.8 respectivamente.

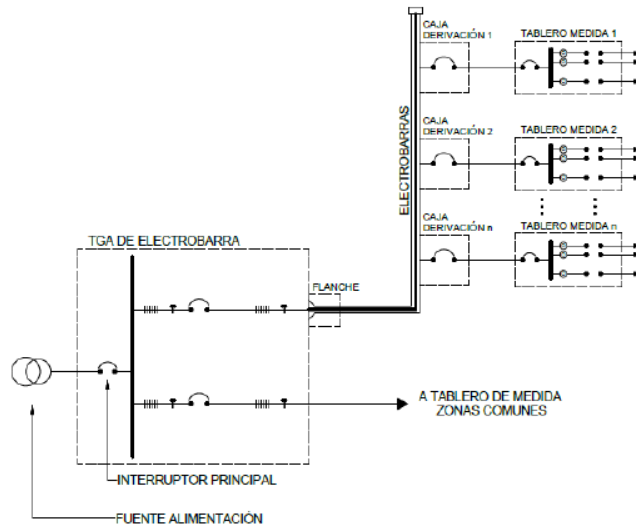


Figura 2.7. Diagrama unifilar ilustrativo para medida descentralizada por medio de electrobarra  
Fuente: RA8-017 EPM Colombia

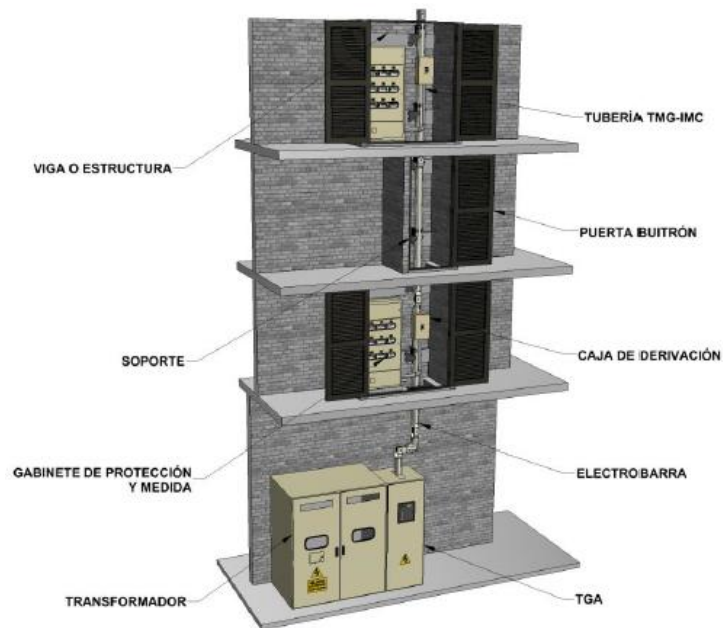
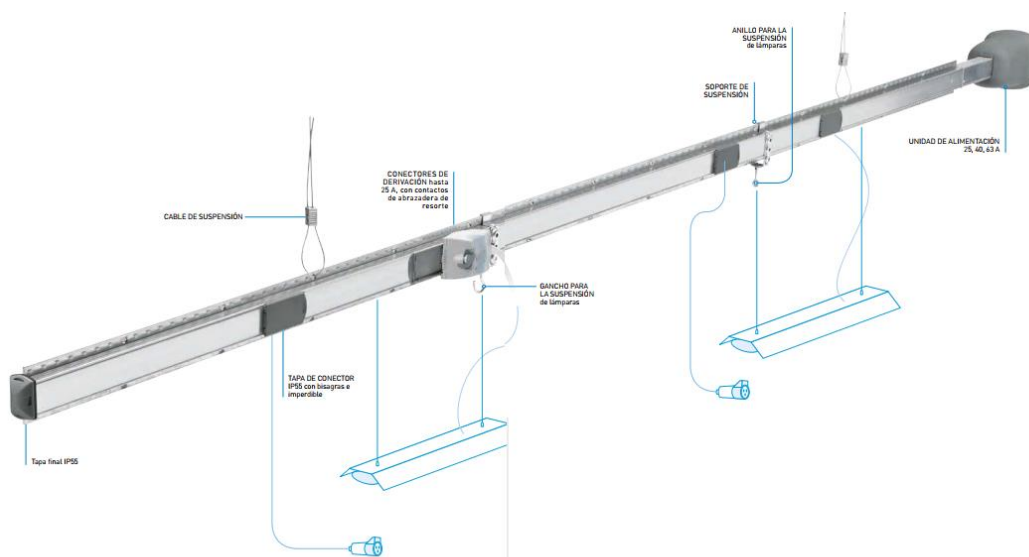


Figura 2.8 Esquema ilustrativo para medida descentralizada con bus de barras desde la subestación a los tableros de medida  
Fuente: RA8-017 EPM Colombia.

## 2.6.2 Tipos de electrobarra.

### 2.6.2.1 Electrobarra de baja potencia.

Legrand en su ficha técnica la define como aquellas comprendidas en el rango de corriente entre 25 A - 63 A, se utilizan en iluminación y equipos pequeños que pueden ser usadas en aplicaciones como oficinas, talleres pequeños, fabricas, entre otras donde la carga no supere los límites permitidos de su capacidad, en la figura 2.9 se puede observar una representativa de esta clase. [13]



*Figura 2.9. Esquema Ilustrativo de electrobarras de baja potencia  
Fuente: Manual técnico de sistemas de electrobarras Legrand Colombia.*

Cabe recalcar que la selección adecuada de una electrobarra depende de las características técnicas del diseño de la instalación donde podemos tener en cuenta datos preliminares que se detallaran más adelante uno de ellos es la cantidad de barras por ductos.



		252	254 - 404	256	258 - 408	634
	LBplus	2 conductores 25 A	4 conductores 25-40 A	6 conductores 25 A	8 conductores 25-40 A	4 conductores 63 A
TIPO A						
TIPO B						

Figura 2.10 Cantidad de ductos por barra

Fuente: Manual técnico de sistemas de electrobarras Legrand Colombia.

### 2.6.2.2 Electrobarra de baja potencia minibarra.

En su catálogo Legrand lo detalla como aquellas comprendidas en el rango de corriente entre 63 A - 160 A y dentro de este rango se utilizan en laboratorios, pequeñas y medianas empresas, almacenes y en todas las aplicaciones terciarias o comerciales, donde existe una necesidad de distribución de energía eléctrica para sistemas de media potencia. [13]. En la figura 2.11 se puede observar una representativa de esta clase.



Figura 2.11 Esquema ilustrativo de electrobarras de baja potencia tipo minibarra

Fuente: Manual técnico de sistemas de electrobarras Legrand Colombia.

### 2.6.2.2 Electrobarra de media potencia.

Legrand la define como aquellas comprendidas en el rango de corriente entre 160 A - 1000 A y dentro de este rango se puede distribuir energías en medianas y grandes industrias, y para redes de suministro eléctrico en edificios comerciales y de servicio

(bancos, empresas de seguros, centros comerciales, hospitales y de negocios, etc.). En cualquier lugar, donde exista la necesidad de distribución de energía (hasta 1000 A).[13]

En la figura 2.12 se puede observar una representativa de esta clase.



Figura 2.12.A. Esquema ilustrativo de electrobarras de media potencia  
Fuente: Manual técnico de sistemas de electrobarras Legrand Colombia

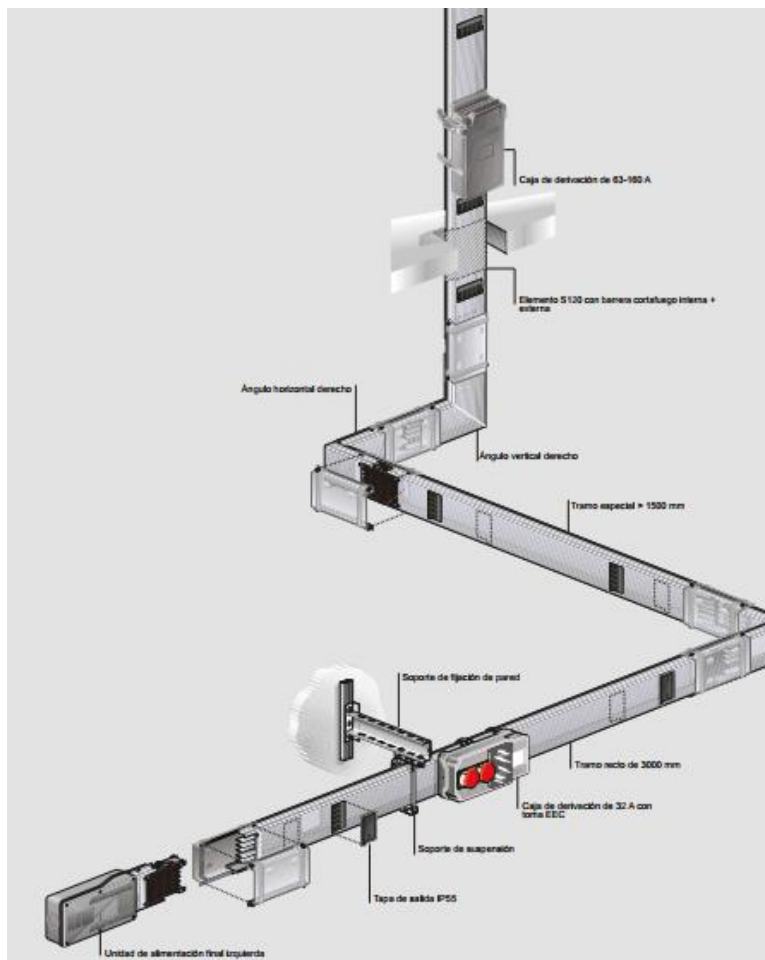


Figura 2.12.B. Esquema ilustrativo de electrobarras de media potencia  
Fuente: Manual técnico de sistemas de electrobarras Legrand Colombia

### 2.6.2.3 Electrobarra de alta potencia o compactas.

Este tipo de electrobarras son diseñadas en una variedad de corriente se pueden encontrar en rangos de corriente entre 600 A - 6300 A en cobre y de 600 A - 4000 A en aluminio, su uso está enfocado en sistemas robustos donde requieren grandes densidades de corriente como la distribución y transporte de potencias en grandes industrias, centros comerciales, bancos, hospitales, edificios de grandes escalas. En estas categorías se deben tener los requisitos establecidos que contempla las normas IEC 60695-2-0 que regula los aislantes de separación de conductores por el aumento de temperatura. [13]

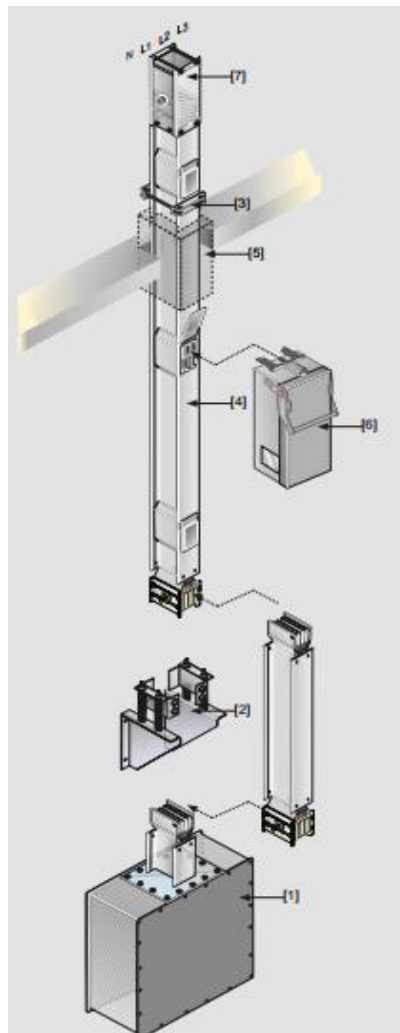


Figura 2.13. Esquema ilustrativo de electrobarras de media potencia  
Fuente: Manual técnico sistemas de electrobarras Legrand Colombia

### 2.6.3. Partes de una electrobarra.

Dependiendo de la configuración de distribución en el momento del diseño de la instalación se puede presentar dos formas ya sea horizontal o vertical esto con el fin de llegar a la ubicación de los tableros gabinetes o carga. En la figura 2.14 se puede mostrar las partes que se podrían involucrar en un sistema de electrobarra.

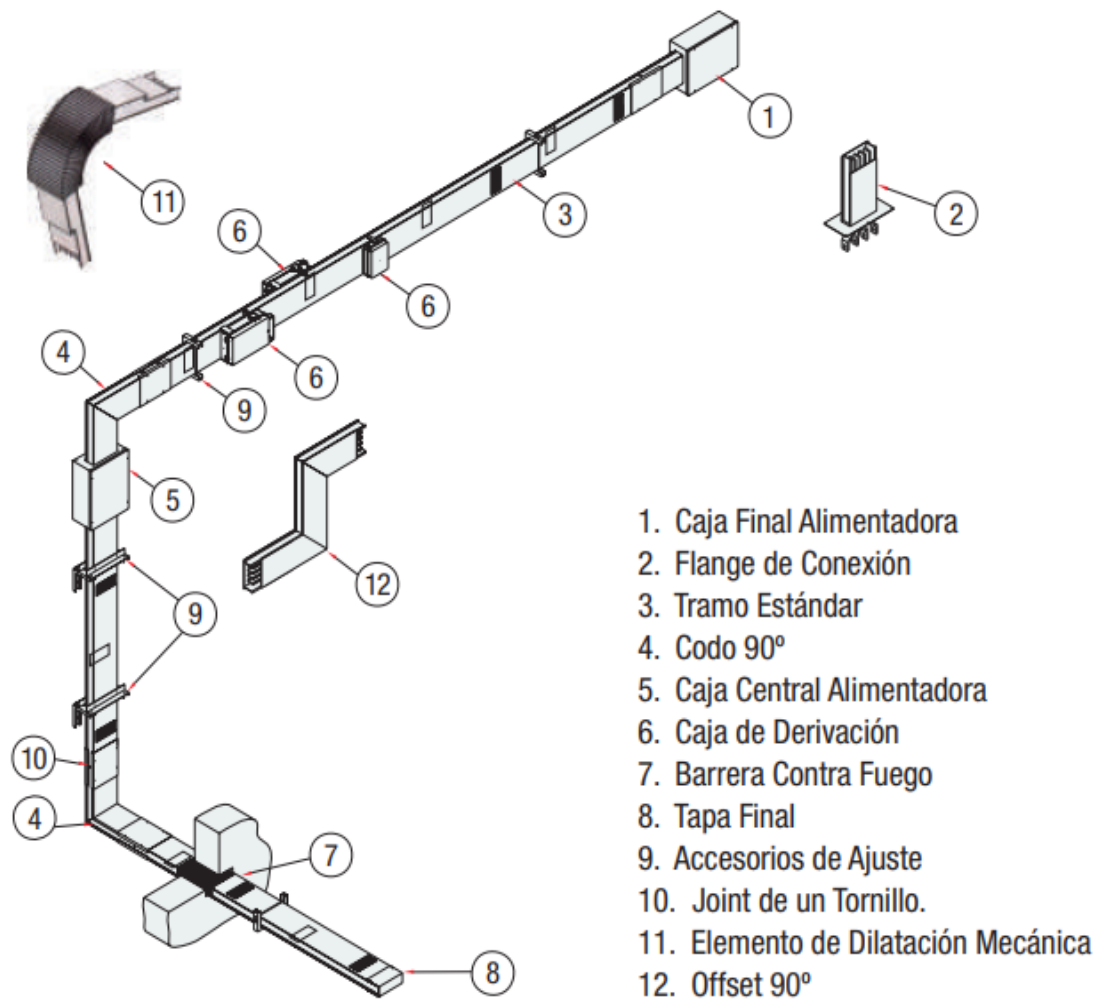


Figura 2.14. Esquema ilustrativo de las partes de una electrobarra  
Fuente: Manual técnico de sistemas de electrobarras 3M

### 2.6.3.1 Soporte de una electrobarra.

Como toda estructura debe estar fijada de acuerdo a las características mecánicas de las electrobarra y dependiendo de que sea horizontal o vertical los soportes serán diferentes y lo que se busca con ellos es darle seguridad a las personas y elementos involucrados de acuerdo a las normas establecidas, en la figura 2.15 y 2.16 se muestra los soportes utilizados en instalación de electrobarra de forma horizontal y de forma vertical respectivamente.

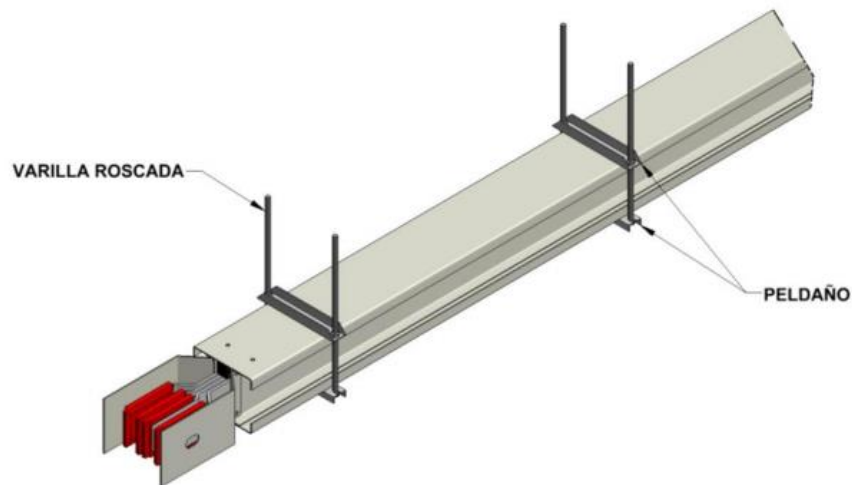


Figura 2.15. Esquema ilustrativo de soporte de electrobarra instalada horizontalmente  
Fuente: RA8-019 de EPM



Figura 2.16. Esquema ilustrativo de soporte de electrobarra instalada verticalmente  
Fuente: RA8-019 de EPM

### 2.6.3.2 Distanciamiento de electrobarra y estructura.

Las distancias mínimas nos garantizan factores de seguridad accesibilidad, mantenimientos futuros y disminución de espacio en el lugar de la utilización de la electrobarra. A continuación, se ilustra las distancias apropiadas de según el fabricante Legrand en su libro de instalación 2018-2019.

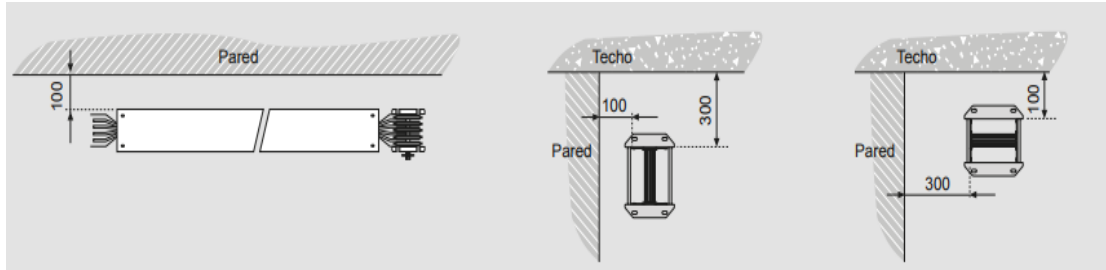


Figura 2.17.A. Esquema ilustrativo de distancias mínimas pared/techo  
Fuente: Manual técnico de electrobarras Legrand 2018-2019

Cuando existen derivaciones caja apropiada para dicha conexión instalada sobre la electrobarra \*.[13]

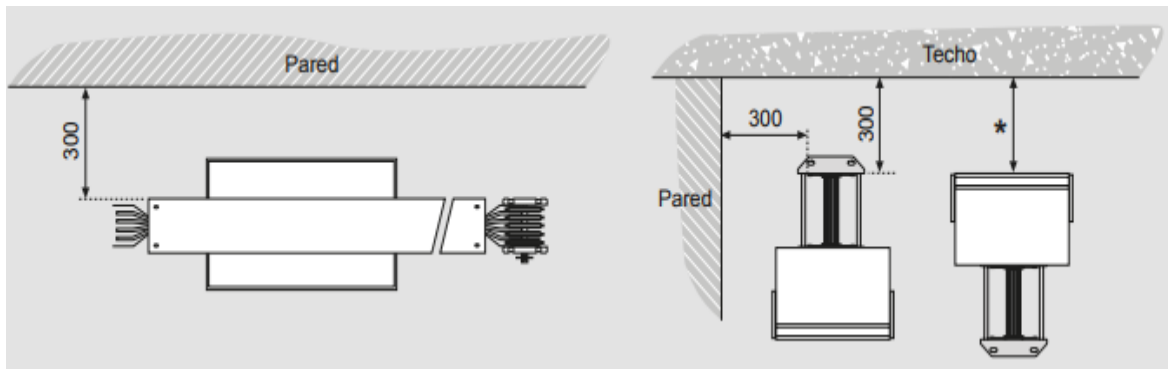


Figura 2.17.B. Esquema ilustrativo de distancias mínimas pared/techo con caja de derivación  
Fuente: Manual técnico de electrobarras Legrand 2018-2019

Cuando en una instalación requiere diferentes electrobarras deben cumplir de igual forma las distancias apropiadas para su ubicación esto con el fin de garantizar todos los parámetros de seguridad que se requiere y según el fabricante se debe disponer de unas

distancias entre las mismas y la estructura cómo lo ilustra en la figura 2.17 c y la figura 2.17 D.

