

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA

Tesis previa a la obtención del título de

INGENIERO ELÉCTRICO

**“MODELO DE UNA NORMATIVA PARA EL USO DE ELECTROBARRAS  
COMO SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN  
EDIFICIOS CORPORATIVOS Y DE VIVIENDA”**

AUTOR:

ROBERTO ALEXANDER SOLANO VACAS

DIRECTOR:

JORGE PEÑAHERRERA

Quito, febrero de 2015

## **DECLARATORIA DE AUTORÍA:**

Yo, Roberto Alexander Solano Vacas autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

A través de la presente declaración cedo el derecho de propiedad intelectual correspondiente de este trabajo a la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Además declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Quito, 27 de febrero del 2014

---

**Roberto Alexander Solano Vacas**  
**CC: 1719182998**

**AUTOR**

**CERTIFICA:**

Yo, Ing. Jorge Peñaherrera tutor, director de la tesis que titula “Modelo de una normativa para el uso de electrobarras como sistema de distribución de energía eléctrica en edificios corporativos y de vivienda” , certifico, haber dirigido y revisado prolijamente cada uno de los capítulos técnicos y financieros, realizados por el Sr. Roberto Alexander Solano Vacas, previa a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico en la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

Por cumplir los requisitos autoriza su presentación.

Quito, 27 de febrero del 2014

---

**Ing. Jorge Peñaherrera**  
**DIRECTOR**

## **DEDICATORIA.**

*Este proyecto es dedicado*

*Con mucho amor*

*A mis padres*

*Por permitirme siempre conseguir mis objetivos, por su ejemplo de bondad, perseverancia y lucha constante, por su incondicional apoyo, por forjarme como una persona de bien y sobre todo por su infinito amor.*

*A mis hermanos.*

*Por apoyarme en cada momento de mi vida, por exigirme siempre a ser una mejor persona y por la alegría que me brindan día a día con su compañía.*

*De todo corazón,*

*¡muchas gracias!*

## **AGRADECIMIENTO.**

*A la Universidad Politécnica Salesiana por haberme acogido como estudiante y día tras día irme formando, principalmente con valores profesionales y humanos que ahora son un pilar fundamental en mi vida.*

*A los profesores que formaron parte de mi vida universitaria y me compartieron siempre de la mejor manera sus conocimientos y experiencias, desarrollando en mí un espectro mucho más amplio de la realidad científica en la que está inmersa la ingeniería y especialmente la Ingeniería Eléctrica*

*Al Ing. Jorge Peñaherrera por su apoyo y motivación, por su paciencia y por impulsar el desarrollo de este trabajo.*

*A mis amigos verdaderos que también colaboraron con el desarrollo de este trabajo.*

## Contenido

DECLARATORIA DE AUTORÍA: .....	i
CERTIFICA: .....	ii
DEDICATORIA. ....	iii
AGRADECIMIENTO. ....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
LISTA DE TÉRMINOS .....	xii
LISTA DE UNIDADES .....	xiii
Resumen .....	xiv
Summary .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	2
SISTEMA DE ELECTROBARRAS.....	2
1.1 Historia de la electrobarra. ....	2
1.1.1 Definición de la electrobarra.....	2
1.1.2 Aspectos históricos .....	3
1.1.2.1 Tecnología de fase pareada .....	3
1.1.4 Funcionalidad del sistema de electrobarra.....	4
1.1.5 Estructura de la electrobarra. ....	5
1.2 Tipos de electrobarras .....	6
1.2.1 Sistemas de electrobarras para medio voltaje.....	6
1.2.1.1 Electrobarra de fase no segregada .....	7
1.2.1.2 Electrobarra tipo conductor.....	7
1.2.1.3 Electrobarra en molde de resina.....	8
1.2.2 Sistemas de electrobarras para bajo voltaje.....	8
1.2.2.1 Electrobarra tipo sánduche.....	9
1.2.2.2 Electrobarra tipo sánduche mini.....	10
1.2.2.3 Electrobarra de fase no segregada para bajo voltaje .....	10

1.2.2.4 Electrobarra en molde de resina para bajo voltaje.....	11
1.2.2.5 Electrobarra de iluminación.....	12
1.2.2.6 Electrobarra híbrida.....	12
1.3 Ventajas del uso de electrobarras.....	13
1.3.1 Instalación de cables alimentadores.....	13
1.3.2 Instalación de electrobarras.....	14
1.3.2.1 Eliminación de las bandejas portacables.....	14
1.3.2.2 Adaptabilidad en diferentes entornos de instalación.....	14
1.3.2.3 Seguridad en la instalación.....	15
1.3.2.4 Compacto y volumen ocupado.....	15
1.3.2.5 Fácil mantenimiento.....	15
1.3.2.6 Disminución de los tiempos de instalación.....	15
1.3.2.7 Flexibilidad.....	16
1.3.3 Ventajas técnicas.....	16
1.3.3 Ventajas económicas.....	16
1.4 Aplicaciones de las electrobarras.....	17
1.4.1 Sistemas de distribución eléctrica en edificios.....	17
1.4.2 Conexiones en tableros de distribución.....	17
1.4.3 Sistema horizontal de distribución.....	18
1.4.3 Sistemas de iluminación.....	18
CAPÍTULO II.....	19
NORMATIVA RELACIONADA A INSTALACIONES INTERIORES.....	19
2.1.1 Código Eléctrico Nacional.....	20
2.1.1.1 Cobertura del Código Eléctrico Nacional.....	20
2.1.1.2 Requisitos generales para las instalaciones eléctricas.....	20
2.1.1.3 Alimentadores.....	21
2.1.1.4 Cálculos de los circuitos alimentadores.....	23
2.1.1.5 Canalizaciones superficiales metálicas.....	23
2.1.1.6 Bus de cables.....	24
2.1.2 Ministerio de Electricidad y Energía Renovable “MEER”.....	24
2.1.3 Empresas Distribuidoras.....	25
2.2 Normativa colombiana para el uso de la electrobarra.....	25

2.2.1 Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE.....	26
2.2.1.1 Canalizaciones eléctricas con barras incorporadas o electroductos .....	26
1.3 Normas europeas para el uso de la electrobarra.....	28
2.3.1 Comité Europeo de Normalización Electrotécnica CENELEC .....	28
2.4 Normativa IEC para las electrobarras. ....	29
2.4.1 Norma IEC 60439 .....	29
2.4.1.1 Conductos de barras prefabricados.....	29
2.4.1.2 Dimensionamiento de un conducto de barras prefabricada.....	30
2.4.1.2.1 Corriente de empleo en un sistema trifásico .....	31
2.4.1.2.2 Elección de la corriente admisible del conducto de barras prefabricadas .....	31
2.4.1.3 Protección de un conducto de barras prefabricada. ....	32
2.4.1.3.1 Protección contra sobrecargas .....	32
2.4.1.3.2 Protección contra cortocircuito .....	33
2.4.1.3.3 Protección contra los efectos térmicos .....	33
CAPÍTULO 3. ....	34
PROPUESTA DE DISEÑOS EN BASE NORMATIVA. ....	34
3.1 Propuesta del uso de electrobarras como sistema de distribución de energía eléctrica en el interior de edificios corporativos o de vivienda .....	34
3.1.1 Antecedentes .....	35
3.1.2 Las electrobarras.....	36
3.1.3 Ventajas de la electrobarra .....	36
3.1.4 Especificaciones técnicas de las electrobarras .....	37
3.1.4.1 Condiciones de servicio.....	37
3.1.4.2 Tierra y neutro.....	37
3.1.4.3 Certificaciones IP .....	38
3.1.4.4 Características de corriente de corto circuito .....	39
3.1.4.5 Estándares internacionales que poseen las electrobarras.....	39
3.1.5 Funcionamiento de las electrobarras .....	40
3.2 Propuesta de una normativa para el diseño de proyectos eléctricos con electrobarras .....	42
3.2.1 Alcance y objeto.....	43
3.2.2 Aspectos iniciales del proyecto.....	43
3.2.3 Aspectos generales para el diseño del sistema de electrobarras .....	45

3.2.4	Resultado de la propuesta para el diseño del sistema de electrobarras.....	48
3.3	Propuesta de una normativa para la construcción de proyectos eléctricos con electrobarras .	50
3.3.1	Alcances y objetivos.....	51
3.3.2	Generalidades para la instalación de electrobarras. ....	51
3.3.3	Especificaciones técnicas para la instalación de electrobarras.....	54
3.3.5	Resultados de la propuesta.....	57
3.4	Propuesta de la medición a utilizarse cuando se utilice sistemas de distribución de electrobarras.....	57
3.4.1	Medición inteligente de energía eléctrica. ....	58
3.4.2	Importancia de la medición inteligente en instalaciones con electrobarras.....	59
CAPÍTULO IV.....		61
ANÁLISIS DE RESULTADOS-COSTO BENEFICIO-RENDIMIENTO-FACTIBILIDAD DEL USO DE LA ELECTROBARRA APLICADO AL EDIFICIO HE PARC .....		61
4.1	Análisis de requerimientos eléctricos del edificio He Parc. ....	62
4.1.1	Requerimientos eléctricos de servicios generales.....	62
4.1.2	Requerimientos eléctricos de locales comerciales .....	63
4.1.3	Requerimientos eléctricos de oficinas .....	63
4.1.4	Requerimientos eléctricos de departamentos.....	63
4.2	Estudio de carga del edificio He Parc .....	64
4.2.1	Estudio de carga de servicios generales.....	64
4.2.2	Estudio de carga de locales comerciales.....	66
4.2.3	Estudio de carga de oficinas.....	68
4.2.4	Estudio de carga de departamentos. ....	69
4.3	Diseño eléctrico del edificio He Parc, con sistema de distribución convencional, de acuerdo a las normativas vigentes.....	70
El El diseño .....		73
4.4	Diseño de la cámara de transformación de He Park.....	73
4.4.1	Acometida en medio voltaje.....	73
4.4.2	Cámara de transformación. ....	73
4.5	Propuesta de medición inteligente para el edificio He Parc.....	74
4.6	Presupuesto del proyecto He Parc con sistema tradicional de alimentadores y presupuesto con electrobarra. ....	75
4.6.1	Costo de sistema de alimentadores con cable de cobre en He Park. ....	76

4.6.2 Costo del sistema de electrobarra para He Park.....	76
4.6.3 Análisis costo beneficio del uso del sistema de electrobarra en el edificio He Park comparado con el sistema tradicional de alimentadores.....	77
CONCLUSIONES:.....	92
RECOMENDACIONES:.....	94
Referencias.....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. 1 SISTEMA DE ELECTROBARRA EN UN EDIFICIO.....	2
FIGURA 1. 2 ELECTROBARRA TIPO SÁNDUCHE .....	3
FIGURA 1. 3 TECNOLOGÍA FASE PAREADA .....	4
FIGURA 1. 4 CONEXIÓN DE ELECTROBARRAS.....	5
FIGURA 1. 5 ESTRUCTURA DE LA ELECTROBARRA .....	6
FIGURA 1. 6 ELECTROBARRA NSPB .....	7
FIGURA 1. 7 ELECTROBARRA TIPO CONDUCTO.....	8
FIGURA 1. 8 ELECTROBARRA EN MOLDE DE RESINA.....	8
FIGURA 1. 9 ELECTROBARRA TIPO SÁNDUCHE .....	9
FIGURA 1. 10 ELECTROBARRA TIPO SÁNDUCHE MINI.....	10
FIGURA 1. 11 ELECTROBARRA NSPB .....	11
FIGURA 1. 12 ELECTROBARRA EN RESINA.....	11
FIGURA 1. 13 ELECTROBARRA DE ILUMINACIÓN .....	12
FIGURA 1. 14 HUECOS FORMADOS EN MATERIALES SEMICONDUCTORES .....	12
FIGURA 1. 15 MOSAICO MARCAS DE ELECTROBARRAS .....	13
FIGURA 1. 16 SISTEMA VERTICAL DE ELECTROBARRA .....	17
FIGURA 1. 17 CONEXIONES ENTRE TABLEROS DE DISTRIBUCIONES.....	17
FIGURA 1. 18 CONEXIONES HORIZONTALES DE SISTEMA DE ELECTROBARRAS.....	18
FIGURA 1. 19 ELECTROBARRA UTILIZADA PARA ILUMINACIÓN .....	18
FIGURA 2. 1 FACTOR DE CORRECCIÓN EN FUNCIÓN DE LA PROPORCIÓN DE ARMÓNICOS .....	27
FIGURA 3. 1 CONFIGURACIONES DE LAS ELECTROBARRAS TIPO SÁNDUCHE.....	38
FIGURA 3. 2 PROTECCIÓN IP DE LAS ELECTROBARRAS .....	39
FIGURA 3. 3 DIAGRAMA GENERAL DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN CON ELECTROBARRAS .....	40
FIGURA 3. 4 EJEMPLO DE SISTEMA DE COMPUESTO POR ELECTROBARRA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA Y CONDUCTOR.....	41
FIGURA 3. 5 COMPARACIÓN ENTRE SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN CON ELECTROBARRA Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN CON CABLE .....	41
FIGURA 3. 6 ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA DE NORMATIVA PARA DISEÑO DE UN SISTEMA DE ELECTROBARRAS .....	42
FIGURA 3. 8 ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA DE NORMATIVA PARA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ELECTROBARRAS .....	51
FIGURA 3. 6 TABLERO DE MEDIDORES JUNTO A ELECTROBARRA EN EL INTERIOR DEL DUCTO .....	53
FIGURA 3. 7 TABLERO DE MEDIDORES JUNTO A ELECTROBARRA EN EL EXTERIOR DEL DUCTO .....	53