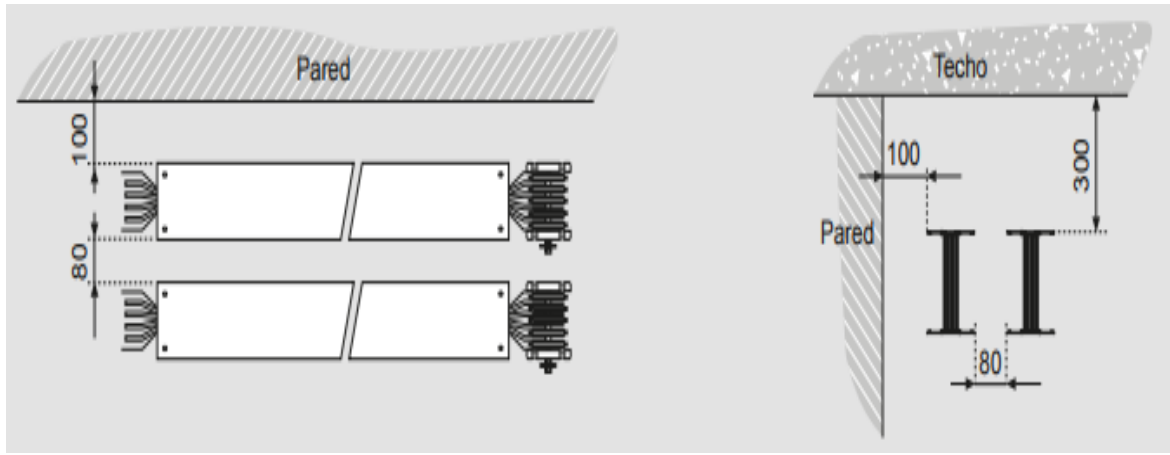


Figura 2.17.C. Esquema ilustrativo de distancias mínimas pared/techo cuando hay varias líneas adyacentes

Fuente: Manual técnico de electrobarras Legrand 2018-2019

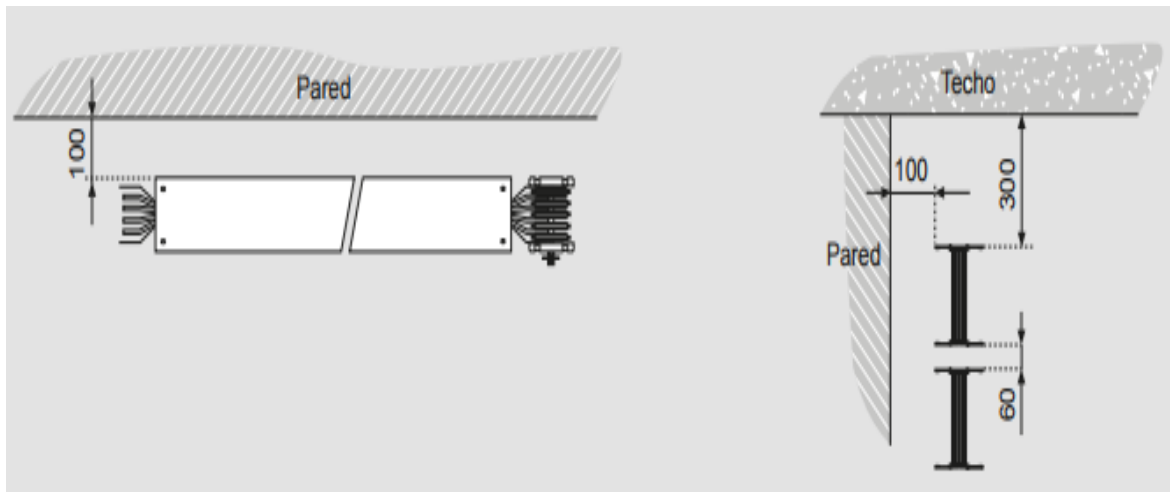
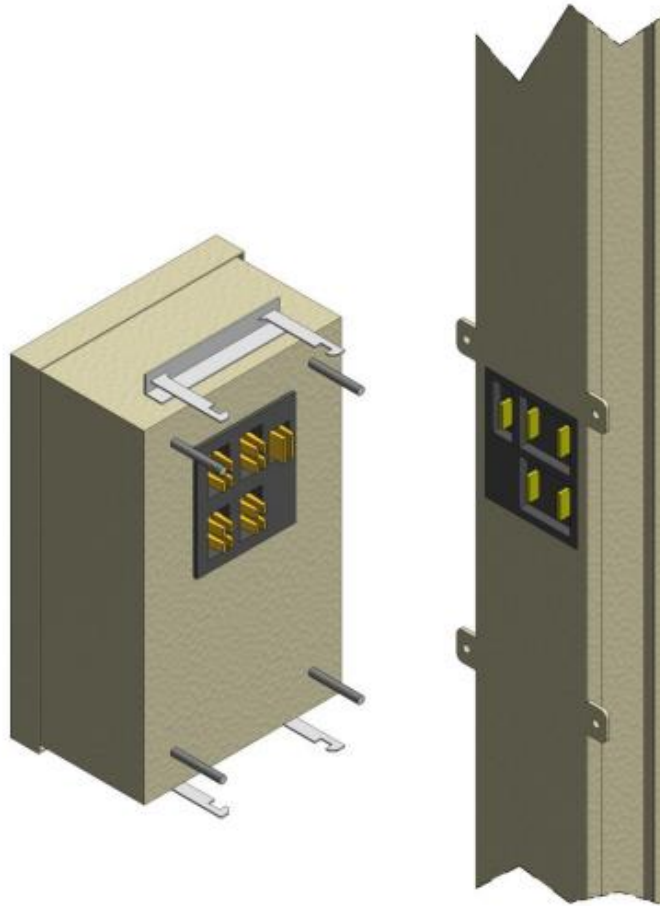


Figura 2.17.D. Esquema ilustrativo de distancias mínimas pared/techo cuando hay varias líneas superpuestas

Fuente: Manual técnico de electrobarras Legrand 2018-2019

### **2.6.3.3 Conexión enchufable PLUG-IN en cajas de derivación con una electrobarra.**

Cuando la electrobarra pasa de un piso a otro donde se requiera realizar alguna derivación para las cargas en el nuevo nivel es necesario instalar una caja de derivación donde se alojarán las protecciones de dicho nivel y la forma de cómo realizar esta unión en la electrobarra es por medio de conexión enchufable PLUG-IN en una caja de derivación parcial, la cual se debe cumplir con soportes y agarres como lo establece las norma IEC 60439-2; en la figura 2.18 se muestra a detalle cómo se realiza esta conexión a la electrobarra.



*Figura 2.18. Esquema ilustrativo de conexión enchufable PLUG-IN en cajas de derivación en estructura vertical*

*Fuente: RA8-019 de EPM*



### 2.6.3.4 Conexión entre electrobarra.

Una de las ventajas de las electrobarra es que no existe empalme en comparación con los cables, ya que, la unión entre una y otra independientemente la medida debe realizarse por medio de un dispositivo llamado JOINT a “Presión entre 60 a 110 NM” en la figura 2.20 se muestra a detalle cómo se realiza esta conexión a las electrobarra.

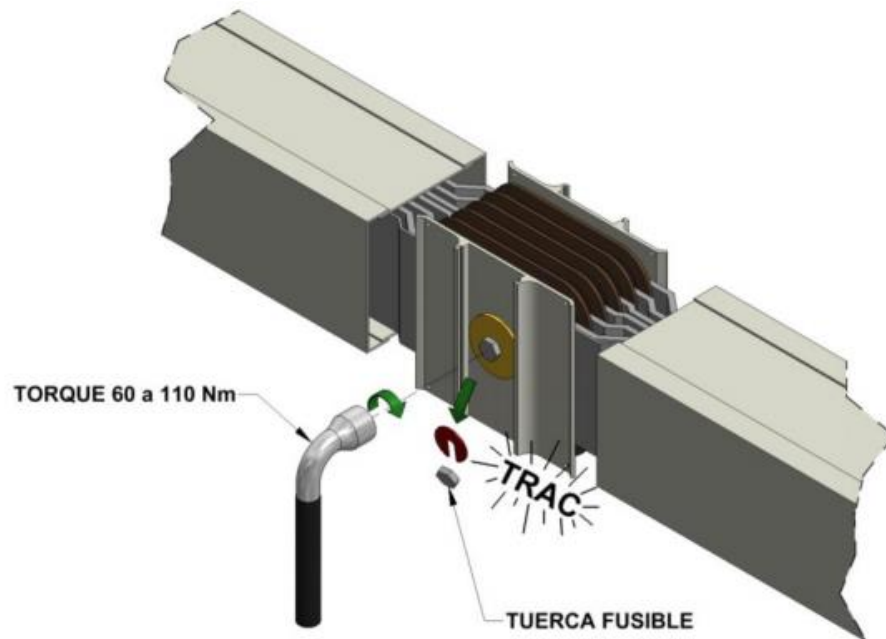


Figura 2.19.A. Esquema ilustrativo de conexión por medio de JOINT a presión entre electrobarras  
Fuente: RA8-019 de EPM

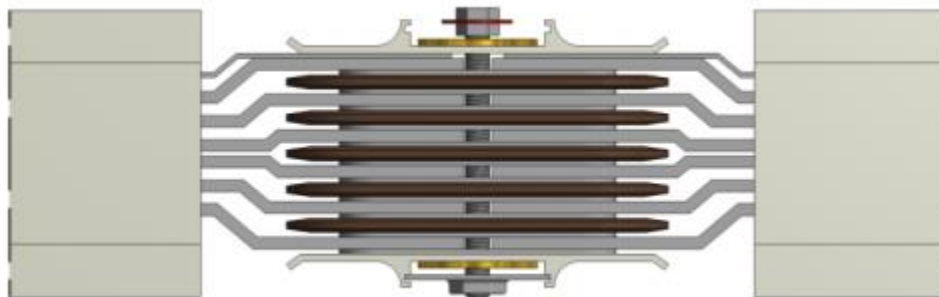


Figura 2.19.B. Esquema ilustrativo de vista superior de conexión por medio de JOINT a presión entre electrobarras  
Fuente: RA8-019 de EPM

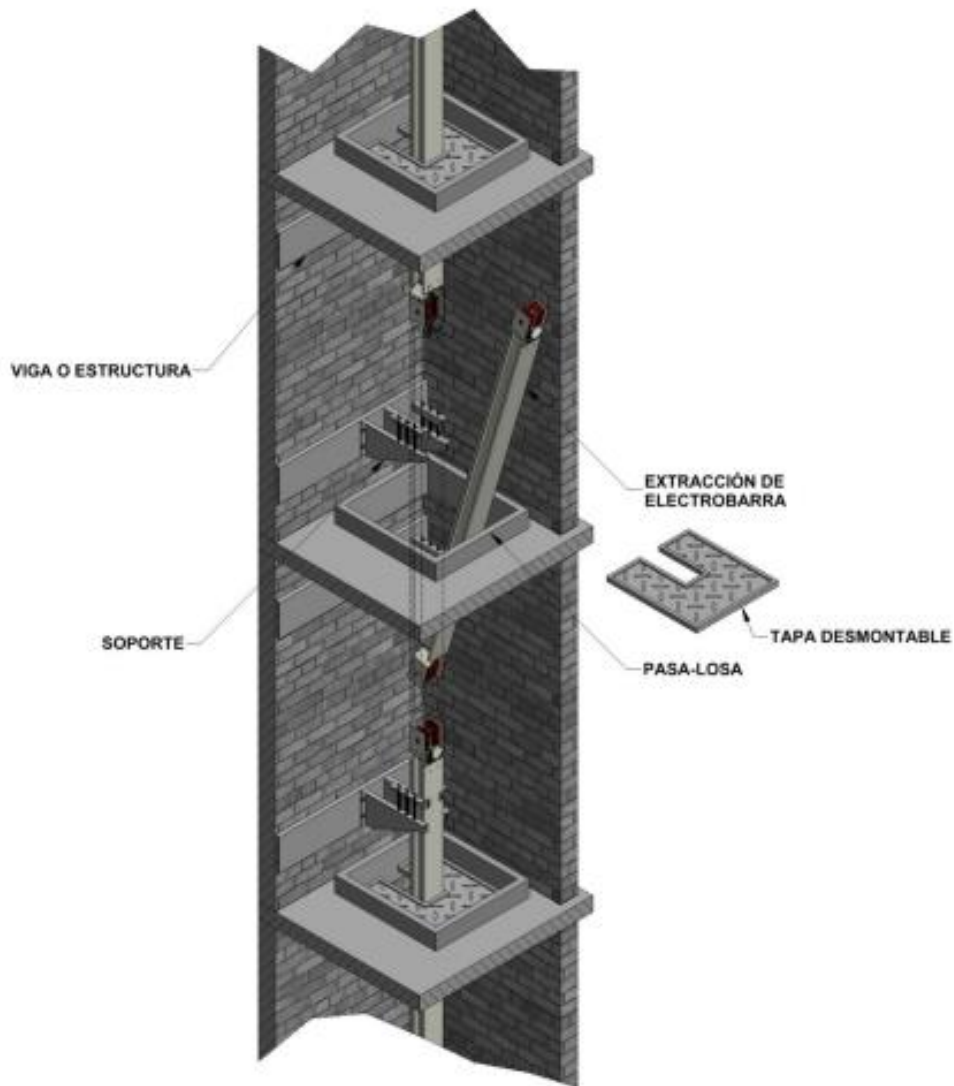
### 2.6.3.5 Mantenimiento de electrobarras.

Una de las ventajas que tiene las electrobarra es la disminución de mantenimiento, pero se debe ejecutar dependiendo el ambiente en el que están sometidas según políticas internas y lo recomendado por el fabricante, en la figura 2.20 se muestra los parámetros a tener en cuenta a la hora de realizar esta tarea. Otro dato importante a tener en cuenta es que al momento de realizar las actividades correspondientes a los mantenimientos de estos elementos es tener los equipos apropiados para medir y cuantificar las magnitudes que desean ser observadas como por ejemplo un Megger, Multímetro, Termómetro las cuales deben de estar calibradas en el momento de hacer esta labor y las herramientas adecuadas para realizar los ajustes adecuados en las electrobarras.



Figura 2.20. Parámetros a tener en cuenta en mantenimientos de electrobarras  
Fuente: Autor

Cuando el mantenimiento requiera el desmonte de una electrobarra completa debe seguir los lineamientos de los fabricantes y realizar el montaje cómo se evidencia en la figura 2.21 el cual se puede ver la desinstalación de una electrobarra tipo vertical.



*Figura 2.21. Esquema ilustrativo desmonte de electrobarras tipo vertical*  
*Fuente: RA8-019 de EPM*

## 2.6.4 Dimensionamiento de las electrobarras.

En la figura 2.22 se muestra a detalle los criterios que se deben de tener en cuenta a la hora de dimensionar una electrobarra.



Figura 2.22. Dimensionamiento de las electrobarras

Fuente: Autor

### 2.6.4.1 Protección de sobrecarga.

La protección de que se debe disponer para la sobrecarga de la electrobarra es establecida según los mismos criterios usados para los cables, para lo cual, es necesario verificar la relación. [13]

$$I_b \leq I_m \leq I_z \quad (18)$$

Donde:

$I_b$  = Corriente de utilización del circuito

$I_n$  = Corriente nominal del interruptor

$I_z$  = Valor en el régimen permanente del cable

Para determinar la corriente necesaria para escoger la electrobarra se deben tener una serie de datos a la mano del proyecto como los siguientes. [13]

- Voltaje nominal de entrada
- Número, potencia y  $\cos\phi$  de cargas que han de ser alimentados por las barras
- Factor de diversidad de carga
- Factor de carga nominal de utilización
- Corriente de corto circuito en la entrada (alimentación)
- Temperatura ambiente
- Tipo de instalación de la electrobarra (vertical, plana, de Canto).

$$I_b = \frac{P_t \cdot \alpha \cdot \beta \cdot d}{\sqrt{3} \cdot V_e \cdot \cos\phi_{\text{medio}}} \quad (19)$$

Donde:

$I_b$  = Corriente de operación [A]

$\alpha$  = Factor de diversidad de carga [.]

$\beta$  = Factor de utilización de carga [.]

$d$  = Factor de suministro de energía igual a:

1 si el enlace solo se activa de un lado; si el enlace se activa del centro o de ambos, finaliza al mismo tiempo

$P_t$  = Suma de la potencia activa de todas las cargas instaladas [W]

$V_e$  = Voltaje de operación [V];

$\cos\phi_{\text{medio}}$  = Factor de potencia medio de la carga [.]

El factor de alimentación “d” tiene un valor 1 cuando las electrobarras son alimentadas en un solo extremo; una vez que la corriente de operación ha sido determinada. Se escogen las electrobarras con el rango de corriente inmediatamente superior al valor calculado. Finalmente, debe considerarse, la elección más adecuada de la electrobarra, ya que, el fabricante toma como temperatura promedio a 40 °C por lo que toca realizar correcciones de esta. [13]

$$I_z = I_z \cdot K_t \quad (20)$$

Donde:

$I_z0$  = Corriente que el sistema de electrobarra puede llevar por un tiempo indefinido a su temperatura de referencia 40 °C

$K_t$  = Es el coeficiente de conexión para valores de temperatura ambiente, diferentes a la temperatura de referencia, como se muestra en la siguiente tabla

COEFICIENTE DE CORRECCIÓN $K_t$ PARA TEMPERATURA AMBIENTE DIFERENTE A 40°C										
Temperatura Ambiente [°C]	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Factor de corrección térmica $k_t$ [.]	1.15	1.12	1.08	1.05	1.025	1	0.975	0.95	0.93	0.89

Figura 2.23. Coeficiente de corrección a distintas temperaturas  
Fuente: Manual técnico de Electrobarras legrand 2018-2019

#### 2.6.4.2 Caída de tensión en una electrobarra.

Si la instalación supera los 100 m es necesario realizar el cálculo de caída de tensión teniendo en cuenta que el factor de potencia ( $\cos\phi$ ) no sea inferior a 0.8 y los datos de los coeficientes de las tablas de fichas técnicas.[13]

Sistema trifásico:

$$\Delta v = \frac{b \cdot \sqrt{3} \cdot I_b \cdot L \cdot (R_t \cdot \cos\phi_m + X \cdot \sin\phi_m)}{1000} \quad (21)$$

Sistema monofásico:

$$\Delta v = \frac{b \cdot 2 \cdot I_b \cdot L \cdot (R_t \cdot \cos\phi_m + X \cdot \sin\phi_m)}{1000} \quad (22)$$

El porcentaje de la caída de tensión se puede obtener:

$$\Delta v\% = \frac{\Delta v}{V_r} \cdot 100 \quad (23)$$

Si el sistema trifásico y el factor de potencia no son inferiores a  $\cos\phi = 0.7$ , la pérdida de tensión puede ser calculada usando el coeficiente de la caída de tensión. [13].

$$\Delta v\% = 2b \cdot \frac{I_b \cdot L \cdot K}{V_n} \cdot 100 \quad (24)$$

*I<sub>b</sub>* = La corriente que alimenta el conducto barras [A]

*V<sub>n</sub>* = La tensión de alimentación del conducto barras [V]

*L* = La longitud de la electrobarra [m]

*Δv%* = La caída de tensión porcentual

*b* = Factor de distribución de la corriente [.]

*k* = El coeficiente que aparece en la tabla correspondiente u  $\cos\phi$  [ V/m/A]

$\cos\phi_m$  = Factor de energía promedio de las cargas

*X* = Reactancia de la fase por unidad de longitud de la electrobarra (mΩ/m)

*R<sub>t</sub>* = Resistencia de la fase por unidad de longitud de la electrobarra (mΩ/m)

*V<sub>r</sub>* = Es el sistema de tensión nominal para limitar la caída de tensión en caso de sistemas de electrobarras muy largos, es posible permitir un suministro de energía en una posición intermedia, mejor que en el punto de la terminal

El factor de distribución de corriente “b” depende de cómo el circuito es alimentado y de la distribución de las cargas eléctricas a lo largo de la electrobarra:

<b>b =2</b>	<b>Alimentación en un extremo con la carga en el otro extremo</b>	
<b>b =1</b>	<b>Alimentación en un extremo con la carga uniformemente distribuida</b>	
<b>b =0.5</b>	<b>Alimentación en ambos extremos con la carga uniformemente distribuida</b>	
<b>b =0.5</b>	<b>Alimentación central y la carga en ambos extremos</b>	
<b>b =0.25</b>	<b>Alimentación central con la carga uniformemente distribuida</b>	

Figura 2.24. De tabla 1 de factor de distribución en una electrobarra  
Fuente: Manual técnico de electrobarras Legrand 2018-2019

<b>Ejemplo: SCP 2000 A</b>	
$I_b =$	1600 A corriente de operación
$b =$	1 alimentación desde un extremo
$k =$	28.7 ver tabla pág. 127 (SCP 2000 A Al $\cos\phi = 0.85$ )
$L =$	100 m largo de línea
$V_n =$	400 V voltaje de operación
$\Delta v\% =$	$1 \cdot \frac{24.4 \cdot 10^4 \cdot 1600 \cdot 100}{400} \cdot 100 = 0.976\%$

Figura 2.25. Ejemplo de factor de corrección b en una electrobarra  
Fuente: Manual técnico de electrobarras Legrand 2018-2019

### 2.6.4.3 Corriente de corto circuito.

Para diseñar el sistema eléctrico y los dispositivos de protección correctamente, es necesario conocer el valor de la corriente de cortocircuito estimada en el punto donde se crea. Este valor permite, de hecho, seleccionar correctamente los dispositivos de protección basados en su propia activación y desactivación de energías y/o de los sistemas de electrobarras.[13]

El valor nominal de corriente cortocircuito ICC de la electrobarra permite soportar mucho estrés electrodinámico como la disipación de energía térmica durante la falla. La electrobarra es capaz de soportar la corriente de cortocircuito durante toda la falla, es decir, por el tiempo que requiera el dispositivo de protección hasta su operación. [13] Para más información mirar anexo. [5]



$$I_{cc} = \frac{E}{Z_E + Z_L} \quad (25)$$

Donde:

$E$  = Es la tensión de la fase

$Z_E$  = Es la impedancia secundaria equivalente del transformador medida entre la fase y el neutro

$Z_L$  = Es la impedancia del único conductor de la fase

#### **2.6.4.4 Pérdidas por efecto Joule.**

Las pérdidas por efecto Joule son esencialmente causadas por la resistencia eléctrica de las electrobarras. La pérdida de energía es transformada en calor y contribuye al calentamiento de las envolventes o carcasas.[13]

Perdida en sistema trifásico

$$P_J = \frac{3 \cdot R_t \cdot I_b^2 \cdot L}{1000} \quad (26)$$

Perdida en sistema monofásico

$$P_J = \frac{2 \cdot R_t \cdot I_b^2 \cdot L}{1000} \quad (27)$$

Las pérdidas deben ser evaluadas tramo a tramo teniendo en cuenta el flujo de corriente cómo se ilustra en la figura 12 y es la sumatoria de todos los tramos. [13]

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 \quad (28)$$

$P_J$  = Pérdidas por el efecto joule

$I_B$  = Corriente nominal

$R_t$  = Resistencia de la fase para la unidad de longitud del sistema de electrobarra medidas en un régimen térmico ( $m\Omega/m$ )

$L$  = Longitud de la electrobarra en (m)

$P_T$  = Pérdidas totales

	Longitud	Corriente transitoria	Pérdidas
1er tramo	L1	$I_1+I_2+I_3$	$P_1 = 3R_1 L_1 (I_1+I_2+I_3)^2 / 1000$
2do tramo	L2-L1	$I_2+I_3$	$P_2 = 3R_1 (L_2-L_1) (I_2+I_3)^2 / 1000$
3er tramo	L3-L2	$I_3$	$P_3 = 3R_1 (L_3-L_2) (I_3)^2 / 1000$

Figura 2.26. Ejemplo de cálculo de pérdida tramo a tramo en electrobarra  
Fuente: Manual técnico de electrobarras Legrand 2018-2019

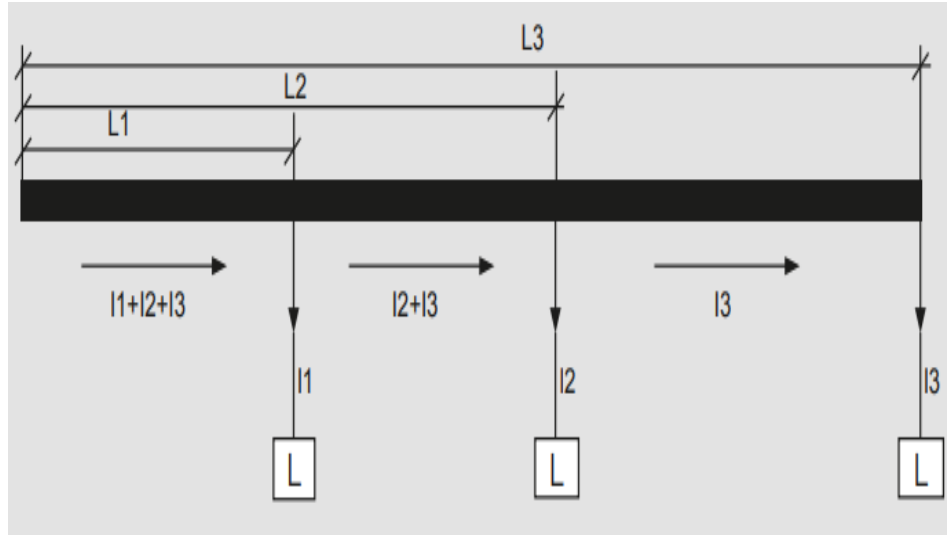


Figura 2.27. Ejemplo de cálculo de pérdida tramo a tramo en electrobarra  
Fuente: Manual técnico de electrobarra legrand 2018-2019

#### 2.6.4.5 Selección del calibre en presencia de armónicos.

Cuando existe presencia de armónicos y cuando use el rango de corriente  $I_{nt}$ , la electrobarra HP a usar tendrá que especificarse usando la siguiente tabla.