FIGURA 3. 8 TABLERO DE MEDIDORES JUNTO A ELECTROBARRA EN EL INTERIOR DEL DUCTO .....	54
FIGURA 3. 9 ESPACIOS MÍNIMOS DE INSTALACIÓN DE ELECTROBARRAS .....	55
FIGURA 3. 10 SUJECIÓN PARA ELECTROBARRA HORIZONTAL.....	55
FIGURA 3. 11 SUJECIÓN DE ELECTROBARRAS JUNTO A PAREDES.....	56
FIGURA 3. 12 SUJECIÓN VERTICAL DE ELECTROBARRAS (IZQ.) SOPORTE FLEXIBLES; (DER) SOPORTE RÍGIDO ....	57
FIGURA 3. 13 SISTEMA DE MEDICIÓN INTELIGENTE .....	60
FIGURA 4. 1 PALETA DE HERRAMIENTAS PARA DISEÑO DE ELECTROBARRA EN AUTOCAD .....	71
FIGURA 4. 2 VISTA ISOMÉTRICA FRONTAL DISEÑO DE ELECTROBARRA DE HE PARK .....	72
FIGURA 4. 3 VISTA ISOMÉTRICA POSTERIOR DISEÑO DE ELECTROBARRA DE HE PARK.....	72
FIGURA 4. 4 CUADRO COMPARATIVO COSTO ELECTROBARRA VS CABLE .....	77
FIGURA 4. 5 ESQUEMA COMPARATIVO DE TIEMPO DE INSTALACIÓN DE BARRA VS CABLE DE ACUERDO AL AMPERAJE .....	78
FIGURA 4. 6 CUADRO COMPARATIVO DEL TIEMPO DE INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE ELECTROBARRA VS ALIMENTADORES CON CABLE.....	79
FIGURA 4. 7 CUADRO COMPARATIVO DEL TIEMPO DE ADQUISICIÓN ELECTROBARRA VS CABLE .....	79
FIGURA 4. 8 CUADRO COMPARATIVO DE LA VIDA ÚTIL DE LA ELECTROBARRA VS CABLE .....	80
FIGURA 4. 9 PROTECCIÓN CONTRA ROEDORES Y CONTRA INTERFERENCIAS ELECTROMAGNÉTICAS.....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2. 1 COEFICIENTE DE CORRECCIÓN KT PARA TEMPERATURA AMBIENTE DISTINTA DE 40°C. ....	32
TABLA 3. 1 ESTUDIO DE CARGA LOCALES COMERCIALES .....	44
TABLA 3. 2 PARÁMETROS DE CONDUCCIÓN Y TAMAÑO DE LAS ELECTROBARRAS DISPONIBLES EN EL MERCADO .....	46
TABLA 3. 3 VALORES DE REACTANCIA E IMPEDANCIA DE ELECTROBARRAS DE ALUMINIO .....	47
TABLA 4. 1 ESTUDIO DE CARGA DE LOS SERVICIOS GENERALES DEL EDIFICIO HE PARK.....	65
TABLA 4. 2 ESTUDIO DE CARGA DE LOS LOCALES COMERCIALES DEL EDIFICIO HE PARK .....	67
TABLA 4. 3 ESTUDIO DE CARGA DE LAS OFICINAS DEL EDIFICIO HE PARK.....	68
TABLA 4. 5 ESTUDIO DE CARGA DE LOS LOCALES COMERCIALES DEL EDIFICIO HE PARK .....	69
TABLA 4. 6 ESTUDIO DE CARGA DE LOS LOCALES COMERCIALES DEL EDIFICIO HE PARK .....	70
TABLA 4. 6 COMPARACIÓN COSTO ELECTROBARRA VS CABLE.....	77
TABLA 4. 7 COMPARACIÓN ÁREA OCUPADA DE ELECTROBARRA VS CABLE .....	78
TABLA 4. 8 COMPARACIÓN TIEMPO DE INSTALACIÓN ELECTROBARRA VS CABLE .....	78
TABLA 4. 9 COMPARACIÓN DEL TIEMPO DE ADQUISICIÓN ELECTROBARRA VS CABLE.....	79
TABLA 4. 10 COMPARACIÓN VIDA ÚTIL ELECTROBARRA VS CABLE.....	80
TABLA 4. 11 CAÍDA DE VOLTAJE EN ALIMENTADORES CONVENCIONALES DEL EDIFICIO HE PARK .....	84
TABLA 4. 12 CAÍDA DE VOLTAJE EN LAS ELECTROBARRAS DEL EDIFICIO HE PARK .....	85
TABLA 4. 13 ANÁLISIS DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN SISTEMAS DE ELECTROBARRAS Y EN ALIMENTADORES CONVENCIONALES .....	87
TABLA 4. 14 TASA DE DEPRECIACIÓN DE LOS ALIMENTADORES CONVENCIONALES DE COBRE, PROYECTADA A 10 AÑOS.....	88
TABLA 4. 15 TASA DE DEPRECIACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ELECTROBARRAS, PROYECTADA A 10 AÑOS.....	90
TABLA 4. 16 ANÁLISIS DE COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ELECTROBARRAS .....	90

TABLA 4. 17 ANÁLISIS DE COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL USO DE ALIMENTADORES DE COBRE .....	91
TABLA 4. 18 BENEFICIOS ECONÓMICOS OBTENIDOS CON SISTEMAS DE ELECTROBARRAS FRENTE A ALIMENTADORES DE COBRE .....	91
TABLA 4. 19 FLUJO NETO DE EFECTIVO PROYECTADO A 10 AÑOS DEL USO DE SISTEMAS DE ELECTROBARRA EN EL EDIFICIO HE PARK .....	91

## LISTA DE TÉRMINOS

<b>AC</b>	Corriente alterna
<b>NEC</b>	National Electrical Code
<b>RETIE</b>	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas
<b>CENACE</b>	Centro Nacional de control de Energía
<b>CONELEC</b>	Consejo Nacional de Electricidad
<b>CEN</b>	Código Eléctrico Nacional
<b>NFPA</b>	National Fire Protection Association
<b>DC</b>	Corriente continúa
<b>EED</b>	Empresas Eléctricas de Distribución
<b>EEQ S.A.</b>	Empresa Eléctrica Quito Sociedad Anónima
<b>INEN</b>	Instituto Ecuatoriano de Normalización
<b>INECEL</b>	Instituto Ecuatoriano de Electrificación
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission
<b>LRSE</b>	Ley de Régimen del Sector Eléctrico
<b>UL</b>	Underwriters Laboratories
<b>NTC</b>	Norma Técnica Colombiana
<b>ITE</b>	Inspección Técnica de Edificaciones
<b>EN</b>	Norma Europea
<b>CENELEC</b>	Comité Europeo de Normalización Electrotécnica
<b>HD</b>	Documento de Armonización

## LISTA DE UNIDADES

<b>W</b>	Vatios
<b>kW</b>	Kilovatios
<b>V</b>	Voltios
<b>A</b>	Amperios
<b>ohm</b>	Ohmios
<b>kVA</b>	kilo volta amperios
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>mm</b>	Milímetros
<b>cm</b>	Centímetros
<b>m</b>	Metro
<b>Usd</b>	Dólares americanos

# Resumen

## “Modelo de una normativa para el uso de electrobarras como sistema de distribución de energía eléctrica en edificios corporativos y de vivienda”

Roberto Alexander Solano Vacas.

[roberto.solano87@gmail.com](mailto:roberto.solano87@gmail.com)

Universidad Politécnica Salesiana

*Resumen*—En este trabajo se 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.

Una vez que se muestra las bondades de las electrobarras, sus aplicaciones y una normativa para reglamentar su uso, se hace necesario la implementación en un proyecto real. En este trabajo se diseña la parte eléctrica del edificio He Park, un proyecto nuevo y que se halla en pleno proceso de construcción. Se analiza los requerimientos eléctricos que solicita un proyecto como este, se realizan los respectivos estudios de cargas y finalmente se propone las dos alternativas para el sistema de alimentadores: la primera opción es con cables de cobre, que es el sistema convencional y la segunda opción es por medio de electrobarras. De esta manera se puede constatar cual será el mejor al momento de construir un proyecto de

estas magnitudes.

Con el crecimiento de la demanda de energía eléctrica en los edificios residenciales y corporativos, se propone usar las electrobarras para alimentar estas cargas y circuitos ramales, junto a un sistema de medición inteligente, debido a que con la electrobarra, la medición en este tipo de proyectos, no puede ser centralizada.

Finalmente una vez que se ha diseñado un edificio con sistema de electrobarras, se analiza los costos beneficios que provoca esta propuesta, contemplando indicadores como: costas del equipamiento, tiempos de implementación del sistema y tiempos de vida útil.

*Términos*— Electrobarras, alimentadores, costo – beneficio, medición inteligente, normativa, reglamento, circuitos ramales, cargas, cámara de transformación, empresas distribuidoras, cobre, aluminio, protección contra cortocircuitos, ductos preformados, eficiencia energética.

# Summary

## “Model rules for using busways as system power distribution in corporate buildings and housing ”

Roberto Alexander Solano Vacas.

[roberto.solano87@gmail.com](mailto:roberto.solano87@gmail.com)

Universidad Politécnica Salesiana

Abstract- This paper presents a technical proposal to implement busways use in residential and corporate buildings, in a regulated manner, proposing a technical regulation for both the design and construction standards based on several European and Latin American countries.

The current form of power systems and power distribution used in large buildings is analyzed and obsolescence who already have considerable cables to supply currents inside thereof is determined.

It show a more didactic developing about busways, its main technical characteristics shown its advantages to be installed as power system.

Once the benefits of busways, applications and regulations shown to regulate its use, implementation is necessary in a real project. In this work the electrical part of the building He Park, a new project was designed and is in the process of construction. Electrical requirements applying for a project like this is analyzed, the respective load studies are conducted and finally the two alternatives for the system feeders is proposed: the first option is copper cable, which is the conventional system and the second option It is through busways. This way you can observe what will be the best when building a project of this magnitude.

With the growth of electricity demand in residential and corporate buildings, intends to use

busways to feed these loads and branch circuits, together with a smart metering system, because the busways, measurement in this type of projects cannot be centralized.

Finally, once a building is designed with electrobarras system, causing cost benefits analyzes this proposal.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, con el desarrollo urbanístico y el crecimiento de las demandas de energía eléctrica que poseen cada vez más la sociedad, los proyectos residenciales y corporativos deben poseer un sistema eléctrico rígido, eficiente y seguro.

La alimentación de la energía eléctrica para cada circuito ramal y cargas especiales para los nuevos proyectos se la realiza mediante cables de secciones cada vez más grandes, lo que significa reducción de espacio físico en la edificación, aumento de costos por el precio del cobre, tiempos largos de ejecución de la obra. Todo estos inconvenientes a la larga generan gastos cuantiosos, por lo que se propone que en el Ecuador ya se instalen electrobarras en lugar de alimentadores convencionales con cables de cobre, siempre y cuando se lo realice con electrobarras certificadas, con diseños apropiados y con correctas instalaciones que garanticen la continuidad del servicio y la seguridad de personas y equipos alrededor de la misma.

El uso de la electrobarra no es algo nuevo a nuestros alrededores, Colombia y Perú son claros ejemplos de su implementación en proyectos eléctricos y más aún en Europa y Asia donde el cable de cobre ya ha sido reemplazado en su totalidad para usarlo como alimentador. Edificaciones de más de 30 pisos no tienen como opción al cable y únicamente trabajan con electrobarras.

Esta propuesta habla de cambiar la idea de instalar los sistemas eléctricos que se instalan actualmente y procurar de alguna manera incentivar la industrialización y la fabricación de electrobarras en el país, una vez que su utilización se la haga de una manera continua y en niveles macros.