Rango de corriente	630 A	800 A	1000 A	1250 A	1600 A	2000 A	2500 A	3200 A	4000 A	5000 A
ducto HP a usar:										
THD ≤ 15%	630 A	800 A	1000 A	1250 A	1600 A	2000 A	2500 A	3200 A	4000 A	5000 A
15% < THD ≤ 33%	800 A	1000 A	1250 A	1600 A	2000 A	2500 A	3200 A	4000 A	5000 A	-
THD > 33%	1000 A	1250 A	1600 A	2000 A	2500 A	3200 A	4000 A	5000 A	-	-

Figura 2.28. Corrección de presencia de armónicos en las electrobarras  
Fuente: Manual técnico de electrobarra Legrand 2018-2019

### **CAPÍTULO 3. DISEÑO DE SISTEMA**

En el siguiente apartado se dará a conocer un estudio técnico-económico de la instalación fotovoltaica y la distribución energética a través de electrobarra a las necesidades descritas por el cliente, cabe mencionar que estos resultados serán de guía para proyectos donde la topología de las edificaciones cambie, por ese motivo en el transcurso del desarrollo de este, se mencionaran pasos que aplicarán en otras estructuras buscando de esa manera de facilitar y atender la viabilidad de instalación de sistemas autosustentables que requieran a diferentes niveles de cualquier edificación, de este modo los futuros interesados puedan migrar a esta solución ya sea que se encuentre en cualquier piso de cualquier sector como el turístico, residencial, comercial, etc.

Adicionalmente el estudio que se dará a continuación es una proyección, ya que, la instalación es nueva, pero en algunos casos de futuros proyectos el sistema eléctrico ya se encontrará instalado, lo que requiere un análisis un poco más estricto debido a que toca analizar y comparar consumos energéticos para la implementación de un óptimo resultado en el ahorro significativo de energía proveniente del sol.

Cabe mencionar que los resultados de cada análisis deben estar de la mano de un diseño previo y un presupuesto para realizar de manera adecuada el estudio de factibilidad desde el punto de vista del costo beneficio de los clientes, cada investigación debe tener como resultados aspectos importantes como lo es el desarrollo de la buenas prácticas técnicas aplicando ingeniería en cada situación que se le presente, todo esto para obtener resultados más acertados en el cuidado de los sistemas existentes y de la contribución ambiental que se genera al utilizar sistemas fotovoltaicos.

### 3.1. Guía de pasos a seguir en la instalación de paneles solares distribuida por electrobarras

Tabla 4 Guía para facilitar la implementación de instalación fotovoltaica distribuida por electrobarras

<i>Guía para facilitar la implementación de instalación fotovoltaica distribuida por electrobarras</i>	
<i>Instalación ya realizada</i>	<i>Instalación Nueva</i>
Definir si el sistema es aislado o conectado a la red	Definir si el sistema es aislado o conectado a la red
Análisis de consumo teórico del edificio por un año	Na
Análisis de consumo real por mes del edificio recomendación 1 año	Na
Análisis de consumo del mes que más se consumió energía	Na
Análisis de consumo teórico del mes más consumido	Na
Análisis de consumo real de ese mes más consumido	Na
Hallar diferencias entre lo real y teórico del mes observado	Na
Cuadro de carga	Cuadro de carga
Análisis de balance de carga	Análisis de balance de carga
Análisis ambientales	Análisis ambientales
Área de instalación de paneles	Área de instalación de paneles
Selección de paneles	Selección de paneles
Selección de inversores	Selección de inversores
Cálculo de número de paneles de acuerdo a cuadro de carga	Cálculo de número de paneles de acuerdo a cuadro de carga
Cálculo de arreglos de paneles	Cálculo de arreglos de paneles
Determinación de números inversores	Determinación de números inversores
Cálculos de inclinación de sombra y distancia entre paneles	Cálculos de inclinación de sombra y distancia entre paneles
Diseño de distribución de electrobarra	Diseño de distribución de electrobarra
Unifilar de sistema implementando la electrobarra	Unifilar de sistema implementando la electrobarra
Dimensionamiento de la electrobarra	Dimensionamiento de la electrobarra
Factores de corrección de electrobarra	Factores de corrección de electrobarra
Análisis de pérdidas energéticas y caídas de tensión	Análisis de pérdidas energéticas y caídas de tensión
Selección de electrobarra	Selección de electrobarra
Realizar pedido de electrobarras de acuerdo la distribución	Realizar pedido de electrobarras de acuerdo la distribución
Instalación de sistema a las cargas	Instalación de sistema a las cargas
Análisis de costos o estudio económico	Análisis de costos o estudio económico
Amortización de todo el sistema implementado	Amortización de todo el sistema implementado

# CLUB CARTAGENA Y CLAUSTO SF.

FECHA DE REVISION  
7/11/2021

RED NORMAL

## TABLERO GENERAL DISTRIBUCIÓN

## ELÉCTRICA

DESCRIPCIÓN	CIRCUITO			SALIDAS						POTENCIA CIRCUITO		CORRIENTE NOMINAL	CORRIENTE DE DISERVO	CABLEADO THN-ANV	PROTECCIÓN	
	R	S	T	MONOFASICA		MONOFASICA 208 V		TRIFASICA		SALIDAS	TOTAL					
				CANT.	POTENCIA (VA)	CANT.	POTENCIA (VA)	CANT.	POTENCIA (VA)							
ILUMINACIÓN ZONA 1	1			1	463					483 VA	483 VA	3.86 A	4.82 A	No.12	1 X 20 A	
ILUMINACIÓN ZONA 2		2		1	586					586 VA	586 VA	4.88 A	6.10 A	No.12	1 X 20 A	
ILUMINACIÓN ZONA 3			3	1	311					511 VA	511 VA	4.26 A	5.32 A	No.12	1 X 20 A	
ILUMINACIÓN ZONA 4	4			1	347					347 VA	347 VA	2.89 A	3.61 A	No.12	1 X 20 A	
ILUMINACIÓN ZONA 5		5		1	653					653 VA	653 VA	5.44 A	6.80 A	No.12	1 X 20 A	
ILUMINACIÓN ZONA 6			6	1	332					332 VA	332 VA	2.77 A	3.48 A	No.12	1 X 20 A	
ILUMINACIÓN ZONA 7	7			1	545					545 VA	545 VA	4.54 A	5.68 A	No.12	1 X 20 A	
ILUMINACIÓN ZONA 8		8		1	432					452 VA	452 VA	3.77 A	4.71 A	No.12	1 X 20 A	
ILUMINACIÓN ZONA 9			9	1	775					775 VA	775 VA	6.46 A	8.07 A	No.12	1 X 20 A	
TOMAS PANTALLAS TV	10			3	300					900 VA	900 VA	7.50 A	9.38 A	No.12	1 X 20 A	
TOMACORRIENTES SALA CAFE		11		4	180					720 VA	720 VA	6.00 A	7.50 A	No.12	1 X 20 A	
TOMACORRIENTES SALA LONGE			12	4	180					720 VA	720 VA	6.00 A	7.50 A	No.12	1 X 20 A	
TOMACORRIENTES SALA LOUNGE	13			3	180					540 VA	540 VA	4.50 A	5.63 A	No.12	1 X 20 A	
TOMACORRIENTES SALA LOUNGE		14		3	180					540 VA	540 VA	4.50 A	5.63 A	No.12	1 X 20 A	
TOMACORRIENTES ZONA DE OCIO 2			15	4	180					720 VA	720 VA	6.00 A	7.50 A	No.12	1 X 20 A	
TOMACORRIENTES ZONA DE OCIO 2	16			4	180					720 VA	720 VA	6.00 A	7.50 A	No.12	1 X 20 A	
TOMACORRIENTES ZONA DE OCIO 2		17		4	180					720 VA	720 VA	6.00 A	7.50 A	No.12	1 X 20 A	
TOMACORRIENTES ZONA DE OCIO 2			18	4	180					720 VA	720 VA	6.00 A	7.50 A	No.12	1 X 20 A	
TOMACORRIENTES ZONA DE OCIO 2	19			4	180					720 VA	720 VA	6.00 A	7.50 A	No.12	1 X 20 A	
TOMACORRIENTES ZONA DE OCIO 2		20		4	180					720 VA	720 VA	6.00 A	7.50 A	No.12	1 X 20 A	
TOMACORRIENTES COMEDOR 2			21	4	180					720 VA	720 VA	6.00 A	7.50 A	No.12	1 X 20 A	
TOMACORRIENTES COMEDOR 2	22			4	180					720 VA	720 VA	6.00 A	7.50 A	No.12	1 X 20 A	
TOMACORRIENTES COMEDOR 2		23		3	180					540 W	540 W	4.50 A	5.63 A	No.12	1 X 20 A	
TOMACORRIENTES SALA VIP			24	6	180					1,080 W	1,080 W	9.00 A	11.25 A	No.12	1 X 20 A	
TOMACORRIENTES ZONA DE OCIO 1	25			5	180					900 W	900 W	7.50 A	9.38 A	No.12	1 X 20 A	
VENDING MACHINE 1y2		26	27			2	1,000			2,000 W	2,000 W	9.82 A	12.02 A	No.12	2 X 20 A	
VENDING MACHINE 3y4	28	29				2	1,000			2,000 W	2,000 W	9.82 A	12.02 A	No.12	2 X 20 A	
HORNO 1 Y 2	31		30			2	1,800			3,600 W	3,600 W	17.31 A	21.63 A	No.10	2 X 30 A	
HORNO 3 Y 4		32	33			2	1,800			3,600 W	3,600 W	17.31 A	21.63 A	No.10	2 X 30 A	
HORNO 5 Y 6	34	35				2	1,800			3,600 W	3,600 W	17.31 A	21.63 A	No.10	2 X 30 A	
HORNO 7 Y 8	37		36			2	1,800			3,600 W	3,600 W	17.31 A	21.63 A	No.10	2 X 30 A	
HORNO 9 Y 10		38	38			2	1,800			3,600 W	3,600 W	17.31 A	21.63 A	No.10	2 X 30 A	
HORNO 11 Y 12	40	41				2	1,800			3,600 W	3,600 W	17.31 A	21.63 A	No.10	2 X 30 A	
HORNO 13 Y 14	43		42			2	1,800			3,600 W	3,600 W	17.31 A	21.63 A	No.10	2 X 30 A	
HORNO 15 Y 16		44	45			2	1,800			3,600 W	3,600 W	17.31 A	21.63 A	No.10	2 X 30 A	
HORNO 17 Y 18	46	47				2	1,800			3,600 W	3,600 W	17.31 A	21.63 A	No.10	2 X 30 A	
HORNO 19 Y 20	49		48			2	1,800			3,600 W	3,600 W	17.31 A	21.63 A	No.10	2 X 30 A	
NEVERA		50		1	1000					1,000 W	1,000 W	8.33 A	10.42 A	No.12	1 X 20 A	
TRITURADOR	51			1	1000					1,000 W	1,000 W	8.33 A	10.42 A	No.12	1 X 20 A	
MAQUINAS DE CAFE		52	53			2	800			1,600 W	1,600 W	7.89 A	9.82 A	No.12	2 X 20 A	
MAQUINAS DE CAFE	54	55				2	800			1,600 W	1,600 W	7.89 A	9.82 A	No.12	2 X 20 A	
AUDITORIO	56	57	58					1	4,000	4,000 W	4,000 W	11.10 A	13.88 A	No.8	3 X 30 A	
MANEJADORA	59	60	61					1	12,000	12,000 W	12,000 W	33.31 A	41.64 A	No.8	3 X 50 A	
CONDENSADORA	62	63	64					1	30,000	30,000 W	30,000 W	83.27 A	104.09 A	No.2	3 X 125 A	
CAJAS DE VOLVUMEN VARIABLE	65			1	500					500 W	500 W	4.17 A	5.21 A	No.12	1 X 20 A	
ILUMINACIÓN EMERGENCIA		66		1	85					85 W	85 W	0.71 A	0.89 A	No.12	1 X 20 A	
RESERVA										0 W	0 W	0.00 A	0.00 A			
RESERVA										0 W	0 W	0.00 A	0.00 A		0	
RESERVA										0 W	0 W	0.00 A	0.00 A			
RESERVA										0 W	0 W	0.00 A	0.00 A			
RESERVA										0 W	0 W	0.00 A	0.00 A			
TOTAL DE ELEMENTOS					76 MONOF.	28 BIF.		3 TRIF.								TABLERO DE 70 CIRCUITOS

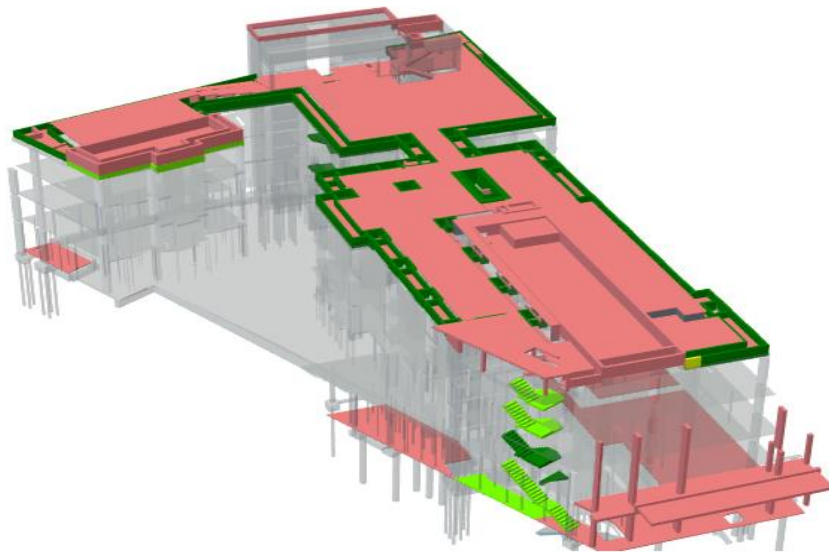
Figura 3.1. Cuadro de carga del Club Cartagena y Claustro San Francisco  
Fuente: AM ELECTRICISTAS S.A.

<b>CLUB CARTAGENA Y CLAUTRO SF.</b>		FECHA DE REVISIÓN		RED NORMAL	
		7/11/2021			
<b>TABLERO GENERAL DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA</b>					
CARGA TOMAS DEMANDADA SIN AIRE ACONDICIONADO					66 KVA
<b>CALCULO DE DIVERSIFICACIÓN DE CARGA</b>					
FACTORES DE DEMANDA PARA CARGAS DE TOMACORRIENTES EN EDIFICACIONES NO RESIDENCIALES TABLA 220-13 Y 220-14 ICONTEC					
TIPO DE OCUPACION	PARTE DE LA CARGA DEL TOMACORRIENTE A LA QUE SE APLICA EL FACTOR DE DEMANDA (VA)			FACTOR DE DEMANDA %	
PARTE DE LA CARGA DEL TOMA CORRIENTE A LA QUE SE APLICA EL FACTOR DE DEMANDA (VA)	PRIMEROS 10.000 VA O MENOS	10000	100%	10,000 VA	FACTOR DE DEMANDA %
	A PARTIR DE 10.000 VA	56148	50%	28,075 VA	FACTOR DE DEMANDA %
TOTAL DE CARGA DE TOMAS DIVERSIFICADO				38,074,50VA	
CARGA TOMAS DIVERSIFICADA					68 KVA
CARGA AIRE ACONDICIONADO					42 KVA
<b>BALANCE DE FASES</b>					
R	S	T	PORCENTAJE DE REPARTO DE LA CARGA EN CADA FASE		
173 Amperios	162 Amperios	158 Amperios	35.00% FASE R	32.83% FASE S	32.00% FASE T
<b>CALCULO DE PROTECCIONES</b>					
TOTAL POTENCIA ACTIVA DEMANDADA			108 KVA		
TOTAL POTENCIA DIVERSIFICADA			110 KVA		
CORRIENTE NOMINAL			306 Amperios		
CORRIENTE DE DISEÑO			382 Amperios		
PROTECCION GENERAL ACTUAL			3X350 A. TIPO INDUSTRIAL		
<b>CALCULO DE ACOMETIDA</b>					
DISTANCIA DE LA PARCIAL DESDE ELECTROBARRA HASTA TABLERO			2.00 m		
CABLE THWN-AWG 600V 90°C			Cable No. 250 APLICANDO REGULACIÓN POR CORRIENTE Y DISTANCIA		
CONSTANTE DE REGULACIÓN			0.27000E-04		
REGULACIÓN POR DISTANCIA MENOR AL 3%			0.51%		
TUBERÍA PARA ACOMETIDAS DE ACUERDO AL APENDICE C NTC 2050			NO APLICA		
<b>ACOMETIDA GENERAL EN 3XNo. 250F+1X250N+1XNo. 2T THW-AWG 600V 75 °C EN BANDEJA</b>					
<b>NOTA DEL PROYECTO.:</b>	1 EL PISO 1 CUENTA CON UNA PROTECCIÓN DE 350A A LA DERIVACIÓN DE ELECTROBARRA POR TAL RAZÓN SE DIMENSIONA LA PROTECCIÓN GENERAL CON UN BREAKER DE 350A EL CUAL SE DEBE AJUSTAR A 0.9 DE LA CORRIENTE NOMINAL 315A				
	2 LA ACOMETIDA GENERAL SE DIMENSIONA ACORDE CON LA PROTECCIÓN PRINCIPAL				
	3 EL AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES DEBE SER LIBRE DE HALÓGENOS 75 GRADOS 600 V				

Figura 3.2. Cuadro de carga del Club Cartagena y Claustro San Francisco  
Fuente: Am electricistas.

### 3.2. Área de instalación de los paneles

El espacio donde se dispondrá todo el sistema fotovoltaico es la terraza del hotel el cual en la imagen 1 lo llamamos Am1, este espacio cuenta con 64 m de largo por 24 de ancho el cual nos dará un área total de  $1536 m^2$  la cual cuenta con un buitrón donde se alojará el TGA del sistema energético siguiendo los lineamientos de los criterios técnicos como se puede apreciar en el anexo número 8 y a su vez un pasa losa para la instalación vertical de la electrobarra estos detalles se pueden ver evidenciado en la figura 3.3. y 3.4 respectivamente.



*Figura 3.3. Cubierta donde se instalará el sistema fotovoltaico  
Fuente: Proyectos San Francisco Cartagena*



*Figura 3.4. Lugar del TGA cubierta  
Fuente: Proyectos San Francisco Cartagena*

### 3.3. Análisis ambiental

Los datos climáticos promedio durante todo el año que presenta la ciudad se evidencia en el estudio climático que hace La Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA) las cuales se enfocan en el monitoreo de las condiciones oceánicas y atmosférica.

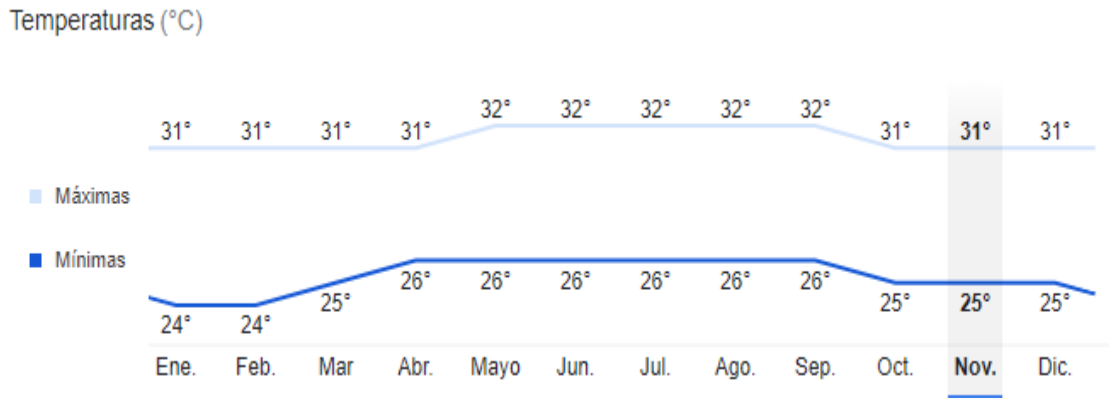


Figura 3.5. Temperatura promedio en el año en Cartagena  
Fuente: NOAA

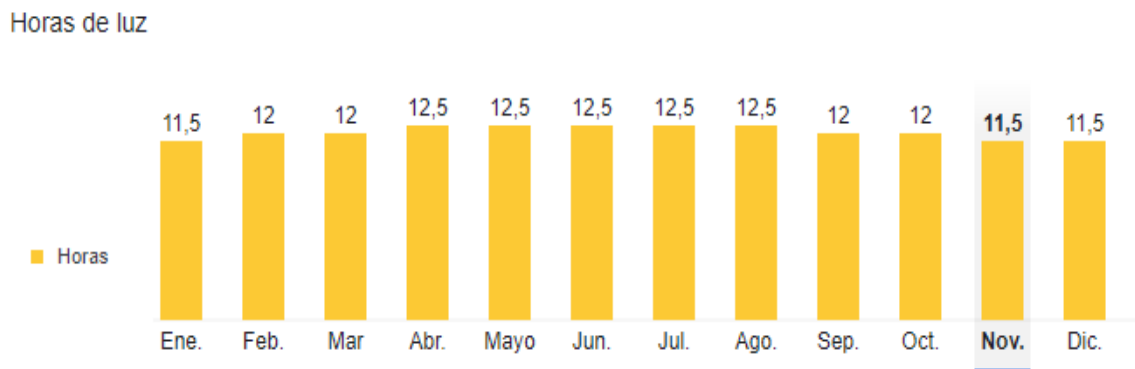


Figura 3.6. Promedio de hora luz en el año en Cartagena  
Fuente: NOAA

Los paneles solares están diseñados para trabajar en un rango de temperatura para eso es necesario la información mostrada anteriormente, ya que, en el mercado existe una serie de variedades en cuanto a las características ambientales de funcionamiento, dicho esto procedemos a escoger nuestro panel solar que trabaje dentro de los rangos



promedio de temperatura mínima y máximas dadas en el grafica 3.5 que son 26 °C y 32 °C respectivamente.

### 3.4. Ubicación geográfica de Cartagena

Cartagena se encuentra ubicada en el centro del litoral Caribe colombiano, en Latitud 10° 23' Norte, Longitud 75° 32' Oeste... Se encuentra a 10° 25' 30" latitud norte y 075° 32' 25" de longitud Oeste respecto al Meridiano de Greenwich.

 10°25'25"N 75°31'31"O



Figura 3.7. Localización de Cartagena  
Fuente: NOAA

### 3.5. Radiación solar en Cartagena

La radiación solar es la energía que proviene del sol que viaja y se propaga en todas las direcciones, ya que, es aprovechada para obtención de energía a través de sistemas fotovoltaico, para el caso de Cartagena se muestra una de rango 5.0-5.5 Kwh/m<sup>2</sup> como se muestra en la figura 3.8.

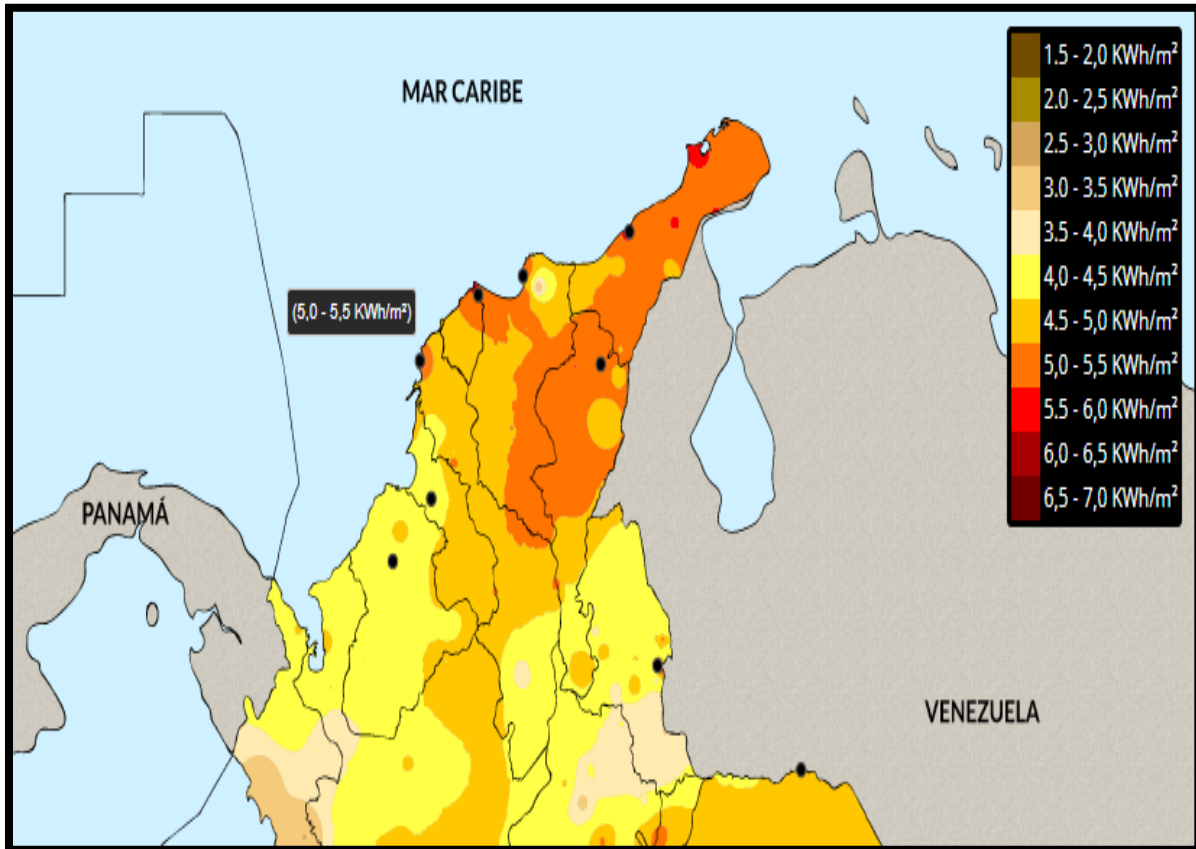
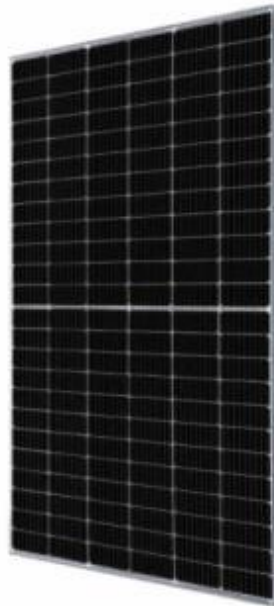


Figura 3.8. Radiación solar  
Fuente: IDEAM

De acuerdo al análisis ambiental investigado en Cartagena es un lugar que cumple con las características esenciales para el óptimo funcionamiento de un sistema fotovoltaico brindando a su vez 12 horas de energía solar en promedio, partiendo de esto consultamos los diferentes proveedores de paneles y escogimos el que se ajuste a los diferentes cambios climáticos ya presentados.

### 3.6. Selección del panel solar

En la selección del panel escogido se tuvo en cuenta el rendimiento, la potencia máxima, el análisis ambiental y su tamaño, este último porque tenemos un espacio en la cubierta limitado para la instalación de los módulos, por lo tanto, el panel solar escogido es de referencia JAM54S30-415 MR y sus características se definen a continuación y para mayor información mirar anexo número 13.



*Figura 3.9. Panel solar  
Fuente: Autosolar S.L.U*

### 3.7. Selección de Inversor

De acuerdo a las necesidades de la instalación es necesario escoger un inversor acorde a la potencia que se está utilizando teniendo en cuenta las proyecciones futuras, por esta razón se seleccionó el Huawei -sun2000-100kti-m1, ya que, cumple con múltiples funciones como se detalla en el anexo número 12.



Figura 3.10. inversor para el sistema fotovoltaico  
Fuente: Huawei -sun2000-100ktl-m1

### 3.8. Cálculo y arreglos de paneles solares

Teniendo en cuenta el área de instalación de los módulos fotovoltaicos y la demanda en el servicio que tiene el sistema se puede estimar un consumo por hora lo cual vamos apreciar uno de ocho (8) horas para el ejercicio de este estudio debido a que, como la obra está en ejecución no podemos cuantificar con exactitud el uso que le darán a la carga.

Tabla 5 Cálculos de potencia por día, mes y año

<b>Potencia</b>	<b>Fp</b>	<b>Resultado</b>
110 kva	0,95	104,5 Kw
<b>Potencia</b>	<b>Nº de horas</b>	<b>Resultado</b>
104,5 kw	8 horas	836 Kw.h
<b>Potencia</b>	<b>Nº de días facturados</b>	<b>Resultado</b>
836 Kw.h	30 días	25.080 Kw.h/mes
<b>Potencia</b>	<b>Nº de meses</b>	<b>Resultado</b>
25.080 kw.h/mes	12 meses	300.960 Kw.h/año

Partiendo de que tenemos un área de  $1536 \text{ m}^2$  y las dimensiones de los paneles son  $1722 \times 1134 \times 30\text{mm}$  calculamos el número de paneles para este sistema utilizando la ecuación número (7) para lo que tendremos un numero de paneles de:

$$Mfv = \frac{836}{31.61 \cdot 13,13 \cdot 5,5} = 366,23 \approx 366 \text{ Módulos}$$

De acuerdo a los datos obtenidos se procede a realizar los arreglos pertinentes para la distribución óptima de los módulos en serie y paralelo para ello utiliza la ecuación (9) y (10) respectivamente.

$$Nfs = \frac{570v}{31,61v} = 18,03 \simeq 18$$

De la ecuación anterior se obtiene que el número de paneles en serie son 18.

$$Ncp = \frac{138,9}{13,13} = 10,443 \simeq 10$$

De la ecuación anterior se obtiene que el número de paneles en paralelo son 10 y se procede a calcular el arreglo del módulo.

$$18 \text{ módulos serie} \times 10 \text{ módulos paralelo} = 180 \text{ paneles}$$

Partiendo de esta información obtendremos que si multiplicamos el número de módulos por el voltaje que genera cada uno se obtiene un valor y este es comparado para saber si está en el rango de funcionamiento del inversor.

$$18 \text{ módulos} \times 31,61V = 569,92 V$$

El resultado del producto anterior es de 569,32 voltios los cuales están en el rango de salida del inversor, por lo tanto, cumple con los criterios de voltaje de igual forma se realiza el mismo análisis para la corriente.

$$10 \text{ módulos} \times 13,13A = 133 A$$

Del resultado anterior se obtuvo que es favorable, es decir, que el dato de los 133 amperios está en el rango de salida del inversor lo que nos garantiza el funcionamiento óptimo del inversor trabajando bajo carga, posteriormente se procede por medio de un cálculo determinar el número de inversores como se evidencia utilizando la ecuación número (11).

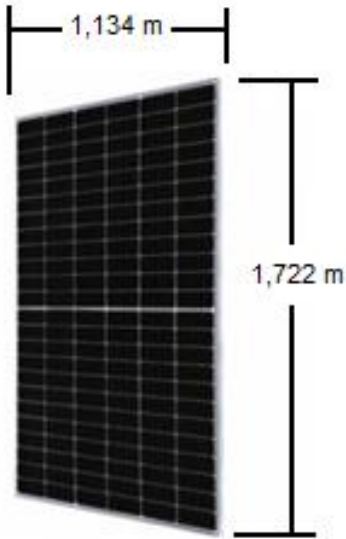
### 3.9. Cálculo y arreglos de inversores

$$No\ inversores = \frac{366}{180} = 2,03$$

Según el cálculo anterior son 2 los inversores que se necesitan para el sistema fotovoltaico y en base a esto se verifica si está en el rango de potencia de trabajo de la carga, se procede de la siguiente forma para corroborar esta información.

$$2\ Inversores \times 100Kw = 200Kw$$

Como se evidencia la potencia es mayor que la carga calculada de 104,5 kw debido a que los dos inversores son suficiente para la carga del sistema partiendo de que ellos tienen una máxima eficiencia de 98% como se describe en el anexo 11 en sus características. El área que se dispone es de 1536 m<sup>2</sup> de terraza, es necesario realizar un arreglo del espacio de ubicación del sistema teniendo en cuenta las dimensiones de los paneles, se calcula el espacio que van a ocupar en la cubierta y se formula de la siguiente forma.



$$1,134m \times 18 = 20,412 m$$

$$1,722m \times 10 = 17,22 m$$

$$20,412m \times 17,22m = 351,494m^2$$

$$2 \text{ arreglos} \times 351,494m^2 = 702,98m^2$$

Cómo se evidencia en el resultado los paneles ocuparan un tamaño aproximado de  $702,98 m^2$  en comparación con el espacio que se tiene actualmente y queda libre un área de  $833,02 m^2$  para la instalación de futuros módulos, adicionalmente cabe mencionar que al resultado ocupado por los paneles se le debe adicionar el espacio de separación que tendrán entre cada módulo lo que quiere decir que el espacio libre es más reducido y para ello se calcula la distancia mínima entre paneles con sus respectiva inclinación como se muestra a continuación.

**3.10. Cálculo y distanciamiento e inclinación de paneles**

Tipo de instalación	Uso	Máxima captación de energía	Inclinación óptima
Conectadas a la red	Anual	Anual	$\beta_{opt} = \phi - 10$
Bombeo de agua	Anual	Verano	$\beta_{opt} = \phi - 20$
Autónomas de consumo anual constante	Anual	Periodo de menor radiación (por ejemplo, invierno)	$\beta_{opt} = \phi + 10$

Figura 3.11. Inclinación óptima en función del periodo de máxima captación  
 Fuente: Agustín, C. & German, S. (2010)

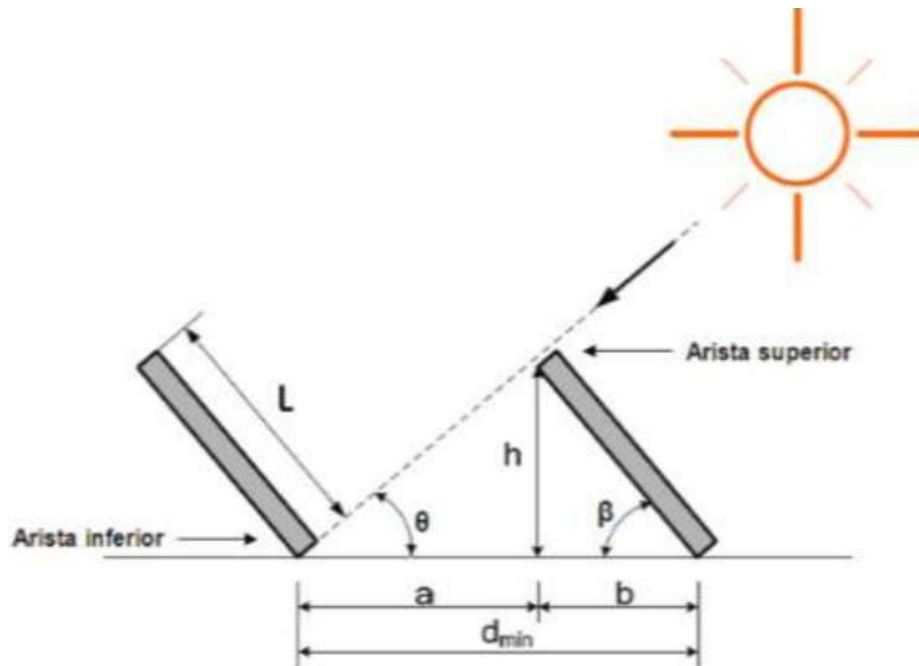


Figura 3.12. Distancia mínima entre aristas de paneles  
Fuente: Rodolfo Hernández g. (2017)

La inclinación óptima en Cartagena por sus características climáticas anteriormente descritas y de acuerdo a la figura 3.11 y utilizando la ecuación número (5) se calcula dando el siguiente resultado.

$$\text{Inclinación} = 10^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C} = 20^{\circ}\text{C}$$

Del resultado anterior, el ángulo óptimo para que el panel pueda aprovechar su máximo rendimiento en las condiciones climáticas expuestas y para garantizar que la sombra de un panel afecte al otro se procede a calcular la distancia mínima entre ellos como se indica a continuación.

$$L = 1,722\text{m} \times 2 = 3,444\text{m}$$

Utilizando la ecuación (13) se calcula la altura solar medio día.

$$h = \text{Sen}\beta \times L = \text{Sen } 20^{\circ}\text{C} \times 3,444\text{m} = 1,177\text{m}$$

la distancia inferior del panel respecto a la horizontal se calcula.



$$b = \text{Cos}\beta \times L = \text{Cos } 20^\circ \times 3,444\text{m} = 3,2363\text{m}$$

Se procede calcular la distancia a con la ecuación número (15).

$$a = \frac{1,177\text{m}}{\tan 70} = 0,428$$

Aplicando la ecuación (16) de la distancia mínima es la suma entre la distancia  $a + b$  por lo tanto tenemos que:

$$d_{min} = a + b = 0,428\text{m} + 3,2363\text{m} = 3,6643\text{m}$$

La distancia mínima entre arista inferior que garantiza el óptimo rendimiento sin presentar sombras entre paneles es de 3,6643 m o mayor.

Para la distribución de la energía generada por el sistema fotovoltaico normalmente utiliza cableado ya sea por ductos o bandejas, pero esta práctica generaría costos de instalación, por ese motivo se procede a realizar esta distribución por electrobarra ya que la instalación es más rápida y posee muchas ventajas como se nombre anteriormente adicionalmente a esto en el caso de que una edificación cuente con muchos pisos la caída de tensión sería más grande por lo que se sobredimensionaría los conductores para poder cumplir con los parámetros de regulación y normas técnicas y adicional a esto el espacio ocupado por los conductores sería mucho mayor a la opción propuesta la cual se procede a su elección.

### 3.11. Cálculo y Selección de la electrobarra

Para seleccionar la electrobarra adecuada para el sistema es necesario tener presente la corriente nominal que en este caso es de 306 A ya con esta información y según lo que plantea las necesidades del cliente se realizan unas correcciones pertinentes. El cliente requiere a futuro instalar más paneles para la carga de otros pisos y nos pide el 50 % de reserva para una proyección futura

$$306A \times 50\% = 153 A$$

$$306A + 153A = 459A$$

Si la electrobarra fuera a trabajar con la corriente nominal se debería corregir la electrobarra por temperatura y caída de tensión en este caso se está sobre dimensionando la electrobarra a un 50% nos garantiza el funcionamiento óptimo de la carga estudiada, por lo que una vez obtenida el nuevo dato nos dirigimos a los manuales de proveedores certificado y en la tabla escogemos la que se ajuste a nuestras necesidades para nuestro caso el proveedor será LEGRAND y en su catálogo se selecciona una de 500 A en aluminio, la información referente a esta electrobarra se refleja en el anexo número 15 y su especificaciones se muestran a continuación.

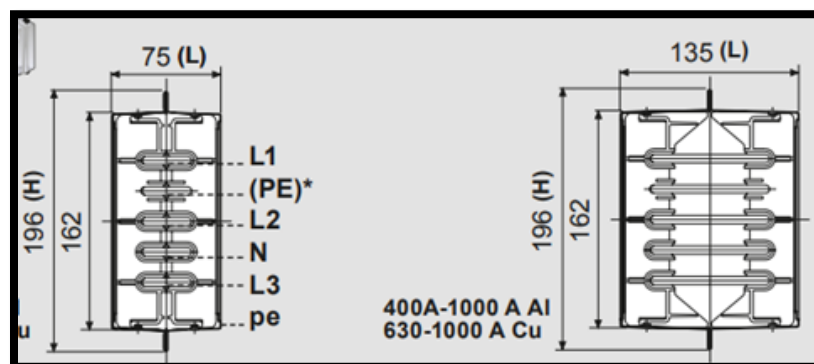


Figura 3.13. Especificación interna de la electrobarra  
Fuente: Manual técnico de electrobarras Legrand 2018-2019

Para cumplir con necesidades y proyecciones futuras se debe tener en cuenta que la electrobarra escogida debe tener las características de poder dar viabilidad un nuevo tramo o ramal de instalación en los diferentes niveles y para ello se instalara una caja de derivación con su respectiva protección siguiendo los mismos lineamientos técnicos de medida descentralizada, en ese orden de idea la opción que se ajusta a este caso aplica la de 3 ventanas como se muestra en las figura 3,15, 3,16, 3,17, 3,18, cabe mencionar que cada estructura piloto estudiada requerirá menos o más ventanas según sus necesidades.

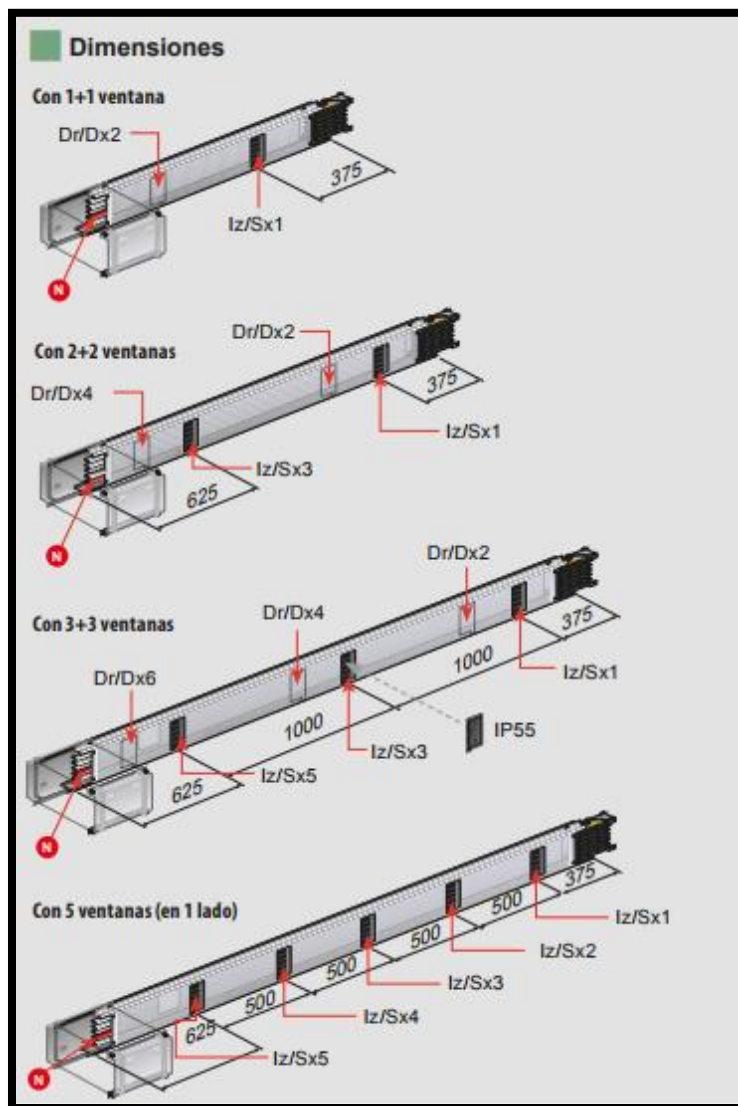


Figura 3.15. Dimensiones y ventanas de las electrobarra  
Fuente: Manual técnico de electrobarras Legrand 2018-2019

Empaque	Cat.Nos		Tramos rectos con ventanas		
	Al	Cu	In (A)	L (mm)	N° de ventanas
1	50400141	-	160	1000-1500	1+1
1	50400142	55400142	250		
1	50400143	55400143	315		
1	50400144	55400144	400		
1	50400148	-	500		
1	50400145	55400145	630		
1	50400146	55400146	800		
1	50400147	55400147	1000		
1	50400151	-	160		
1	50400152	55400152	250		
1	50400153	55400153	315		
1	50400154	55400154	400		
1	50400158	-	500		
1	50400155	55400155	630		
1	50400156	55400156	800		
1	50400157	55400157	1000		
1	50400101	-	160		
1	50400102	55400102	250		
1	50400103	55400103	315		
1	50400104	55400104	400		
1	50400108	-	500	3000	3+3
1	50400105	55400105	630		
1	50400106	55400106	800		

Figura 3.16. Especificación de corriente y ventana de la electrobarra  
Fuente: Manual técnico de electrobarras Legrand 2018-2019

Empaque	Cat. Nos.	Ventanas para tramos rectos MR	
		In (A)	
1	VMR0160AAL	160	
1	VMR0250AAL	250	
1	VMR0315AAL	315	
1	VMR0400AAL	400	
1	VMR0500AAL	500	
1	VMR0630AAL	630	
1	VMR0800AAL	800	

Figura 3.17. Especificación de ventana  
Fuente: Manual técnico de electrobarras Legrand 2018-2019

3+3 ventanas			
Al	Peso (kg)	Cu	Peso (kg)
5040 01 01	19.9	-	-
5040 01 02	20.9	5540 01 02	25.7
5040 01 03	22.8	5540 01 03	28.1
5040 01 04	33.8	5540 01 04	36.9
5040 01 08	37.5	-	-
5040 01 05	41.7	5540 01 05	56.0
5040 01 06	44.3	5540 01 06	72.1
5040 01 07	46.8	5540 01 07	83.7

Figura 3.18. Especificación de ventana  
Fuente: Manual técnico de electrobarras Legrand 2018-2019

A la hora de recrear los diseños se debe tener en cuenta la flexibilidad que se puede obtener con este tipo de sistema porque es una ventaja tener cruces y giros o cambio de trayectoria con el fin de alimentar las diferentes cargas, estos cambios son gracias a ángulos de diferentes configuraciones que se puede obtener con los proveedores como se puede evidenciar en la figura 3,19 las cuales son las que se usaran en nuestro sistema.