# CAPÍTULO I

## SISTEMA DE ELECTROBARRAS.

### Resumen

En este capítulo se describen las características de las electrobarras, su origen y funcionalidad, se enumera algunos modelos existentes en el mercado, se proyecta sus ventajas ante el sistema de alimentadores y cuáles serían sus aplicaciones.

### 1.1 Historia de la electrobarra.

Las primeras electrobarras aparecieron el siglo pasado, con una forma muy sencilla pero que ya contaban con una configuración de barras conductoras de fase pareada, es decir, muy parecidas a un sánduche.

#### 1.1.1 Definición de la electrobarra

El sistema de electrobarras consiste en un conjunto de elementos conductores de cobre o aluminio, modulares, estandarizados y diseñados de tal manera que se interconectan entre sí para formar líneas de distribución que transporta energía eléctrica desde los puntos de generación, transformación o conexión a la red, hasta los centros de cargas o cargas individuales en una edificación. [1]



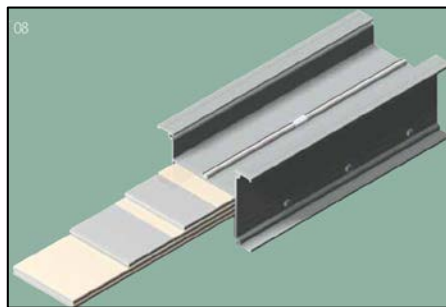
**Figura 1. 1** Sistema de electrobarra en un edificio

**Fuente [1]:** <http://www.electbus.com/es/nuestros-productos/productos-distribucion-electrica-integrada/#>

### 1.1.2 Aspectos históricos

Los sistemas de electrobarras fueron desarrollados a principios del siglo pasado, originalmente con una barra no segregada muy sencilla, patentada por Bulldog Electrical Inc. en 1933. En 1944, ITE Electric Inc. patentó un nuevo diseño de electrobarra con una configuración de conductores en fase pareada, logrando incrementos apreciables en la eficiencia de la barra original.

En 1956 General Electric, introdujo al mercado una nueva patente de una electrobarra segregada, compacta tipo sándwich con la cual se logró una eficiencia equivalente a la tecnología de fase pareada a un menor costo. Este modelo fue tomado por varias empresas que se dedicaron a la fabricación de este tipo de barras y que hasta la actualidad, son las más utilizadas. [2]



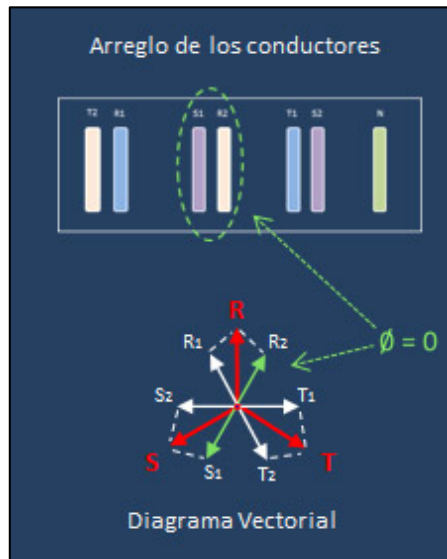
**Figura 1. 2** Electrobarra tipo sánduche  
**Fuente** [3] LS C&S Bus Way System

#### 1.1.2.1 Tecnología de fase pareada

En el diseño de ciertas electrobarras se incluye la tecnología de fase pareada, que consiste en dividir cada fase en dos conductores los cuales seorean entre sí. Con esta configuración se logra que las corrientes que circulan entre ellos sean opuestas en  $180^\circ$  y de magnitud similar, lo cual reduce apreciablemente el campo electromagnético y reduce al mínimo las pérdidas y la caída de voltaje a lo largo de la línea. Este efecto además de reducir la impedancia de la línea, consigue corregir de manera automática los desbalances de las corrientes de las fases por efecto de las corrientes inducidas en los pares. Así se consigue un

sistema trifásico con máxima eficiencia de conducción; con mínima y uniforme caída de voltaje, aún en caso de cargas desbalanceadas.

Esta tecnología se implementó para resolver el problema de desbalance, en los sistemas eléctricos, que causaban las varias soldadoras monofásicas conectadas al sistema trifásico de industrias automotrices. [4]

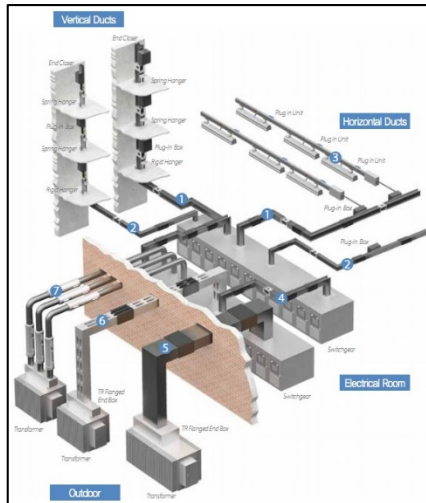


**Figura 1. 3** Tecnología fase pareada

**Fuente** [4]: <http://www.electbus.com/es/electro-barras/electro-barra-ite-de-fase-pareada/>

#### 1.1.4 Funcionalidad del sistema de electrobarra.

Los sistemas de electrobarras o también conocidos como sistemas de blindobarras, pueden distribuir energía en bajo o medio voltaje mediante barras conductoras rígidas y accesorios como: codos horizontales y verticales, flanges de conexión, conectores en “T”, transiciones, elementos de protección, soportería, elementos de instalación y todos los accesorios necesarios para realizar conexiones. [5]



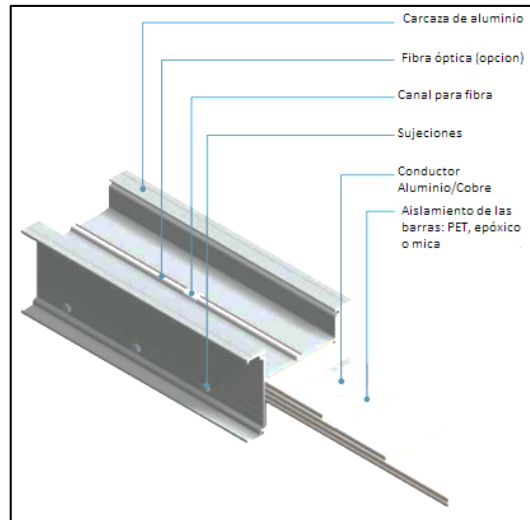
**Figura 1. 4** Conexión de electrobarras  
**Fuente [3]:** L&S Busduct System