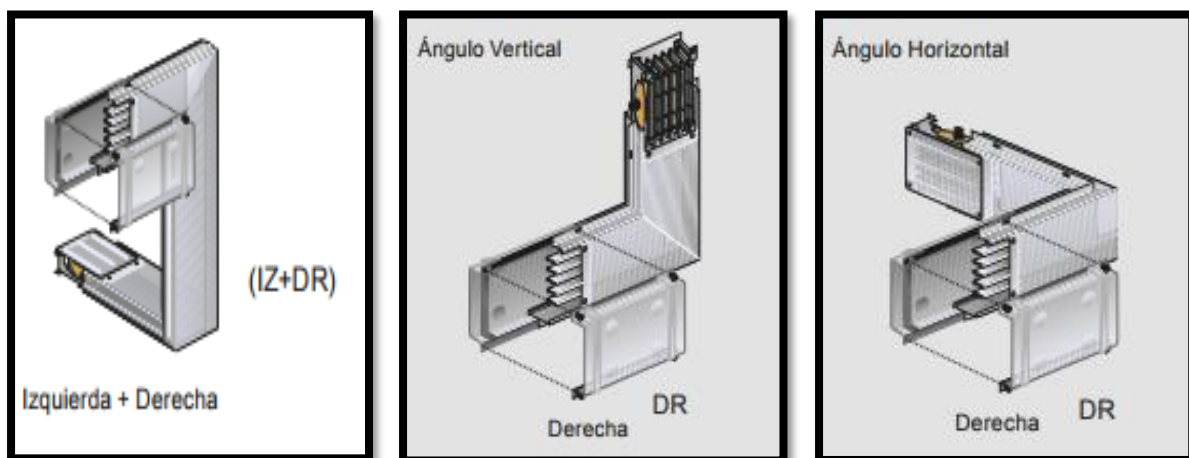


Figura 3.19. Especificación de ángulos de electrobarras  
Fuente: Manual técnico de electrobarras Legrand 2018-2019

Los soportes necesarios para darle seguridad a la instalación y que van de acuerdo a la configuración de las electrobarras ya sea de forma horizontal o vertical. Existen diversas formas y dimensiones de elementos de sujeción y la distancia apropiada de instalación entre soporte es de 2 metros, pero esta medida puede cambiar dependiendo del tamaño de la electrobarra como se puede evidenciar en las figuras a continuación.

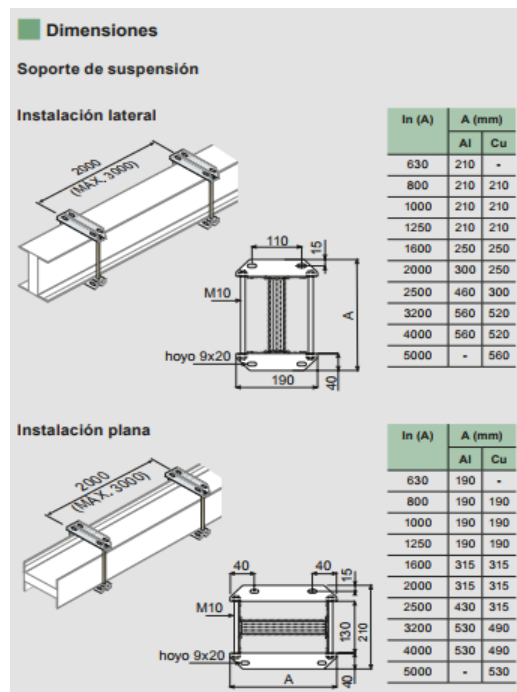


Figura 3.20. Especificación de soportes de electrobarras  
Fuente: Manual técnico de electrobarras Legrand 2018-2019

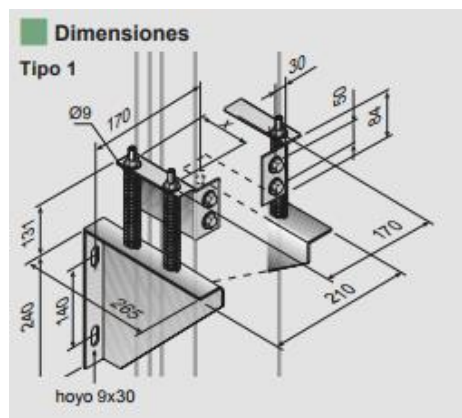


Figura 3.21. Especificación de soportes de electrobarras  
Fuente: Manual técnico de electrobarras Legrand 2018-2019

### 3.12 Instalación y disposición de las electrobarras

Antes de explicar la instalación de la electrobarra es necesario tener en cuenta que el método convencional por medio de cables implica tamaños demasiables considerables en los alimentares de los tableros como lo muestra la figura 3.22 respecto a la sección que posee este conductor; es por ello que se busca un ajuste donde implique una viabilidad técnica-económica donde la electrobarra a través de sus ventanas de derivación como método de solución para los futuros circuitos de los distintos niveles y de ese modo poder aprovechar sus ventajas a la hora de implementarlas.

Calibre	Construcción			Espesor de aislamiento		Diámetro exterior		Masa total		Capacidad de corriente
	N° hilos	Diámetro de cada hilo								
AWG or kcmil			mm	mils	mm	mils	in	mm	kg/km	lb/kft
6	7	1,554	61,2	1,14	45	6,89	0,271	62	41,8	60
4	7	1,961	77,2	1,14	45	8,09	0,318	90	60,6	75
2	7	2,474	97,4	1,14	45	9,56	0,376	132	88,6	100
1	19	1,687	66,4	1,40	55	11,09	0,437	168	113	115
1/0	19	1,892	74,5	1,40	55	12,11	0,477	205	137,4	135
2/0	19	2,126	83,7	1,40	55	13,2	0,52	250	167,9	150
3/0	19	2,388	94	1,40	55	14,49	0,571	306	205	175
4/0	19	2,68	105,5	1,40	55	15,92	0,627	377	253	205
250	37	2,088	82,2	1,65	65	17,61	0,693	449	302	230
300	37	2,286	90	1,65	65	18,95	0,746	529	355	255
350	37	2,471	97,3	1,65	65	20,22	0,796	607	408	280
400	37	2,642	104	1,65	65	21,36	0,841	688	462	305
500	37	2,951	116,2	1,65	65	23,47	0,924	840	565	350
600	61	2,52	99,2	2,03	80	26,2	1,03	836	592	385
750	61	2,817	110,9	2,03	80	29,56	1,16	1267	851	435
1000	61	3,251	128	2,03	80	33,43	1,32	1652	1110	500

Figura 3.22. Especificaciones técnicas del cableado serie 8000 libre de halógeno  
Fuente: Ficha técnica cable Centelsa



Figura 3.23. Cableado serie 8000 libre de halógeno  
Fuente: Ficha técnica cable Centelsa

De las diferentes normas y reglamentos se extrae la información necesaria para todo el procedimiento y requerimiento que implica el uso de las electrobarras, eso nos da garantía, seguridad y conocimiento para ejecutar la instalación correctamente, en la figura 3,24 se muestra información pertinente sobre su instalación.

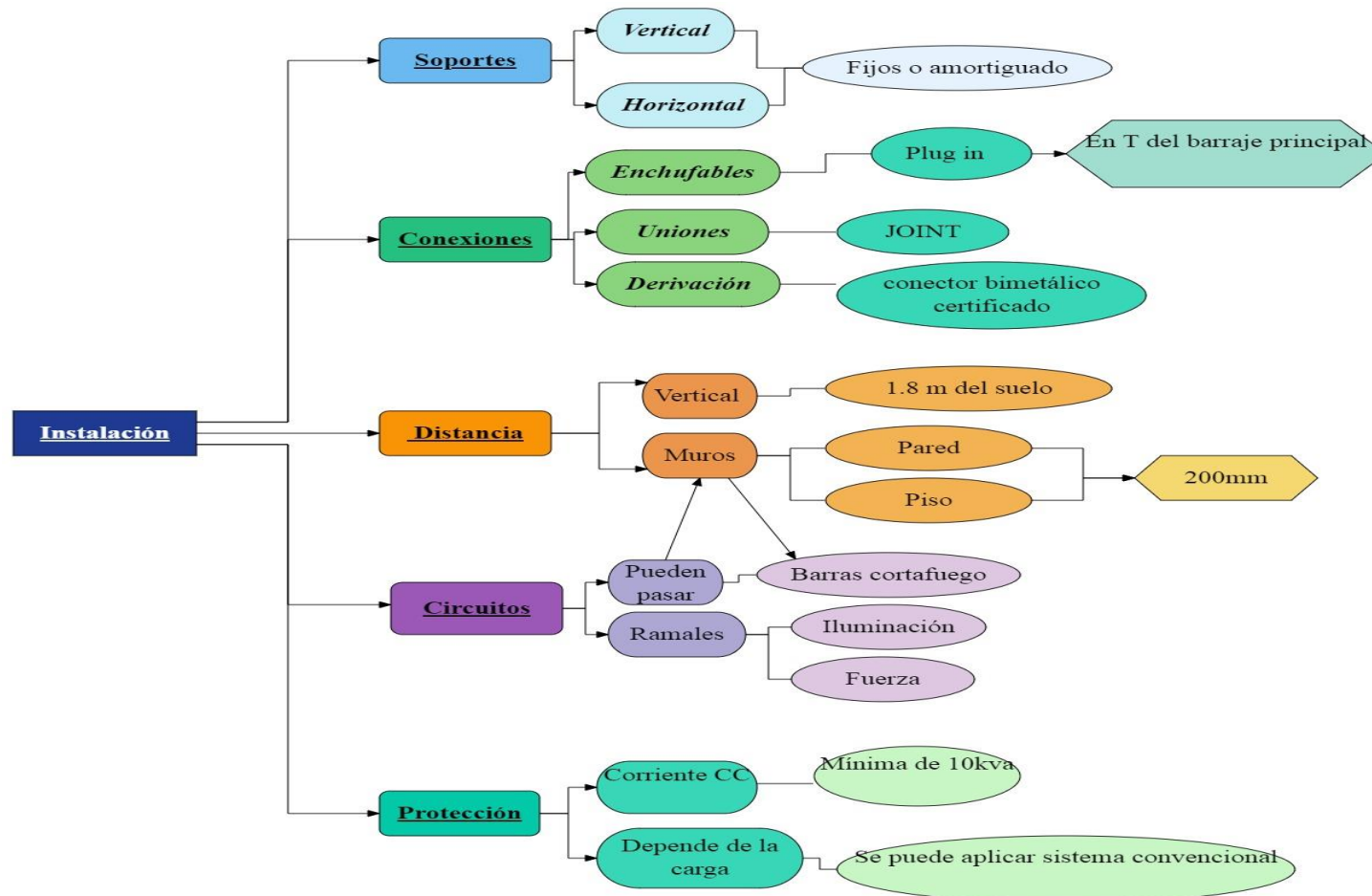


Figura 3.24. Requerimientos extraídos de las normas para la instalación de electrobarras  
Fuente: Autor



Adicionalmente a la instalación también debemos tener claro otros factores como lo es la configuración la cual estará sometida el sistema, esto con el fin de tener claridad en cuanto al ambiente y tipo de carga que estará sometida la electrobarra, en la figura 3,25 y 3,26 se muestra aspectos importantes a tener en cuenta de la configuración y ambiente del sistema respectivamente.

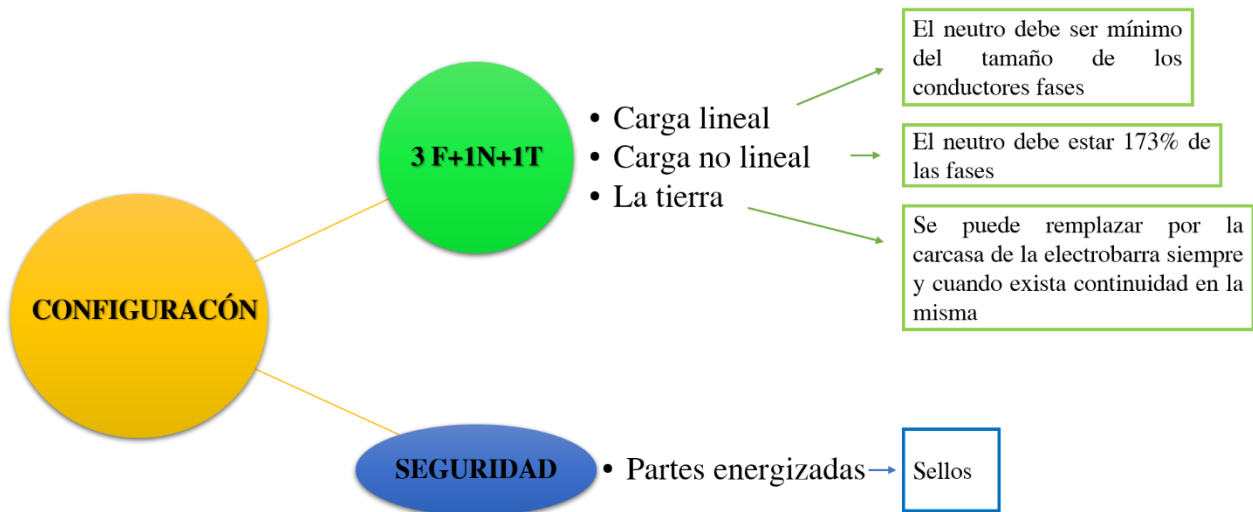


Figura 3.25. Requerimientos extraídos de las normas en la configuración de las electrobarras  
Fuente: Autor

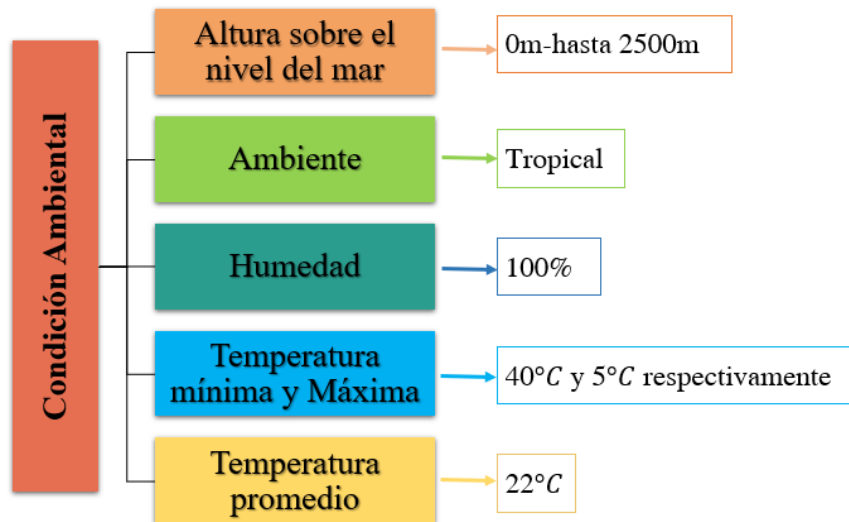


Figura 3.26. Requerimientos extraídos de las normas en la temperatura de trabajo de las electrobarras  
Fuente: Autor

Otro aspecto importante que se debe tener claro es la fabricación de las electrobarras y todo lo que implica para su adquisición, ya que, debe cumplir con los requerimientos estipulados por las normas mencionadas en la tabla 1 del presente libro y lo que se busca es tener toda la información pertinente de la electrobarra en aspectos físicos, constructivos, marcación, y pruebas mecánicas y eléctricas como se muestra en la figura 3,27.



Figura 3.27. Requerimientos extraídos de las normas de la fabricación de las electrobarras  
Fuente: Autor

### 3.13. Formalización y adquisición de las electrobarras

- Se debe tener un esquema de instalación y ruteado de la electrobarra donde se evidencie los gabinetes o elementos a intervenir en su trayectoria.
- Se debe verificar que no exista obstáculos de ductos, tubería o equipos que no intervengan en su trayectoria.
- Una vez contactado con el proveedor se debe adjuntar los diagramas y esquemas con sus respectivas medidas.
- El procedimiento de muchos de los proveedores exige acompañamiento en la instalación de este sistema por lo que una vez en contacto ellos se dirigen al proyecto y evidencian las condiciones técnicas apropiadas para la instalación de las electrobarra esto con el fin de realizar un replanteo en terreno en pocas palabras es un trabajo con acompañamiento con el proveedor.
- Una vez ya hecho la visita se envían los despieces para la instalación.
- El proveedor también posee servicio de instalación de los electrobarras.
- Algunos exigen que los gabinetes estén ya instalados.
- El proveedor deja comodines de electrobarra para futuros despieces o cambio.
- Se recibe una capacitación y seguimiento vía llamada o video llamada para ejecución del montaje de los despieces de la electrobarras.

### 3.14. Esquemas o bosquejo de trayectoria de la electrobarra

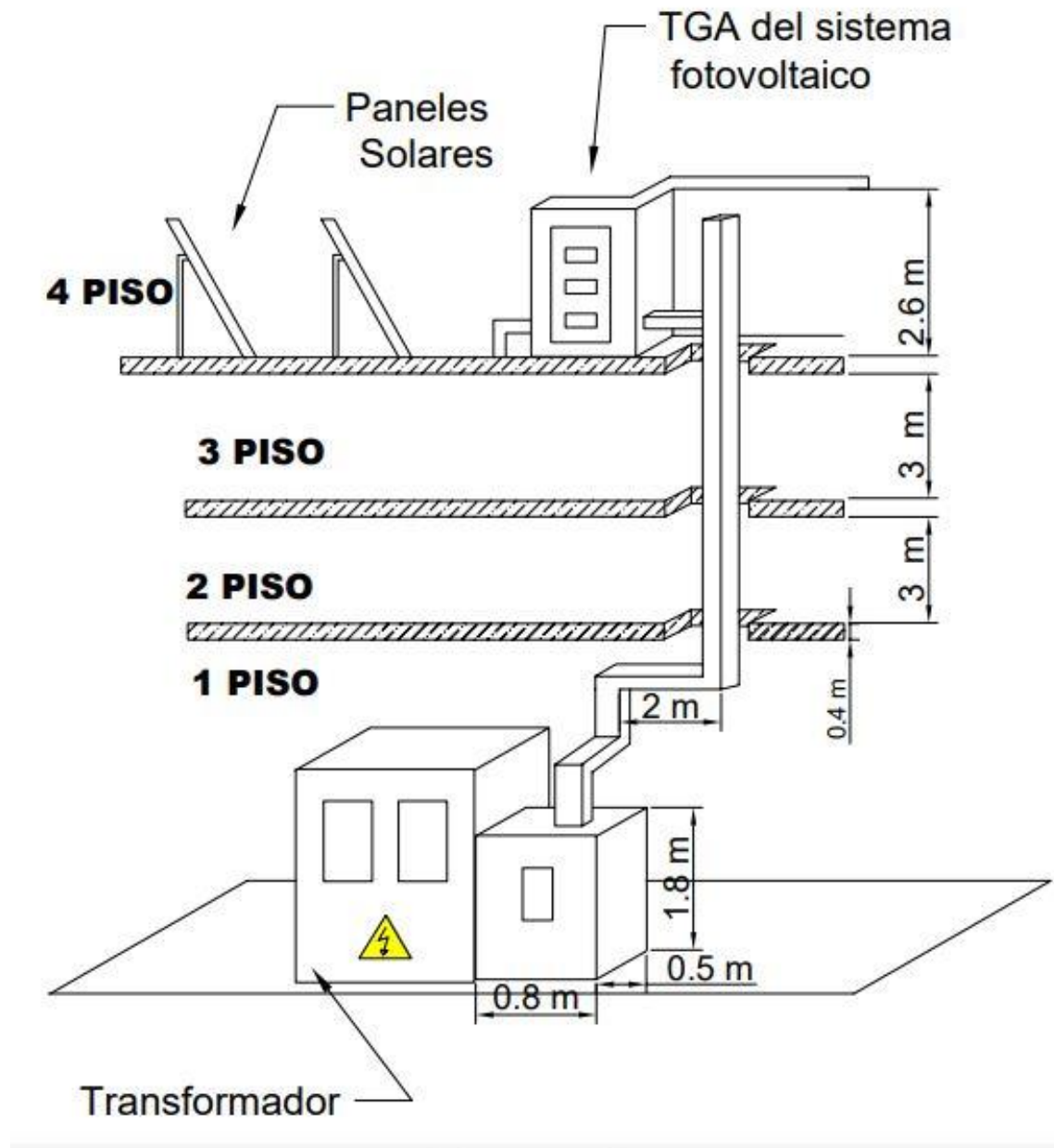


Figura 3.28. Esquema del recorrido de la electrobarra  
Fuente: Autor

### 3.15. Análisis costos beneficios de la implementación de las electrobarras

El análisis económico de los sistemas es muy importante a la hora de tomar decisiones viables para todo tipo de proyectos, desde el punto de vista técnico se debe garantizar el cumplimiento de las normas estipuladas en las instalaciones y lo que se busca es darle respuesta a una necesidad para obtener la mejor opción; a continuación, se detalla las cotizaciones de dos diferentes metodologías de trabajo para optar por la que garantice lo anteriormente mencionado.

Tabla 6 Cotización de sistema fotovoltaico y de cableado convencional

<b>Cotización sistema método convencional</b>				
Material y mano de obra	Un	Cantidad	V. Unitario	V. Parcial
Módulos paneles solares	un	366	\$ 773.855	\$ 283.230.951
Inversor string inteligente SUN 2000-100ktl-m1	un	2	\$ 32.524.148	\$ 65.048.297
Estructura de soporte y sujeción para todo el sistema fotovoltaico	Mod	2	\$ 4.800.234	\$ 9.600.468
Accesorios de conexión sistema fotovoltaico	Mod	2	\$ 4.342.900	\$ 8.685.800
Instalación del sistema fotovoltaico	un	1	\$ 18.650.000	\$ 18.650.000
Conductor de aleación de aluminio serie 8000 (AA-8000), aislado con PVC para 90 °C, con chaqueta de nailon	m	150	\$ 84.530	\$ 12.679.500
Bandeja tipo malla peralta	Mod	1	\$ 4.560.230	\$ 4.560.230
Soporte de malla en estructura	Mod	1	\$ 656.430	\$ 656.430
Instalación sistema cableado	Gen	1	\$ 7.640.230	\$ 7.640.230
Total, costo directo				\$ 410.751.906
Administración	11%			\$ 45.182.710
Imprevistos	4%			\$ 16.430.076
Utilidad	5%			\$ 20.537.595
IVA sobre utilidad	19%			\$ 3.902.143
Valor total de cotización				\$ 496.804.430

Tabla 7 Cotización de sistema fotovoltaico y de electrobarra

<b>Cotización sistema con electrobarra</b>				
Material y mano de obra	Und	Cantidad	V. Unitario	V. Parcial
Módulos paneles solares	un	366	\$ 773.855	\$ 283.230.951
Inversor string inteligente SUN 2000-100kV-m1	un	2	\$ 32.524.148	\$ 65.048.297
Estructura de soporte y sujeción para todo el sistema fotovoltaico	Mod	2	\$ 4.800.234	\$ 9.600.468
Accesorios de conexión sistema fotovoltaico	Mod	2	\$ 4.342.900	\$ 8.685.800
Instalación del sistema fotovoltaico	un	1	\$ 18.650.000	\$ 18.650.000
Electrobarra de media potencia MR 50400108 -500A 3F+1N+1T-3+3 ventanas	un	4	\$ 546.024	\$ 2.184.096
Ángulo vertical derecho	un	1	\$ 89.520	\$ 89.520
T. vertical	un	1	\$ 158.300	\$ 158.300
Joint de conexión	un	3	\$ 93.630	\$ 280.890
Ángulo horizontal derecho	un	1	\$ 89.520	\$ 89.520
Ángulo izquierdo derecho	un	2	\$ 89.520	\$ 179.040
Conexiones trenzas flexibles	un	4	\$ 76.740	\$ 306.960
Final	un		\$ 35.460	\$ 35.460
Elementos ATR	un	1	\$ 40.590	\$ 40.590
Estructura de soporte y sujeción para el sistema de electrobarra	Gen	1	\$ 84.300	\$ 84.300
Instalación sistema electrobarra	Gen	1	\$ 1.868.670	\$ 1.868.670
Total, costo directo				\$ 390.532.863
Administración	11%			\$ 42.958.615
Imprevistos	4%			\$ 15.621.314
Utilidad	5%			\$ 19.526.643
IVA sobre utilidad	19%			\$ 3.710.062
Valor total de cotización				\$ 472.349.498

Se puede evidenciar que los gastos del sistema fotovoltaico no varían ya que lo que se busca es la distribución de la energía generada a través de los paneles solares teniendo en cuenta todos los factores viables que garanticen la seguridad y funcionalidad de todo el sistema.

<b>Instalación sistema convencional</b>	
	\$ 12.679.500
	\$ 4.560.230
	\$ 656.430
	\$ 7.640.230
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 25.536.390</b>

*Tabla 8 Instalación sistema convencional*  
Fuente: Autor

<b>Instalación sistema electrobarra</b>	
	\$ 2.184.096
	\$ 89.520
	\$ 158.300
	\$ 280.890
	\$ 89.520
	\$ 179.040
	\$ 306.960
	\$ 35.460
	\$ 40.590
	\$ 84.300
	\$ 1.868.670
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 5.317.346</b>

*Tabla 9 Instalación sistema con electrobarra*  
Fuente: Autor

Como se puede evidenciar el costo de instalación de metodo convencional respecto al de las electrobarras implicaría gastar aproximadamente 5 veces al sistema propuesto, pero también hay que tener en cuenta los tiempos de instalación y espacio ocupado por ambos sistema.

<b>Costo de instalación</b>	
Electrobarra	\$ 5.317.346
Cable convencional	\$ 25.536.390

*Tabla 10 Comparación de costos de instalación*

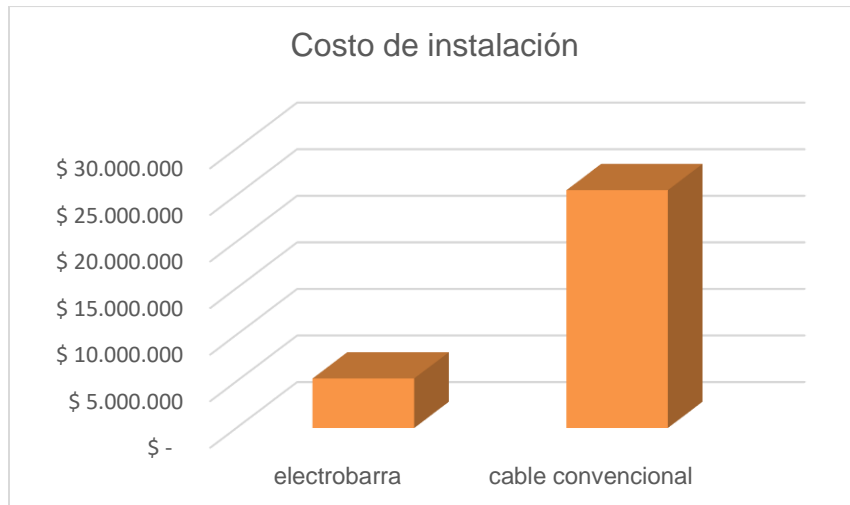


Figura 3.29. Comparativo de costos de instalación de electrobarra y cableado  
Fuente: Autor

Días de instalación	
Método tradicional	15
Método propuesto	5

Tabla 11 Días de instalación de método tradicional respecto al método propuesto  
Fuente: Autor

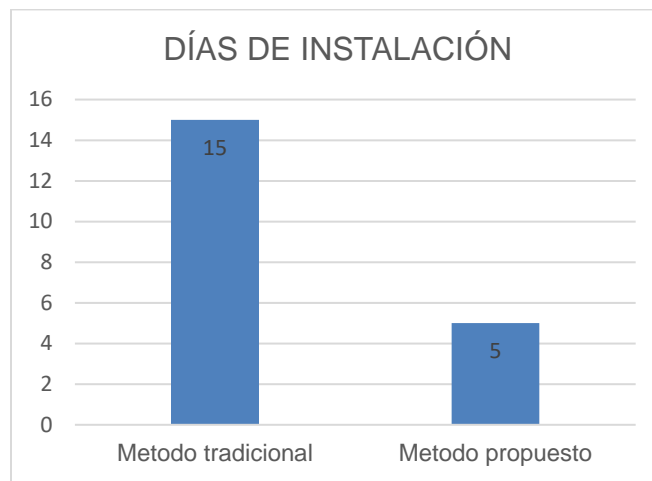


Figura 3.30. Comparativo de días de instalación de los sistemas tradicional y propuestos  
Fuente: Autor



Ocupación de espacio en m	
Método tradicional	0,9
Método propuesto	0,4

Tabla 12 Espacio ocupado en comparación de ambos sistemas  
Fuente: Autor

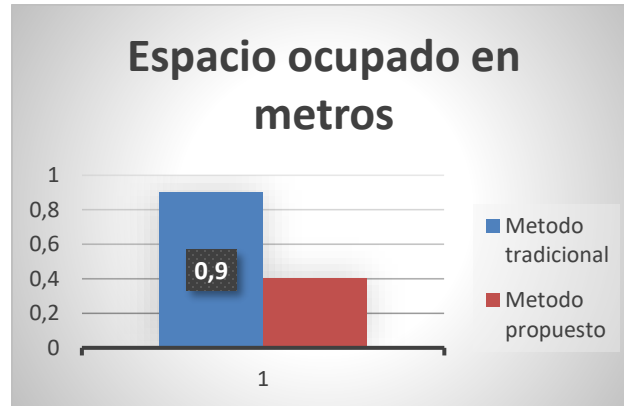


Figura 3.31. Comparativo de espacio de los sistemas convencionales y propuestos  
Fuente: Autor

Vida Útil en años	
Electrobarra	45
Cableado convencional	25

Tabla 13 Vida Útil en años de sistemas propuesto y convencional

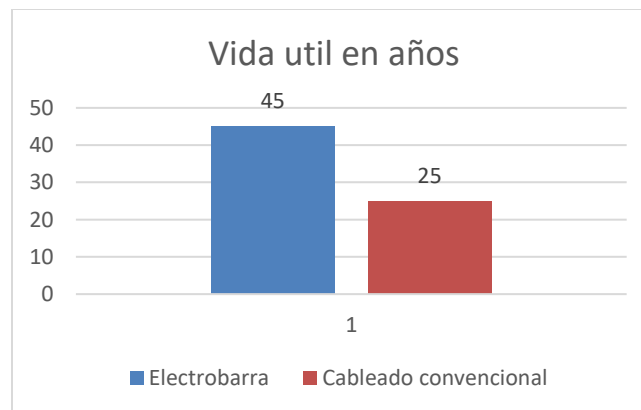


Figura 3.32. Comparativo de vida útil de los sistemas convencionales y propuestos  
Fuente: Autor

### 3.16. Depreciación proyectada a 20 años de todo el sistema con electrobarra

Tabla 14 Depreciación proyectada a 20 años

Depreciación por año				
		Valor activo	\$	390.532.863,88
		Vida útil del sistema	\$	9.763.321,60
# De Año	Año	Cuota depreciable	Depreciación acumulada	Valor neto
1	2022	\$ 9.763.321,60	\$ 9.763.321,60	\$ 380.769.542,28
2	2023	\$ 9.763.321,60	\$ 19.526.643,19	\$ 371.006.220,69
3	2024	\$ 9.763.321,60	\$ 29.289.964,79	\$ 361.242.899,09
4	2025	\$ 9.763.321,60	\$ 39.053.286,39	\$ 351.479.577,49
5	2026	\$ 9.763.321,60	\$ 48.816.607,99	\$ 341.716.255,90
6	2027	\$ 9.763.321,60	\$ 58.579.929,58	\$ 331.952.934,30
7	2028	\$ 9.763.321,60	\$ 68.343.251,18	\$ 322.189.612,70
8	2029	\$ 9.763.321,60	\$ 78.106.572,78	\$ 312.426.291,10
9	2030	\$ 9.763.321,60	\$ 87.869.894,37	\$ 302.662.969,51
10	2031	\$ 9.763.321,60	\$ 97.633.215,97	\$ 292.899.647,91
11	2032	\$ 9.763.321,60	\$ 107.396.537,57	\$ 283.136.326,31
12	2033	\$ 9.763.321,60	\$ 117.159.859,16	\$ 273.373.004,72
13	2034	\$ 9.763.321,60	\$ 126.923.180,76	\$ 263.609.683,12
14	2035	\$ 9.763.321,60	\$ 136.686.502,36	\$ 253.846.361,52
15	2036	\$ 9.763.321,60	\$ 146.449.823,96	\$ 244.083.039,93
16	2037	\$ 9.763.321,60	\$ 156.213.145,55	\$ 234.319.718,33
17	2038	\$ 9.763.321,60	\$ 165.976.467,15	\$ 224.556.396,73
18	2039	\$ 9.763.321,60	\$ 175.739.788,75	\$ 214.793.075,13
19	2040	\$ 9.763.321,60	\$ 185.503.110,34	\$ 205.029.753,54
20	2041	\$ 9.763.321,60	\$ 195.266.431,94	\$ 195.266.431,94

### 3.17. Ventajas económicas de generación de potencia de SFV

Para el cálculo de la potencia generada por el sistema fotovoltaico mensualmente se procede a utilizar la ecuación 28 [17] y se obtiene el siguiente resultado.

$$PTG = \frac{400w \cdot 366 \cdot 5,5 \cdot 30DÍAS}{1000} = 24.156kw$$

Como se evidencia anteriormente el sistema fotovoltaico genera 24.156kw cada 30 días facturados por el distribuidor de red de la región.

$$PTG = 24.156Kw \cdot 12meses = 289.872kw$$

$$Costo G. Año = 289.872kw \cdot 537,51\$/kw = \$ 155.809.098,72$$

Los costos generados por año son 155.809.098,72 por el sistema fotovoltaico y se compara con el consumo estimado para obtener la diferencia que tendría la carga por año que sería de:

$$Costo C. Año = 280.896kw \cdot 537,51\$/kw = \$ 161.769.009,6$$

$$Diferencia = \$161.769.009,6 - 155.809.098,72 = \$ 5.959.907,28$$

Los costos de consumo estimados que tendría la carga sería aproximadamente \$161.769.009,6 en comparación con lo generado que es de \$155.809.098,72 por año, lo que nos permite realizar una amortización de los costos para detallar de manera precisa el retorno de lo invertido una vez implementado el sistema por lo cual el costo de la inversión es de \$ 472.349.498 el resultado a obtener es:

### 3.18. Amortización del sistema

$$PTG = \frac{\$ 472.349.498,86}{\$ 155.809.098,72} = 3,0315$$

Del resultado anterior se puede observar que la amortización del sistema implementado se reflejara en un tiempo de 3 años se recuperara el valor invertido por lo que después de ese tiempo los ahorros serán significativos por el sistema fotovoltaico. Cabe mencionar que este estudio se aplicó solo para el primer nivel de consumo del proyecto de restauración San Francisco lo que se busca es aplicarlos a futuros pisos y diferentes tipos de estructuras.

### 3.19. Factividad a la necesidad de AM ELECTRICICISTA S.A

Se logra implementar nuevas estrategias de trabajo por medio de este estudio y se le da respuesta a las necesidades de la empresa la cual busca fomentar la implementación de alternativas autosustentables que contribuyen a las buenas prácticas técnicas dentro del auge de la ingeniería y la finalidad es satisfacer a la población con un servicio de calidad de acuerdo a las normativas vigente respetando la integridad de las infraestructuras y obteniendo buenos resultados del retorno del capital invertido en poco tiempo.



*Figura 3.33. logo AM ELECTRICICISTA S.A.  
Fuente: AM ELECTRICICISTAS S.A.*

### 3.19. Impacto económico

Este estudio permitirá una oportunidad a una nueva estrategia técnica y viable para generar ingresos en diferentes partes del sector hotelero, edificios altos de la ciudad de Cartagena y demás ciudades que contemplan las mismas necesidades anteriormente descritas generando en si una idea de emprendimientos para darle solución a ese gran mercado que busca de una u otra forma migrar a la utilización de sistemas fotovoltaicos que en Colombia está en constante crecimiento.



*Figura 3.34. Impacto económico  
Fuente: Referencia [25]*

### 3.20. Impacto social

Gracias a este estudio y a la nueva implementación de trabajo se generaran 38 nuevos empleos directos y 8 indirectos solo para el sector turístico y si lo abordamos a diferentes sectores nos garantiza una oportunidad de emprender y generar nuevas fuentes de trabajo en el país.



*Figura 3.35. Impacto social*  
*Fuente: Referencia [26]*

## RESULTADOS

- Se le da solución a la gran necesidad de poder distribuir energía fotovoltaica a través de electrobarras en el Club Cartagena y Claustro San Francisco.
- Se le dio cumplimiento al primer objetivo partiendo del análisis que se extrae de las normas, reglamentos y prácticas recomendadas.
- Se cumple con el análisis técnico, el cual nos permitió desarrollar conocimiento ya estandarizados para el uso adecuado de las electrobarras. Esto, con el fin de tener claridad de las ventajas y desventajas técnicas-económicas del uso de las mismas.
- Se logra implementar nuevas estrategias de trabajo por medio de este estudio y se le da respuesta a la factibilidad de la empresa la cual busca fomentar la implementación de alternativas autosustentables que contribuyen a las buenas prácticas técnicas dentro del auge de la ingeniería.
- Se implementa un servicio de calidad de acuerdo a las normativas vigente respetando la integridad de las infraestructuras de los beneficiarios.
- Se permite responder adecuadamente a las necesidades de los empresarios de la región, teniendo en cuenta que cada estructura tendrá sus propios análisis, sin embargo, el estudio realizado es una guía que permite contestar a la demanda que implica disminuir consumos de energía.
- Una de las consecuencias de este estudio es el impacto social debido a la generación de muchos empleos en la región, ya que, es una idea innovadora y la oportunidad de emprendimiento es muy alta no solo en Cartagena si no también en Colombia.

## CONCLUSIONES

- La implementación de la electrobarra es un método factible en diversas aplicaciones en comparación a sistemas convencionales, garantizando un resultado óptimo a las necesidades técnicas y económicas de cualquier proyecto.
- Por medio de la interacción de un software de simulación de Siemens se realizan los ruteos para la adquisición de las electrobarras, esto con el fin de visualizar una proyección cercana de la instalación del sistema en mención.
- En el ejercicio del análisis estructural de la infraestructura piloto, se realizan pruebas con geófonos digitales con el fin de saber el comportamiento sismo resistente que debe tener el sistema de electrobarras, ya que, es un requisito de certificación y garantía de la instalación.

## RECOMENDACIONES

- Romper el mito de que las electrobarras son inseguras, ya que, algunos ingenieros con los que he consultado tienen la percepción errónea de la utilización de ellas.
- NO quitar los sellos de seguridad de las tapas finales de las electrobarras.
- En el momento de la compra, revisar que todas las electrobarras tengan su marcación y que el consecutivo de la misma corresponda al lote de fabricación.
- Existen diferentes tipos de electrobarras que dan solución a cualquier tipo de instalaciones y muchas de ellas son portátiles que dan respuesta a soluciones temporales y permanentes de cualquier proyecto.



## BIBLIOGRAFÍA

[1] CRISTHIAN, A. & EDGAR, J. (2015). *Estudio prefactibilidad de fabricación de sistemas Blindocables en Nexans Colombia*. Bucaramanga Monografía para la obtención de grado de especialistas evaluación y gerencia de proyectos.

[2] ROBERTO, A. SOLANO, V. (2015). *Modelo de una normativa para el uso de electrobarras como sistema de distribución de energía eléctrica en edificios corporativos y de vivienda*. Tesis previa a la obtención del título de ingeniero eléctrico.

[3] Ministerio de Minas y Energía. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas retie. Bogotá: ministerio de minas y energía, 2013.

[4] Norma IEEE 141

[5] IEC 60354, IEC 60695-2-11, IEC 60439.

[6] NEC Código Eléctrico Nacional actualización 2020

[7] RA8-017.-Medida descentralizada de EPM 2015

[8] RODOLFO HERNÁNDEZ G. (2017) *Análisis de factibilidad para la instalación de un sistema de energía limpia mediante celdas fotovoltaicas para la alimentación eléctrica del edificio 4 en el ITSLV*. Villahermosa, Tabasco para la obtención de título de Maestro en manufactura avanzada.

[9] Agustín, C. & German, S. (2010) *Instalaciones solares fotovoltaica*.

[10] Ministerio de Minas y Energía. Ley 1715 Regulación de la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, 2014.

[11] Cepeda, Juan. Sierra, Adriana. (2017). *Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones*. Facultad de Ingeniería Mecánica Universidad Santo Tomás Bogotá, Colombia.

[12] Raymond A. Serway y John W. Jewett, Jr (2005) *Física para ciencias e ingeniería con Física Moderna Volumen 2. Séptima edición*.

[13] Catalogo de Sistema de Electrobarra Legrand Colombia 2018-2019.

[14] RA8-019. (2015). Sistema de electrobarras para medida descentralizada de EMP.

[15] Catalogo de Sistema de Electrobarra 3M 2020-2021.

[16] NTC 2050 Código Eléctrico Colombiano.

[17] Loeza Salcedo, Francisco Adrián, César Ramiro Carmona, Julio César Tenorio Caselin, Metodología de un sistema fotovoltaico conectado a la red (SFCR) para uso en luminarias del edificio 3 de la ESIME Zacatenco, 2012.

[18] Pasqualino, Jorgelina; Cabrera, Cristina; Vanegas Chamorro, Marley. Artículo impactos ambientales de sistemas de generación energética eólica y solar en el Caribe Colombiano. Universidad autónoma del caribe.2015.

[19] Contrato de pasantía AM electricistas.2021

[20] OSCAR, BUSTAMANTE. (2010). *Estudio De Caracterización De Las Unidades Residenciales Integradas Al Mercado De Arriendo Por Temporadas De La Zona Turística De Cartagena*.

[21] Jack C. McCormac. (2010). *Análisis de estructura métodos clásico y matricial*. Alfa omega grupo editor Cuarta edición México.

[22] FEBRES, Wilson. PEREZ, Walter. PESANTES, Andy. (2020). *Sistema De Ductobarra De Cobre Para Canalizaciones Eléctricas En Una Planta Industrial*. para obtención del título ingeniería electricistas.

[23] RAUL, A. ARIEL, N. (2011). *Metodología Para El Cálculo De Las Corrientes De Cortocircuito*. para la obtención de título de ingeniero electricistas.

[24] Anifia, repositorio documental de *Normatividad de red, 2021*

[25] Autosolar Energy soluciones sl, tienda on line en: <https://autosolar.es/paneles-de-conexion-a-red/panel-solar-400w-deep-blue-30-ja-solar-mono>

[21] «Información general de Cartagena de Indias». Alcaldía del municipio. Archivado desde el original el 13 de octubre de 2016. Consultado el 1 de mayo de 2015 Atlas. Geografía y localización: [https://es.wikipedia.org/wiki/Cartagena\\_de\\_Indias](https://es.wikipedia.org/wiki/Cartagena_de_Indias)

[23] Repositorio de fotos ministerio de cultura claustro sanfrancisco y club Cartagena <https://stock.adobe.com/es/search?k=%22club+cartagena%22>

[24] Autosolar Energy soluciones sl, tienda on line inversor: <https://autosolar.es/inversores-de-red-trifasicos/inversor-huawei-sun2000-100ktil-m1-trifasico-100kw>

[25] Autosolar Energy soluciones sl, tienda on line paneles solares: <https://autosolar.es/paneles-de-conexion-a-red/panel-solar-400w-deep-blue-30-ja-solar-mono>

[26] Joseph A. Harold, Puentes. (2019) *Guía metodológica para la implementación y selección de paneles solares*

*fotovoltaicos para edificios y viviendas en la ciudad de Bogotá D.C.* para obtención de título de tecnólogo en construcciones arquitectónica.

[27] Luis, Fernández. Agustín Torres. (2017). *Proyecto de diseño e implementación de un sistema fotovoltaico de interconexión a la red eléctrica en la Universidad Tecnológica de Altamira*. Tesis para maestro en energía renovables.

[28] Manual, Barrena. (2018). *Estudio de la aplicación de blindo barra en edificios no industriales*. España trabajo de ingeniería en tecnologías industriales.

[29] Medina R. Eric H. (2020). *Cálculo y diseño de una instalación eléctrica en baja tensión para edificio aplicando electrobarras*. Tesis para la obtención de título de ingeniero mecánico en gestión empresarial industrial.

[30] ABB. (2004) *manual técnico de instalaciones eléctricas aparatos de protección y maniobra de la instalación eléctrica*.