### 1.1.5 Estructura de la electrobarra.

De acuerdo a la aplicación de la electrobarra y también dependiendo del origen de manufactura, la electrobarra puede tener distintas configuraciones en su estructura, pero la más común y generalizada en el mercado es la tipo sánduche, cuyas partes son:

1. **Carcasa de aluminio recubierta con pintura.-** Es la protección general de la electrobarra, es aterrizada y antiestática. Es la parte más externa de la electrobarra.
2. **Pernos de fijación con arandela.-** Es el conjunto de fijación entre las partes de la carcasa.
3. **Barras conductoras.-** Es el núcleo de las electrobarras, pueden ser de aluminio o cobre y su tamaño varía de acuerdo a la corriente que deberá soportar. Existen electrobarras con tres, cuatro e inclusive cinco barras montadas entre sí, dependiendo del sistema.
4. **Aislante.-** El aislante se encuentra entre las barras conductoras y entre la carcasa y las barras conductoras. Debe ser de un material altamente resistivo a temperaturas de hasta 230° y pueden ser epóxicas, pet (polietilen tereftalato) o de mica.

5. **Canal para fibra óptica.-** Algunas electrobarras poseen una ranura aislada para llevar un cable de señal, que puede ser de fibra óptica e inclusive ciertas electrobarras ya vienen con el cable de fibra óptica preinstalado [3]



**Figura 1. 5** Estructura de la electrobarra  
**Fuente [3]:** LS C&C Bus Way System, General Specifications

## 1.2 Tipos de electrobarras

Por su nivel de voltaje de operación, el sistema de electrobarras se ha clasificado en dos grandes grupos de acuerdo a la NFPA NEC (National Electrical Code 2011) y es la clasificación general que también mantienen, para estos sistemas, otras fuentes bibliográficas. Se los ha clasificado en electrobarras de medio voltaje y en electrobarras de bajo voltaje. [6]

### 1.2.1 Sistemas de electrobarras para medio voltaje

Estos sistemas de electrobarras son muy robustos, es decir, su constitución es más resistente a condiciones fuertes de trabajo, poseen capacidades de conducción de corriente de entre 630 y 7500 amperios, y pueden operar con voltajes de hasta 27 kV. Se utilizan en subestaciones eléctricas, en plantas industriales que poseen hornos a inducción que funcionan

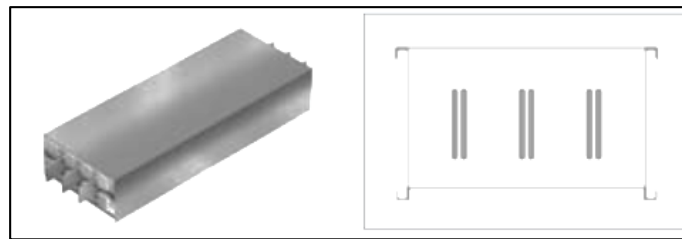
a voltajes de 13,2 kV, e inclusive para sistemas de transmisión de energía eléctrica.

Por su constitución, aplicación y niveles de voltajes que soportan se las ha clasificado en los siguientes tipos: [3]

- Electrobarra de fase no segregada.
- Electrobarra tipo conductor.
- Electrobarra en molde de resina.

#### 1.2.1.1 Electrobarra de fase no segregada

Electrobarra tipo NSPB (electrobarra de fase no segregada) compacta, cuyas barras están separadas por fases y el aislamiento entre las mismas es de aire. Contiene barras de aluminio y una carcasa en acero tipo indoor / outdoor. Pueden soportar voltajes de hasta 27 kV AC y corrientes de hasta 4000 A. Estas electrobarras son recomendadas para plantas donde se requiere alta estabilidad. [3]



**Figura 1. 6** Electrobarra NSPB  
**Fuente [3]:** L&S Busduct system

#### 1.2.1.2 Electrobarra tipo conductor

Electrobarra tipo SIB con aislamiento dieléctrico epóxico impregnado al vacío. Posee sistema de separación de fase. Diseñada para cargas de medio voltaje: por debajo de 27kV CA y hasta 7500A. El beneficio de las blindobarras y el cable incorporadas con SIB son sus aplicaciones en medio voltaje. Sus barras son tubulares y de cobre. [3]



**Figura 1. 7** Electrobarra tipo conducto

**Fuente [3]:** L&S Busduct system

### 1.2.1.3 Electrobarra en molde de resina

Electrobarra hecha en molde de resina. Posee un IP de hasta 68. Sus barras están moldeadas con un dieléctrico epóxico. Diseñada para operar en voltajes inferiores a 27 kV y una corriente de hasta 5000 A. Esta electrobarra es la más adecuada y segura para trabajar en lugares de alta contaminación y donde se requiere alta estabilidad. [3]



**Figura 1. 8** Electrobarra en molde de resina

**Fuente [3]:** L&S Busduct system

### 1.2.2 Sistemas de electrobarras para bajo voltaje.

Corresponden a los sistemas de electrobarras utilizados para distribución de energía eléctrica que va desde los 25 hasta 7500 amperios, para sistemas de hasta 690 voltios 50/60 Hz.

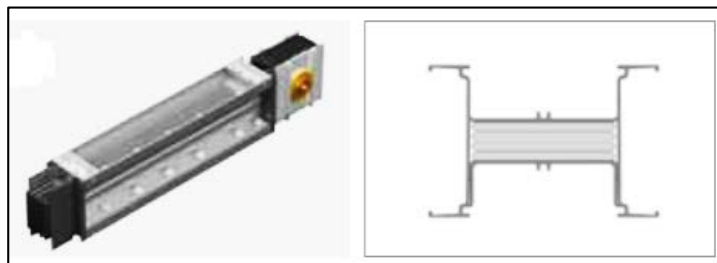
Al igual que las electrobarras de medio voltaje, las electrobarras para bajo voltaje, según su aplicación y su constitución, se han clasificado en los siguientes tipos: [5]

- Electrobarra tipo sánduche
- Electrobarra tipo sánduche mini
- Electrobarra de fase no segregada para bajo voltaje

- Electrobarra en molde de resina para bajo voltaje.
- Electrobarra de iluminación.
- Electrobarra híbrida

### 1.2.2.1 Electrobarra tipo sánduche

Electrobarra tipo sánduche, denominada así por la disposición de sus barras. El material de las barras puede ser de cobre o aluminio. Las barras poseen un aislamiento de película de PET, recubrimiento epóxico o de mica. Poseen una carcasa de aluminio, con un IP54. Diseñado para operar con voltajes inferiores a 1000 V CA, entre 630 hasta 7500 amperios. Esta tipo de barra es el modelo estándar más utilizado. [3]