[31] *manual de inspección y mantenimiento*. [www.blindobarra.la](http://www.blindobarra.la)

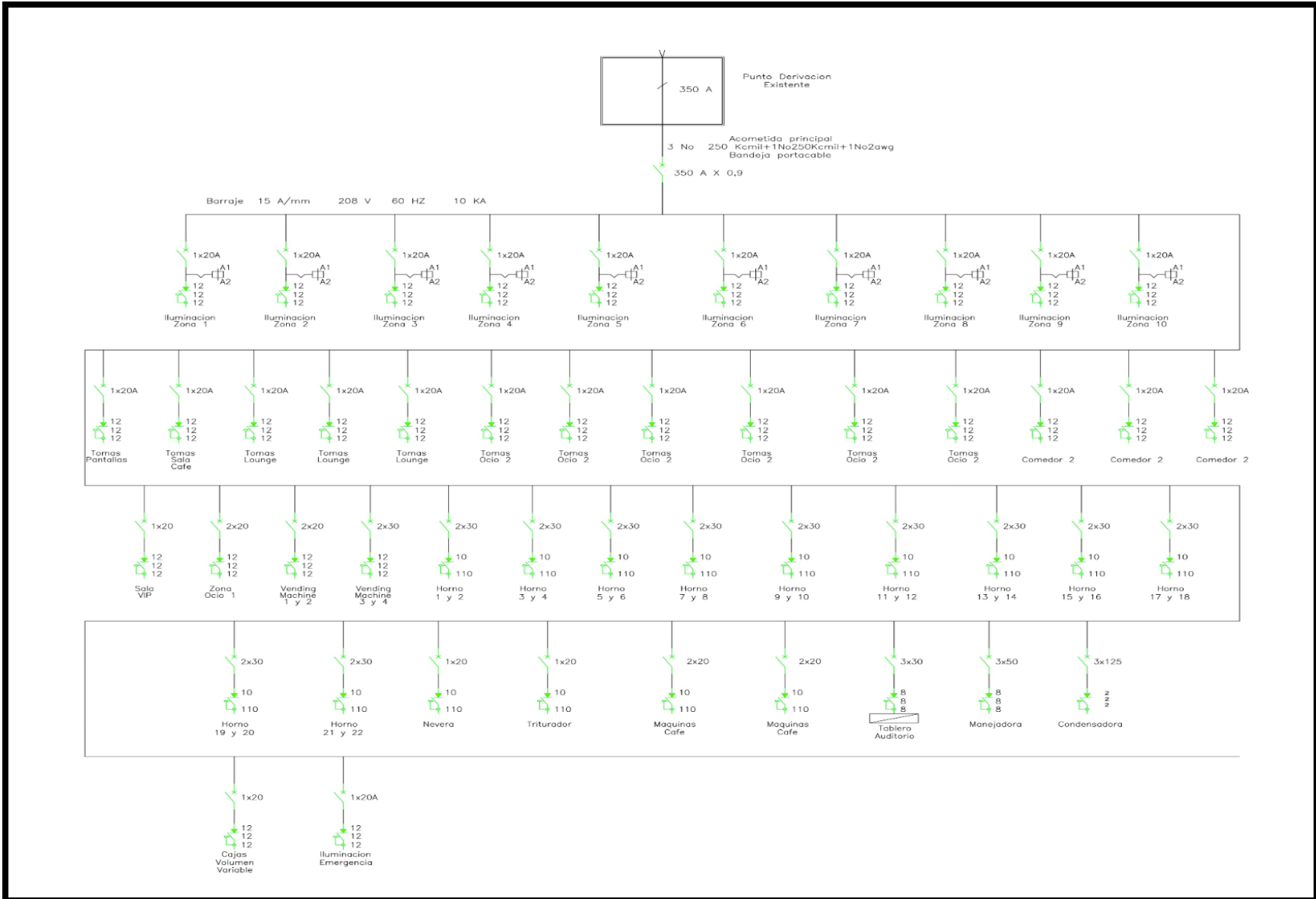
[32] SIRSE. Sistema iberoamericano de responsabilidad social empresarial. Blog en página de <http://sirse.info/un-nuevo-modelo-economico-para-la-supervivencia-de-la-humanidad>

[33] Conéctate sol. <https://conectatealsol.com/news/que-impacto-ambiental-tiene-la-energia-solar-fotovoltaica/>

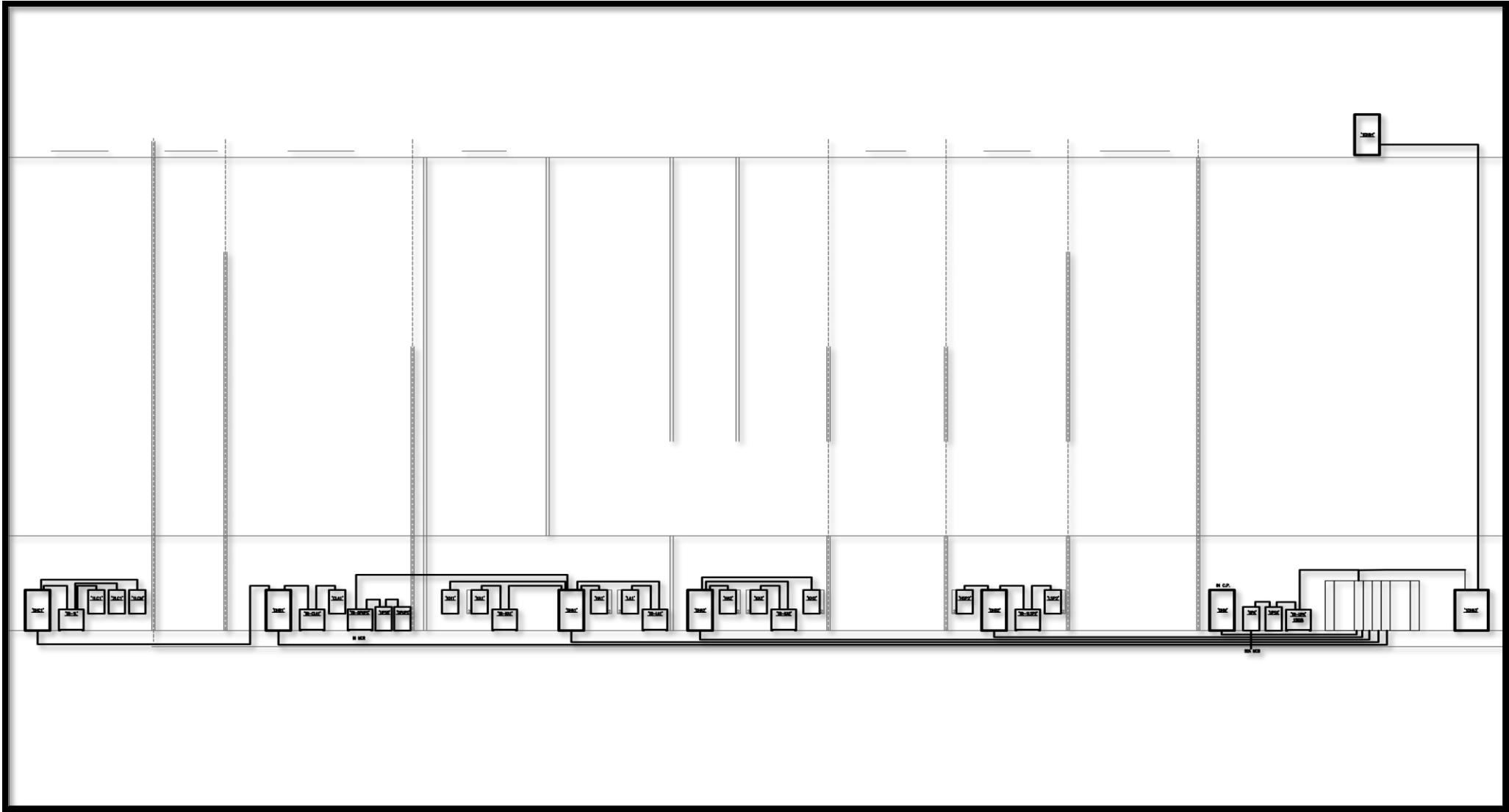
[34] Plegable de cables fotovoltaicos centella. (2015). chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.centelsa.com%2Farchivos%2FPlegable-CablesFotovoltaicos.pdf&clen=2289840&chunk=true.

# ANEXOS REFERENCIA TESIS

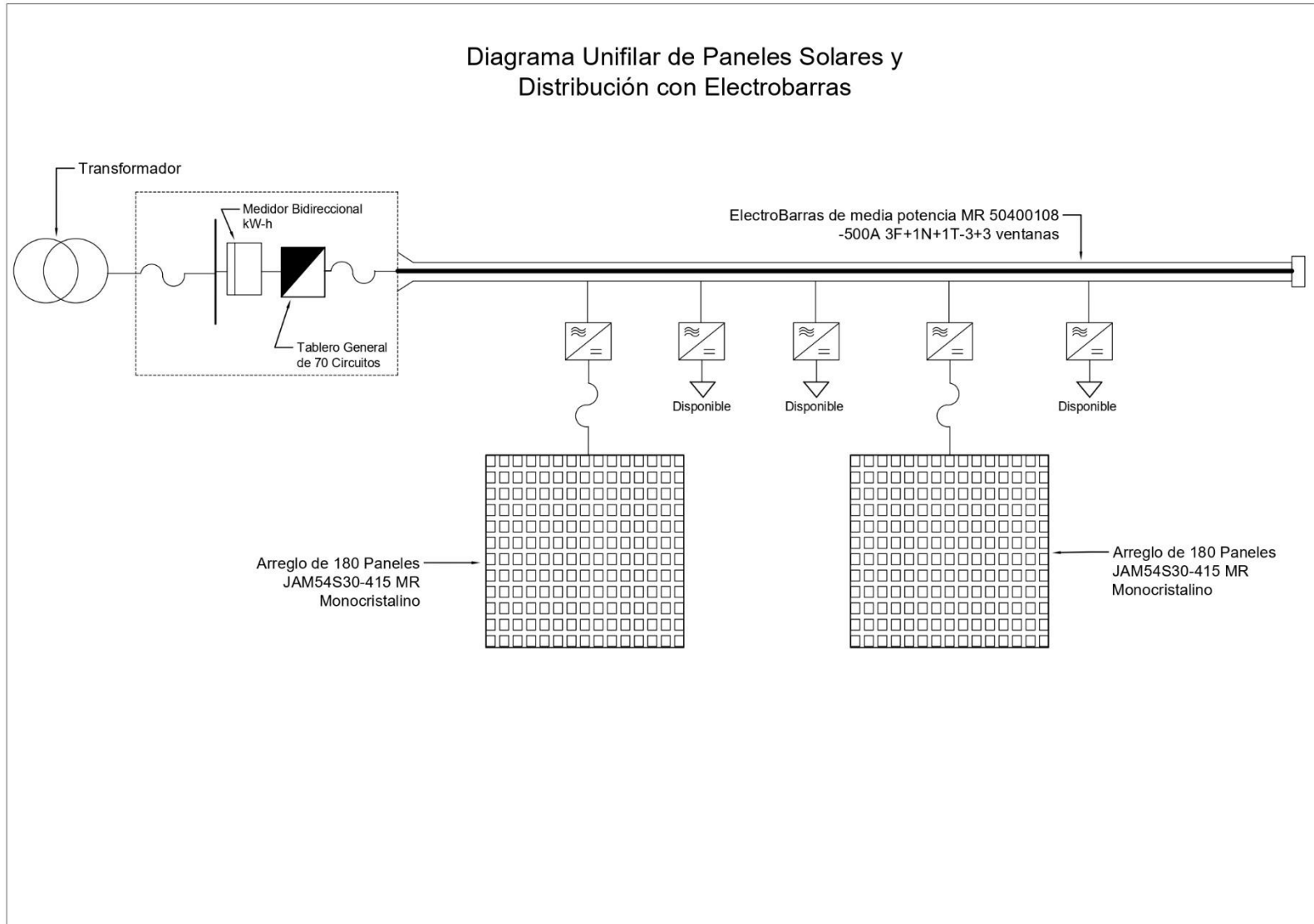
## Anexo 1. Unifilar del club Cartagena y claustro



## Anexo 2. Plano de posición de equipos incluyendo sistema fotovoltaico



### Anexo 3. Diagrama unifilar de paneles solares y distribución con electrobarra



Anexo 4. Tabla de capacidad de corriente constante buses de barras con sección transversal rectangular temperaturas ambientes 35 °. Temperatura de barra 65 °. (norma DIN 43671, tabla1)

Ancho x Espesor mm	Sección transversal mm <sup>2</sup>	Peso 1) Kg/m	Material 2)	Corriente AC en A 60Hz				Valores de esfuerzos estaticos para cada barra					
				Numero de barras (sin pintar)				X			Y		
				1	2	3	4 3) 50	J <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> cm	J <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> cm
12 x 2	23,5	0,209	E-Cu F30	108	182	216	0,0288	0,048	0,346	0,0008	0,008	0,0577	
15 x 2	29,5	0,262		128	212	247	0,0563	0,075	0,433	0,001	0,01	0,0577	
15 x 3	44,5	0,396		162	282	361	0,0844	0,113	0,433	0,00338	0,0225	0,0866	
20 x 2	39,5	0,351		162	264	298	0,133	0,133	0,577	0,00133	0,0133	0,0577	
20 x 3	59,5	0,529		204	348	431	0,200	0,2	0,577	0,0045	0,03	0,0866	
20 x 5	99,1	0,882		274	500	690	0,333	0,333	0,577	0,0208	0,0833	0,144	
20 x 10	199	1,77		427	825	1180	0,667	0,667	0,577	0,167	0,333	0,289	
25 x 3	74,5	0,663		245	412	498	0,391	0,313	0,722	0,00563	0,0375	0,0866	
25 x 5	124	1,11		327	586	795	0,651	0,521	0,722	0,026	0,104	0,144	
30 x 3	89,5	0,796		285	476	564	0,675	0,450	0,866	0,00675	0,045	0,0866	
30 x 5	149	1,33		379	672	896	1,13	0,750	0,866	0,0313	0,125	0,144	
30 x 10	299	2,66		573	1060	1480	2,25	1,50	0,866	0,25	0,5	0,289	
40 x 3	119	1,06		366	600	690	1,6	0,8	1,15	0,009	0,06	0,0866	
40 x 5	199	1,77		482	836	1090	2,67	1,33	1,15	0,0417	0,167	0,144	
40 x 10	399	3,55		715	1290	1770	5,33	2,67	1,44	0,333	0,667	0,289	
50 x 5	249	2,22		583	994	1260	5,21	2,08	1,44	0,0521	0,208	0,144	
50 x 10	499	4,44		852	1510	2040	10,4	4,17	1,44	0,417	0,833	0,289	
60 x 5	299	2,66		688	1150	1440	9	3	1,73	0,0625	0,25	0,144	
60 x 10	599	5,33		985	1720	2300	18	6	1,73	0,5	1	0,289	
80 x 5	399	3,55		885	1450	1750	21,3	5,33	2,31	0,0833	0,333	0,144	
80 x 10	799	7,11		1240	2110	2790	42,7	10,7	2,31	0,667	1,33	0,289	
100 x 5	499	4,44		1080	1730	2050	41,7	8,33	2,89	0,104	0,417	0,144	
100 x 10	999	8,89		1490	2480	3260	83,3	16,7	2,89	0,833	1,67	0,289	
120 x 10	1200	10,7		1740	2860	3740	144	24	3,46	1	2	0,289	
160 x 10	1600	14,2		2220	3590	4680	341	42,7	4,62	1,33	2,67	0,289	
200 x 10	2000	17,8		2690	4310	5610	667	66,7	5,77	1,67	3,33	0,289	

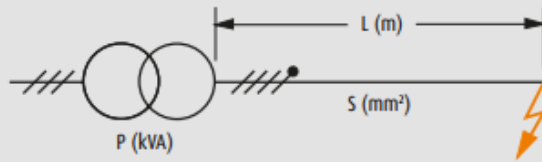
1) Calculado para una densidad de 8,9Kg/dm<sup>3</sup> 2) Base de Referencia para un valor de corriente constante 3) Espacio minimo dado en mm



## Anexo 5. Determinación de las corrientes cortocircuito

Para calcular el valor de la corriente de cortocircuito estimada en cualquier punto del circuito, es suficiente aplicar las fórmulas mostradas a continuación, conociendo la impedancia calculada en el origen del sistema hasta el punto a ser evaluado.

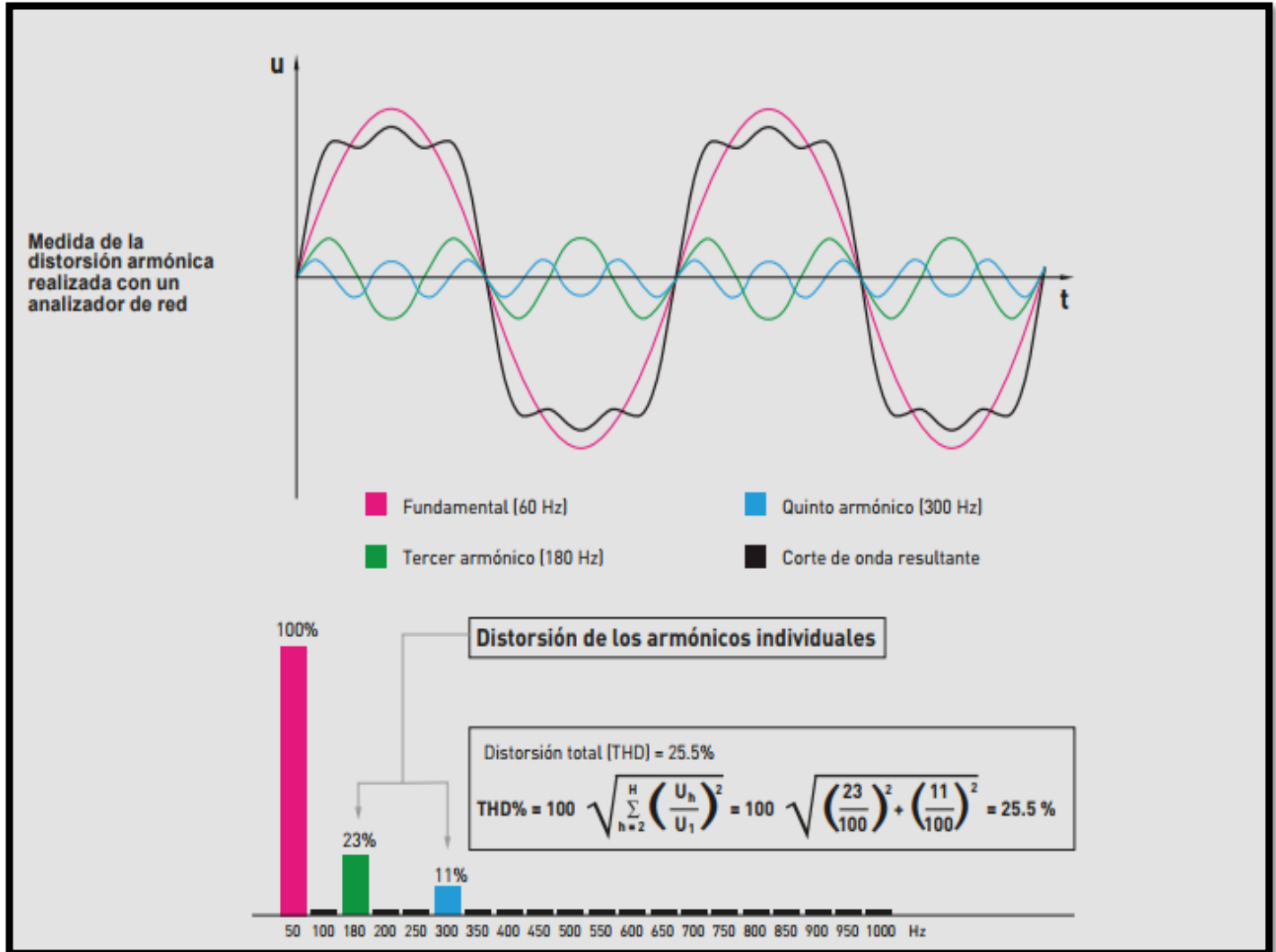
En las fórmulas mostradas a continuación, el valor de la potencia de cortocircuito es considerada infinita y la impedancia de cortocircuito es igual a 0. Esto permite definir los valores de la corriente de cortocircuito más altos que los actuales, pero generalmente aceptables.



Resistencia de la línea $RL = r \cdot L$	<b>RL</b> = resistencia de la línea aguas arriba (m) <b>r</b> = resistencia de la línea específica (m/m) <b>L</b> = longitud de la línea ascendente (m)
Reactancia de la línea $XL = x \cdot L$	<b>XL</b> = reactancia de la línea ascendente (m) <b>x</b> = reactancia de la línea específica (m/m)
Resistencia del TRANSFORMADOR $RE = \frac{1000 P_{cu}}{3I_n^2}$	<b>RE</b> = resistencia secundaria equivalente del transformador (m) <b>P<sub>cu</sub></b> = pérdidas de COBRE del transformador (W) <b>I<sub>n</sub></b> = corriente Nominal del transformador (A)
Impedancia del TRANSFORMADOR $ZE = \frac{V_{cc}\% V_c}{100 P}$	<b>ZE</b> = impedancia secundaria equivalente del transformador (m) <b>V<sub>c</sub></b> = tensión de fase (V) <b>V<sub>cc</sub>%</b> = porcentaje del tensión de cortocircuito <b>P</b> = potencia del transformador (kVA)
Reactancia del TRANSFORMADOR $XE = \sqrt{ZE^2 - RE^2}$	<b>XE</b> = reactancia secundaria equivalente del transformador (m)
Impedancia de cortocircuito $Z_{cc} = \sqrt{(RL + RE)^2 + (XL + XE)^2}$	<b>Z<sub>cc</sub></b> = impedancia total de cortocircuito (m)
Corriente de cortocircuito estimada $I_{cc} = \sqrt{\frac{V_c}{3}} \cdot Z_{cc}$	<b>I<sub>cc</sub></b> = componente simétrico de la corriente de cortocircuito (kA)

ALUMINIO					COBRE				
Valor (A)	kA l <sub>cw</sub> trifásico	kA l <sub>pk</sub> trifásico	kA l <sub>cw</sub> monofásico	kA l <sub>pk</sub> monofásico	Valor (A)	kA l <sub>cw</sub> trifásico	kA l <sub>pk</sub> trifásico	kA l <sub>cw</sub> monofásico	kA l <sub>pk</sub> monofásico
630	36	76	22	48	800	45	95	27	57
800	42	88	25	55	1000	50	110	30	66
1000	50	110	30	66	1250	60	132	36	79
1250	75	165	45	99	1600	85	187	51	112
1600	80	176	48	106	2000	88	194	53	116
2000	80	176	48	106	2500	88	194	53	116
2500	150	330	90	198	3200	170	374	102	224
3200	160	352	96	211	4000	176	387	106	232
4000	160	352	96	211	5000	176	387	106	232

## Anexo 6. Distorsión armónica en el estudio de las electrobarras



## Anexo 7. Grado de protección IP - IK en las electrobarras








**IP**

La protección de encerramientos están clasificados (IEC 60529) según su grado de protección contra las condiciones climáticas y agentes externos. El grado de protección se indica por dos dígitos (protección contra cuerpos sólidos y líquidos) siguiendo el símbolo IP.

Para aumentar la facilidad de seleccionar la electrobarra más apropiada, según los requerimientos de instalación, a continuación hay un resumen de su desempeño, basado en el grado de protección IP de acuerdo con el estándar IEC 60529.

**1<sup>er</sup> dígito IP**

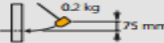
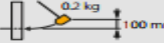
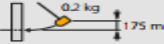
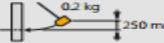
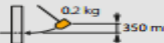
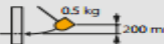

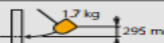


**Protección contra la penetración de cuerpos sólidos**

	<b>0</b> Sin protección
	<b>1</b> Protección contra cuerpos sólidos superiores a 50 mm (p.ej.: contacto accidental)
	<b>2</b> Protección contra cuerpos sólidos superiores a 12 mm (p.ej.: dedos)
	<b>3</b> Protección contra cuerpos sólidos superiores a 2.5 mm
	<b>4</b> Protección contra cuerpos sólidos superiores a 1 mm
	<b>5</b> Protección contra el polvo
	<b>6</b> Protección completa contra el polvo

**IK: Grado de Protección del Equipamiento al Impacto Mecánico**

**IK**

El estándar IEC 62262 define un código IK que caracteriza la aptitud del equipo para resistir los impactos mecánicos en todos los lados.

IK	Test	Impact energy (In joules)
IK 00		0
IK 01		0.15
IK 02		0.2
IK 03		0.35
IK 04		0.5
IK 05		0.7
IK 06		1
IK 07		2
IK 08		5
IK 09		10
IK 10		20

**2<sup>do</sup> dígito IP**

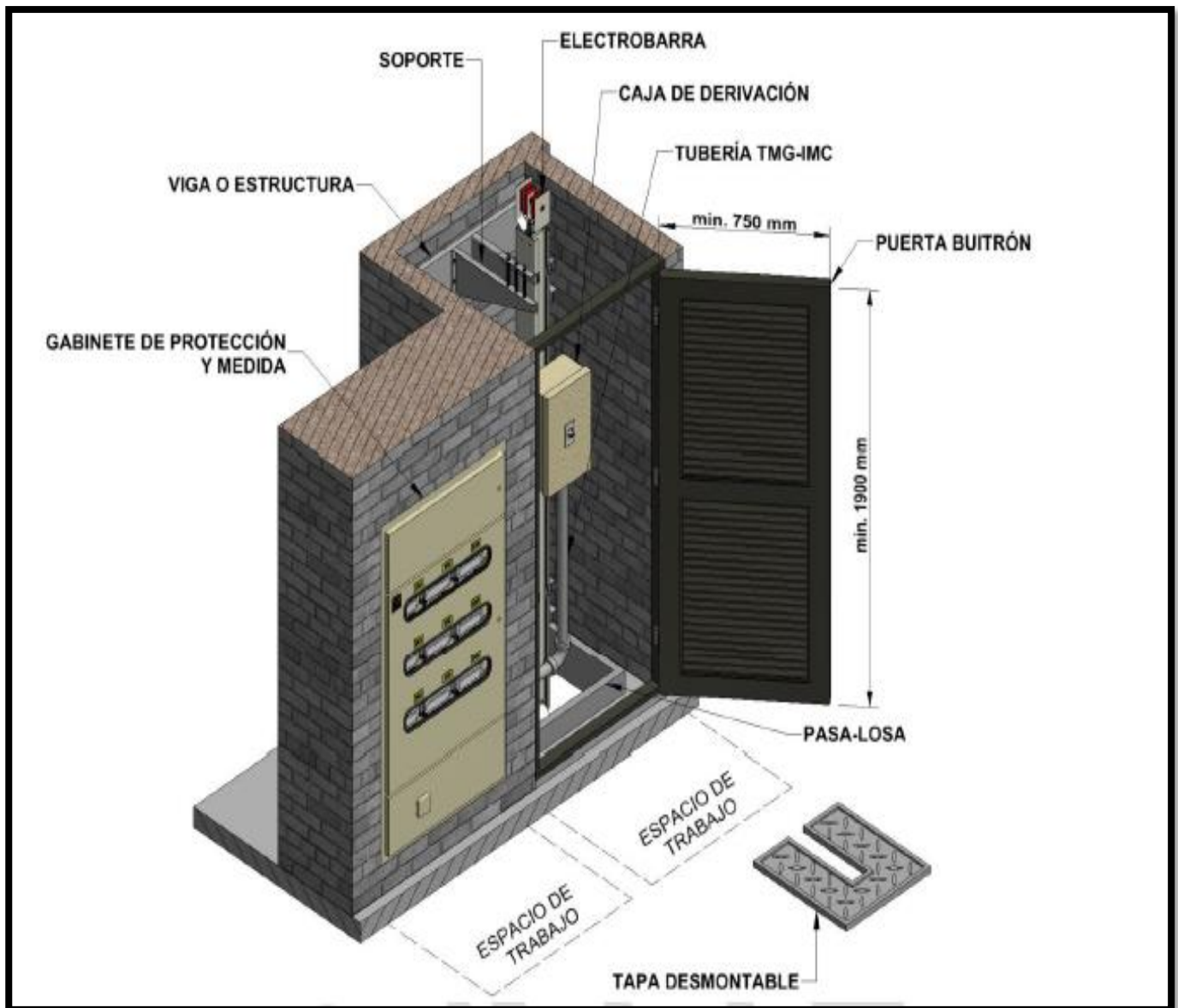
**Protección contra la penetración de líquidos**

	<b>2</b> Protección contra caídas de agua de hasta 15° desde la caída vertical
	<b>3</b> Protección contra caídas de agua de hasta 60° desde la caída vertical
	<b>4</b> Protección contra aspersiones de agua desde todas las direcciones
	<b>5</b> Protección contra chorros de agua desde todas las direcciones
	<b>6</b> Protección contra chorros de agua (fuerza similar a las marejadas)
	<b>7</b> Protección contra los efectos de inmersión
	<b>8</b> Protección contra los efectos de inmersión bajo presión

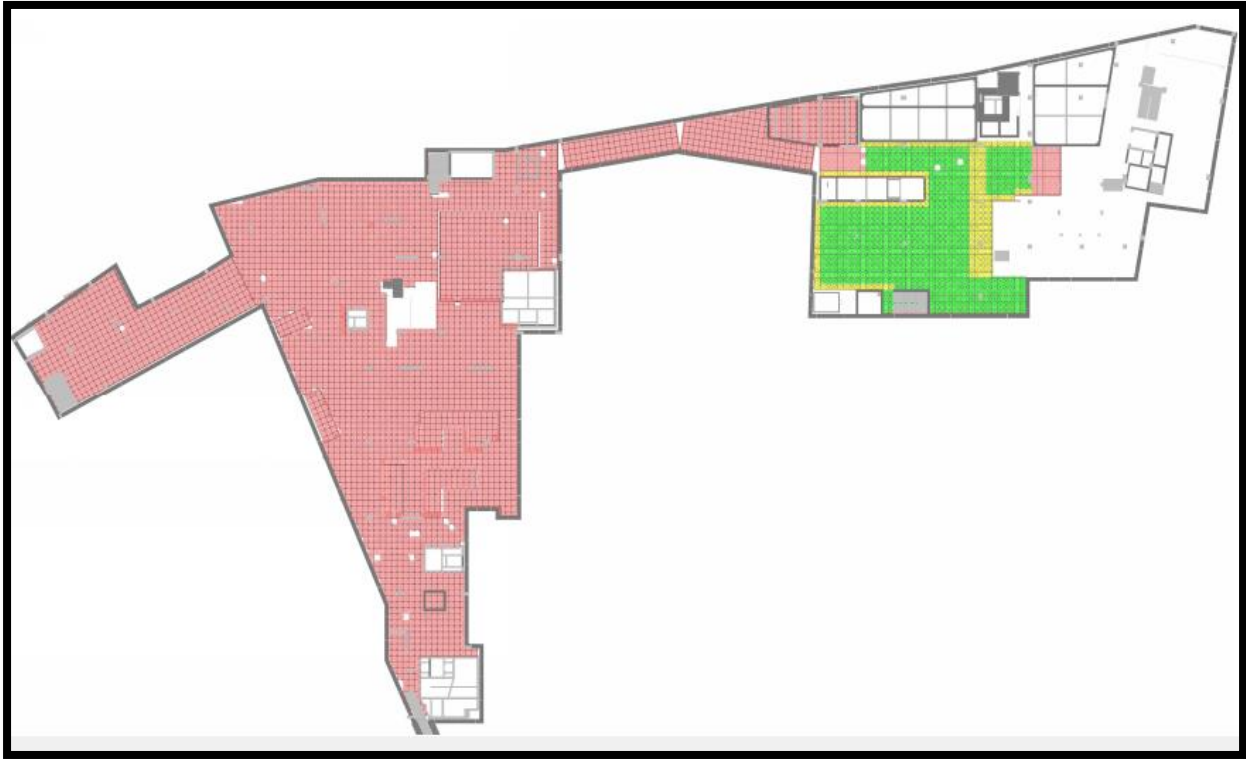
## Anexo 8. Pruebas de certificación y aprobación de sistemas de electrobarras



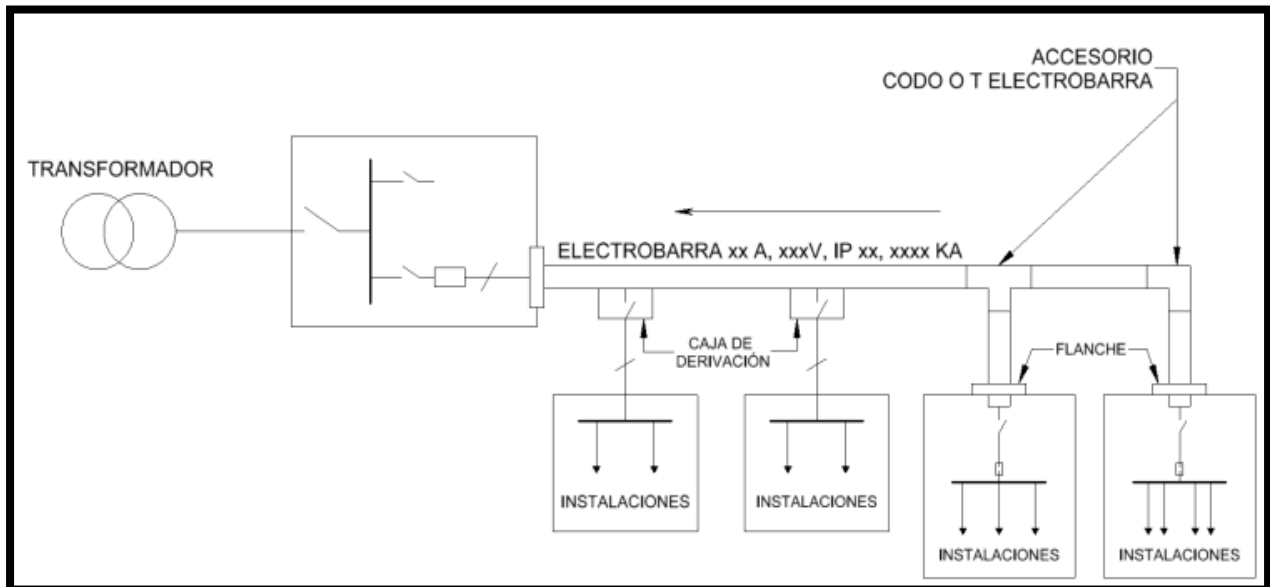
## Anexo 9. Especificaciones de buitrón y TGA en subnivel



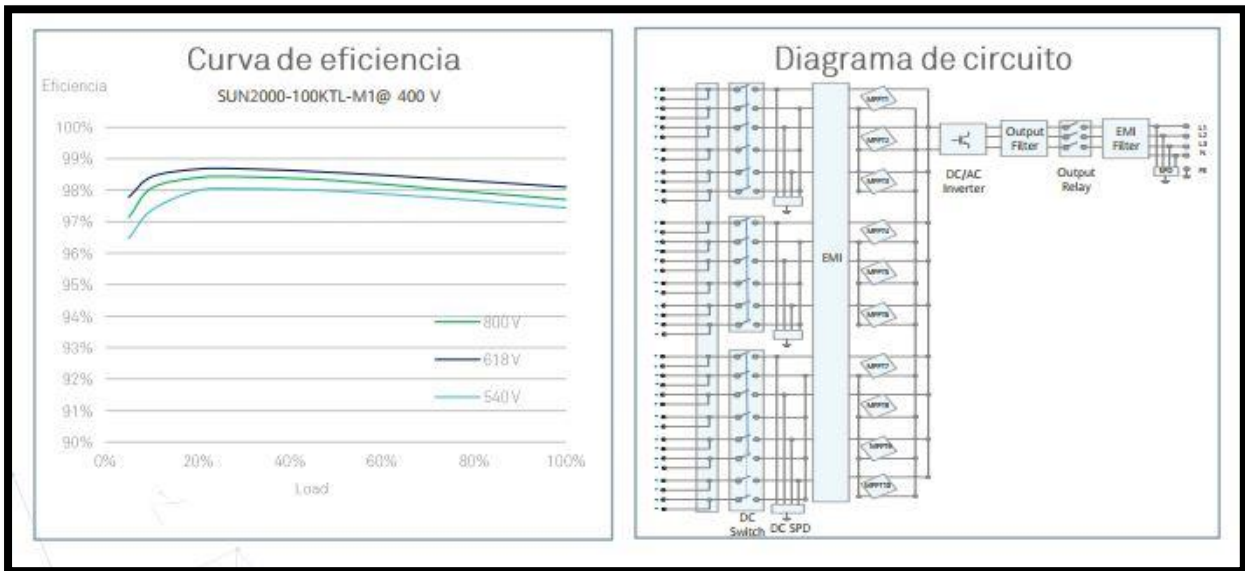
## Anexo 10. Nivel 1 o sótano AM1



## Anexo 11. Como elaborar diagrama unifilar con electrobarras



## Anexo 12. Especificaciones técnicas del inversor SUN200-100KTL-M1



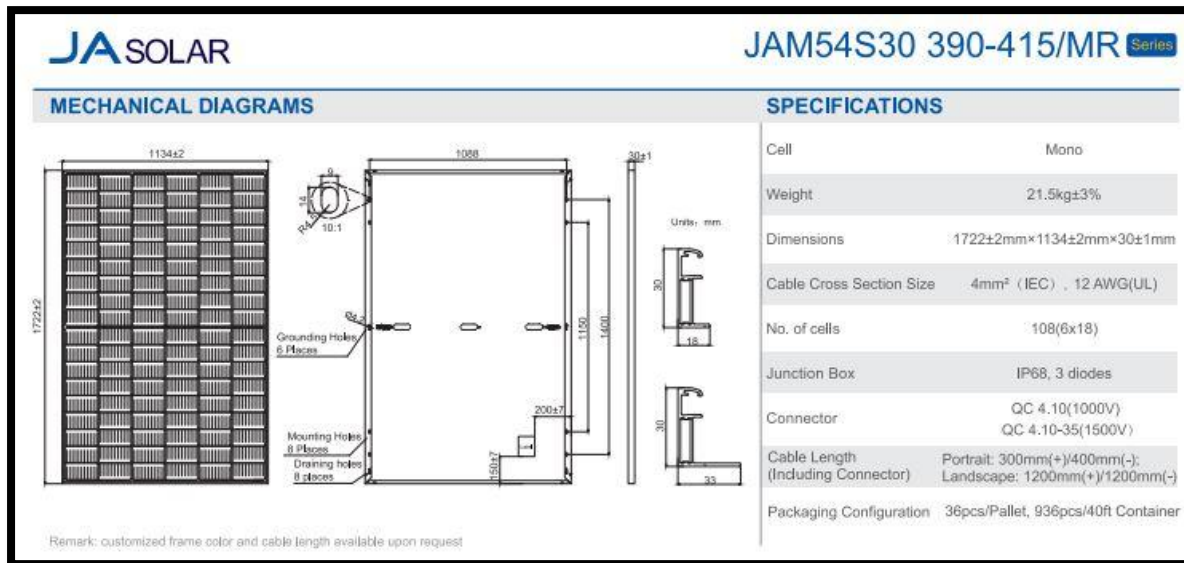
## Especificaciones técnicas

Eficiencia	
Máx. Eficiencia	98.8% @480 V; 98.6% @380 V/400 V
Eficiencia europea	98.6% @480 V; 98.4% @380 V/400 V
Entrada	
Máx. tensión de entrada	1,100 V
Máx. intensidad por MPPT	26 A
Máx. intensidad de cortocircuito por MPPT	40 A
Tensión de entrada inicial	200 V
Rango de tensión de operación de MPPT	200 V ~ 1,000 V
Tensión nominal de entrada	570 V @380 V; 600 V @400 V; 720 V @480 V
Número de entradas	20
Número de MPPTs	10
Salida	
Potencia nominal activa de CA	100,000 W (380 V / 400 V / 480 V @40°C)
Máx. potencia aparente de CA	110,000 VA
Máx. potencia activa de CA (cosφ=1)	110,000 W
Tensión nominal de salida	220 V / 230 V, default 3W + N + PE; 380 V / 400 V / 480 V, 3W + PE
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz / 60 Hz
Intensidad de salida nominal	152.0 A @380 V; 144.4 A @400 V; 120.3 A @480 V
Máx. intensidad de salida	168.8 A @380 V; 160.4 A @400 V; 133.7 A @480 V
Factor de potencia ajustable	0.8 LG ... 0.8 LD
Máx. distorsión armónica total	<3%

Protecciones	
Dispositivo de desconexión del lado CC	Sí
Protección contra funcionamiento en isla	Sí
Protección contra sobrintensidad de CA	Sí
Protección contra polaridad inversa de CC	Sí
Monitorización de fallas en strings de sistemas fotovoltaicos	Sí
Protector contra sobretensiones de CC	Tipo II
Protector contra sobretensiones de CA	Tipo II
Detección de aislamiento de CC	Sí
Unidad de monitorización de la intensidad Residual	Sí
Comunicaciones	
Monitor	Indicadores LED, Bluetooth/WLAN + APP
USB	Sí
RS485	Sí
MBUS	Sí (Transformador de aislamiento requerido)
General	
Dimensiones (ancho x alto x profundidad)	1,035 x 700 x 365mm (40.7 x 27.6x 14.4 pulgadas )
Peso (con soporte de montaje)	90 kg (198.4 lb.)
Rango de temperatura de operación	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Enfriamiento	Ventilación inteligente
Altitud de operación	4,000 m (13,123 ft.)
Humedad relativa	0 ~ 100%
Conector de CC	Staubli MC4
Conector de CA	Conector resistente al agua + OT/DT Terminal
Clase de protección	IP66
Topología	Sin transformador
Cumplimiento estándar (Más información disponible a pedido)	
Certificados	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683



## Anexo 13. Especificaciones técnicas del panel solar JAM54S30-390-415/MR



### ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM54S30 -390/MR	JAM54S30 -395/MR	JAM54S30 -400/MR	JAM54S30 -405/MR	JAM54S30 -410/MR	JAM54S30 -415/MR
Rated Maximum Power(P <sub>max</sub> ) [W]	390	395	400	405	410	415
Open Circuit Voltage(V <sub>oc</sub> ) [V]	36.85	36.98	37.07	37.23	37.32	37.45
Maximum Power Voltage(V <sub>mp</sub> ) [V]	30.64	30.84	31.01	31.21	31.45	31.61
Short Circuit Current(I <sub>sc</sub> ) [A]	13.61	13.70	13.79	13.87	13.95	14.02
Maximum Power Current(I <sub>mp</sub> ) [A]	12.73	12.81	12.90	12.98	13.04	13.13
Module Efficiency [%]	20.0	20.2	20.5	20.7	21.0	21.3
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of I <sub>sc</sub> (α <sub>Isc</sub> )	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of V <sub>oc</sub> (β <sub>Voc</sub> )	-0.275%/°C					
Temperature Coefficient of P <sub>max</sub> (γ <sub>Pmp</sub> )	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

### ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

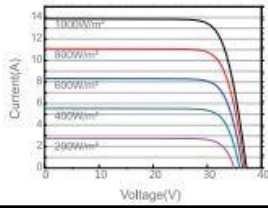
TYPE	JAM54S30-390/MR	JAM54S30-395/MR	JAM54S30-400/MR	JAM54S30-405/MR	JAM54S30-410/MR	JAM54S30-415/MR
Rated Max Power(Pmax) [W]	294	298	302	306	310	314
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	34.62	34.75	34.88	35.12	35.23	35.37
Max Power Voltage(Vmp) [V]	28.87	29.08	29.26	29.47	29.72	29.89
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.89	10.96	11.03	11.10	11.16	11.22
Max Power Current(Imp) [A]	10.18	10.25	10.32	10.38	10.43	10.50
NOCT	Irradiance 800W/m <sup>2</sup> , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G					

### OPERATING CONDITIONS

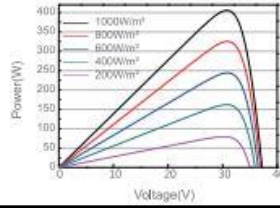
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Operating Temperature	-40 C ~+85 C
Maximum Series Fuse Rating	25A
Maximum Static Load, Front*	5400Pa(112lb/ft <sup>2</sup> )
Maximum Static Load, Back*	2400Pa(50lb/ft <sup>2</sup> )
NOCT	45±2 C
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 1

### CHARACTERISTICS

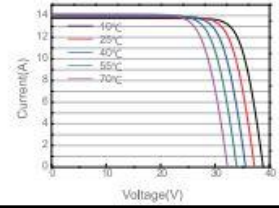
Current-Voltage Curve JAM54S30-405/MR



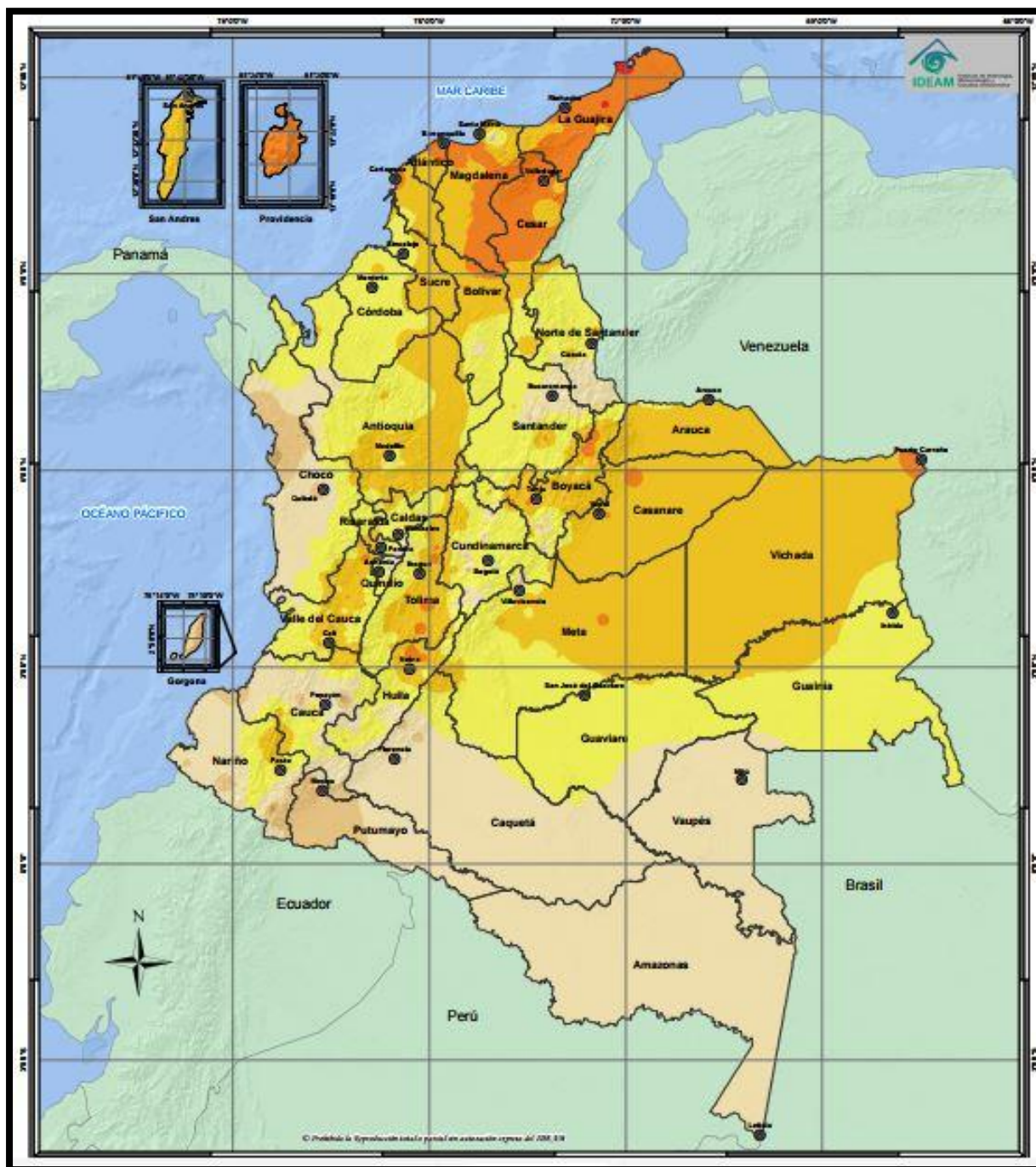
Power-Voltage Curve JAM54S30-405/MR



Current-Voltage Curve JAM54S30-405/MR



# Anexo 14. Especificaciones de radiación solar en Colombia según el IDEAM





## Anexo 15.B. Parámetros técnicos de la electrobarra



### Electrobarra MR 160 - 1000 A

Tramos rectos



Estándar de referencia: IEC 61439-6

Temperatura de referencia: 40 °C

Grado de protección: IP55

Espesor: 0.8 mm;

Dimensiones (LxH): 75-135x196mm;

Nº de conductores: 4 con la misma sección 3P+N o 5 al usar MRfull (3P+N+PE)

Conductor retardante a la llama de acuerdo con EN 60332-3

Separación entre los conductores por aisladores plásticos reforzados con 20% de fibra de vidrio que garantiza un grado de V1 auto-extinguible (según UL94) y conforma la prueba de hilo incandescente según IEC 60695-2-10