**Figura 1. 9** Electrobarra tipo sánduche  
Fuente [3]: L&S Busduct system

El PET o polietileno tereftalato es un polímero plástico que se obtiene mediante un proceso de polimerización de ácido teraftálico y monoetilenglicol. Posee alto grado de cristalinidad y termoplástico en su comportamiento. Brinda mucha resistencia a factores químicos, térmicos y físicos, que lo hacen muy recomendado para aislar las fases que componen las electrobarras. [7]

La resina epóxica, también utilizada como aislante de las fases de las electrobarras, es un polímero termoestable, que se endurece cuando se lo mezcla con un catalizador. El epóxico es un excelente aislador eléctrico y se usa en muchos componentes para protegerlos de cortocircuitos, polvo y humedad. [8]

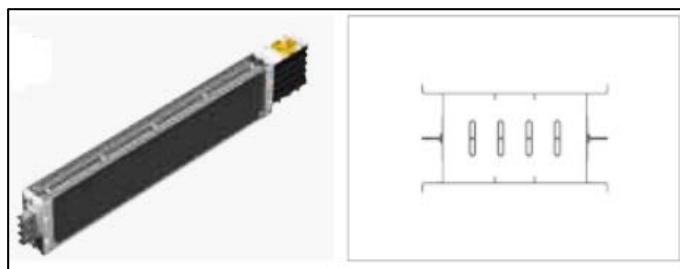
La mica, al contrario de los aislantes antes nombrados, es un mineral alcalino, caracterizado por su fácil exfoliación en láminas flexibles, elásticas, brillantes y sobre todo muy resistentes a temperaturas que superan los cientos de grados centígrados. Por su

resistencia al agua y al calor, estas láminas son aprovechadas como aislantes eléctricos y térmicos y se las utiliza en motores, condensadores y en barras conductoras de energía eléctrica. [9]

La utilización de cualquiera de este tipo de aislante, en la electrobarra, su carcasa hermética de aleación de aluminio y electrosoldada, y su constitución, le otorgan un grado de protección contra factores adversos ambientales como polvo, humedad o cuerpos extraños; alargando su vida útil y evitando daños para la barra como para su entorno. Esta protección se la ha clasificado en grados IP, que categorizan el nivel de resistencia que tiene el equipo eléctrico a los agentes externos ambientales. En el caso de la electrobarra tipo sánduche, su grado IP es 54; el primer número (5) corresponde al reconocimiento para protección contra el contacto y describe que el nivel 5 posee protección completa contra contacto, protección contra sedimentaciones de polvos en el interior y, el segundo número, en este caso el 4, se refiere a protección contra el agua, siendo el 4 un nivel de protección contra agua pulverizada. [10]

### 1.2.2.2 Electrobarra tipo sánduche mini

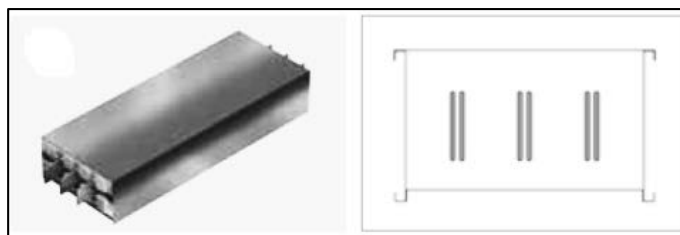
Electrobarra también de tipo sánduche, El material de las barras son de aluminio. Las barras poseen un aislamiento de aire. Esta electrobarra tiene una carcasa de aluminio, con un IP54. Diseñado para operar con voltajes inferiores a 1000 V CA, entre 160 hasta 800 amperios. Esta tipo de electrobarra es ideal para pequeños sistemas de distribución con múltiple repartición de cargas: zonas verticales de edificios, centros de datos, fábricas. [3]



**Figura 1.10** Electrobarra tipo sánduche mini  
Fuente [3]: L&S Busduct system

### 1.2.2.3 Electrobarra de fase no segregada para bajo voltaje

Electrobarra tipo NSPB (electrobarra de fase no segregada) compacta, cuyas barras están separadas por fases y el aislamiento entre las mismas es de aire. Contiene barras de aluminio y una carcasa en acero tipo indoor / outdoor. Pueden soportar voltajes menores a 1000 V. AC y corrientes de hasta 4000 A. Recomendadas para plantas donde se requiere alta estabilidad. [3]



**Figura 1.11** Electrobarra NSPB  
**Fuente [3]:** L&S Busduct system

#### 1.2.2.4 Electrobarra en molde de resina para bajo voltaje

Electrobarra hecha en molde de resina. Posee un IP de hasta 68, es decir, protección completa contra contacto, penetración de polvo y agua sumergiéndolo por un periodo indefinido. Sus barras están moldeadas con un dieléctrico epóxico. Diseñada para operar en voltajes menores a 1000V CA, y 630 A. Es la electrobarra adecuada y más segura para trabajar en lugares de alta contaminación y donde se requiere alta estabilidad. [3]



**Figura 1.12** Electrobarra en resina  
**Fuente [3]:** L&S Busduct system

### 1.2.2.5 Electrobarra de iluminación

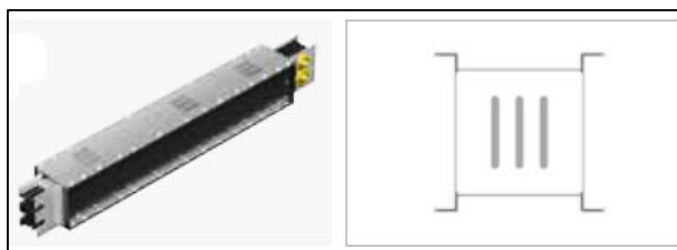
Electrobarra tipo cable. Posee barras tubulares de cobre con aislamiento extruido de PVC (policloruro de vinilo). Su carcasa es de aluminio, Posee varios tipos de conexión. Uniones tipo Brush (puede ser instalado con el sistema energizado). Diseñado para operar hasta con 690V AC, entre 25 hasta 63 amperios. Esta electrobarra es conveniente para conectar luminarias y distribuir energía a equipos pequeños. [3]



**Figura 1.13** Electrobarra de iluminación  
**Fuente [3]:** L&S Busduct system

### 1.2.2.6 Electrobarra híbrida

Este tipo de electrobarra es la combinación entre la tipo sánduche y la tipo de fase no pareada. Sus barras poseen aislante tipo aire tipo NSPB compacto. Diseñada para operar con voltajes inferiores a 1000V CA y entre 1000 hasta 5000 amperios. Ideal para barcos, torres de viento y plantas químicas donde la estabilidad es requerida. [3]



**Figura 1.14** Huecos formados en materiales semiconductores  
**Fuente [3]:** L&S Busduct system

En la figura 1.15 se pueden apreciar algunos modelos más comunes fabricados y distribuidos de estos tipos de electrobarras.



**Figura 1. 15** Mosaico marcas de electrobarras  
**Fuente** Autor - Roberto Solano

### **1.3 Ventajas del uso de electrobarras.**

En esta sección se proyectará las eventuales ventajas que se pueden obtener al utilizar las electrobarras, para transmitir energía eléctrica, en lugar de cables. En primer lugar, se determina la conexión de las cargas por medio de cables alimentadores y luego la instalación de electrobarra en lugar de cables para alimentar con energía eléctrica a las diferentes cargas en un mismo proyecto.

#### **1.3.1 Instalación de cables alimentadores.**

Cuando se hace suministro de energía mediante alimentadores convencionales, cada carga tiene que ser conectada individualmente mediante cables, lo cual representa utilizar un gran tamaño de espacio en ductos o canaletas, debido al tamaño del cable, a la reserva de espacio para mantenimiento, futuras conexiones y para ventilación de los alimentadores y evitar sobrecalentamiento. Adicional al espacio, los alimentadores requieren un panel de distribución. Estas variables mencionadas anteriormente, representan costos elevados en la construcción.

### **1.3.2 Instalación de electrobarras.**

Las electrobarras están separadas desde una línea hasta una caja de derivación simplificando el sistema de alimentación eléctrica. Un interruptor se instala en la caja de derivación para que proteja eficazmente la corriente de falla. Con esta configuración de instalación de la electrobarra, se debe apreciar las siguientes ventajas:

1. Eliminación de las bandejas portacables.
2. Adaptabilidad en diferentes entornos e instalación.
3. Seguridad en la instalación.
4. Compacto y volumen ocupado.
5. Fácil mantenimiento.
6. Disminución de los tiempos de instalación.
7. Flexibilidad. [11]

#### **1.3.2.1 Eliminación de las bandejas portacables.**

Debido a que la barra posee una carcasa de acero o aluminio, al contrario de los cables, ésta no requiere de bandejas portacables ya sea en instalación horizontal o instalación vertical. Si no se instala previamente bandejas portacables, la instalación del alimentador eléctrico, en este caso la electrobarra se haría más rápidamente y el espacio que es ocupado por la bandeja podría ser aprovechado en otra aplicación que no sea la alimentación eléctrica. Este análisis se lo detallará más detenidamente en el cuarto capítulo. [12]

#### **1.3.2.2 Adaptabilidad en diferentes entornos de instalación.**

El sistema de distribución de energía en electrobarras puede ser aplicado a varias rutas complejas. El sistema cuenta con varios accesorios tales como codos, off-set y T, de tal manera que pueden transmitir alta capacidad de corriente esperando obtener mínimas pérdidas eléctricas y mecánicas. [12]

### **1.3.2.3 Seguridad en la instalación.**

Las barras conductoras se encuentran completamente aisladas en una electrobarra y además poseen un recubrimiento por un cerramiento metálico aterrizado, por lo que la instalación en ciertas barras de bajo voltaje se lo puede hacer en caliente, es decir, con energía. [12]

### **1.3.2.4 Compacto y volumen ocupado.**

El diseño compacto del sistema de electrobarras ofrece una eficiencia de espacio en comparación con los cables. Mientras los cables requieren mayor espacio para instalar múltiples líneas, así mismo se necesita espacio adicional para las áreas de devanado, las electrobarras usan los accesorios apropiados para maximizar la eficiencia del espacio. Las electrobarras, por su estructura, especialmente las de tipo sánduche, ocupan un menor volumen que el que ocupan los cables en un alimentador debido también a la disposición física de las barras. [12]

### **1.3.2.5 Fácil mantenimiento.**

El diseño del sistema de electrobarras hace que sea fácil detectar anomalías durante la instalación y asegura un mantenimiento fácil. Cuando la humedad o polvo provoca un fallo en el sistema, el diseño modular permite reemplazar sólo la parte dañada. [12]

### **1.3.2.6 Disminución de los tiempos de instalación.**

Esta ventaja se la analizará posteriormente con más detalle pero se presume que debido a la estructura modular del sistema de electrobarra, a la eliminación de bandejas y al tamaño reducido de la electrobarra, sería posible disminuir los tiempos de instalación. [12]

### **1.3.2.7 Flexibilidad**

Las electrobarras, al ser modulares, se pueden desmontar y reinstalarse en el mismo sitio o en otro. Por lo tanto, siempre serán un activo con un alto valor de recuperación. [12]

### **1.3.3 Ventajas técnicas.**

La NFPA 70 NEC National Electrical Code, en su artículo 364 de las electrobarras, así como varios proveedores de las mismas, en sus garantías y pruebas de productos, mencionan varias ventajas con relación al aspecto técnico. Estas ventajas se las analizará posteriormente y se las comparará con el uso de cable, sin embargo se menciona algunas ventajas encontradas en la investigación: [6]

1. Alta tolerancia al corto circuito
2. Alta densidad de corriente
3. Características excepcionales de EMC (compatibilidad electromagnética) y EMI (interferencia electromagnética)
4. Mejor regulación de voltaje
5. Menores pérdidas por efecto Joule
6. Menores pérdidas por efecto piel
7. Menores pérdidas por robos de energía
8. Mejor aprovechamiento de la energía instalada.
9. Mejor control de la calidad del suministro

### **1.3.3 Ventajas económicas.**

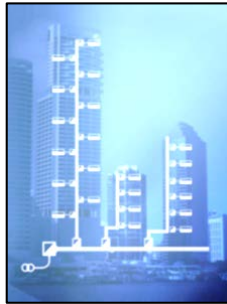
Si se logra comprobar la veracidad de las ventajas anteriores tanto técnicas, tiempos de ejecución en la instalación y espacio utilizado en campo, las ventajas económicas simplemente serán una consecuencia, por ende se desea determinar la ventaja económica que se obtendrá al reemplazar el uso del cable por la electrobarra en sistemas de distribución eléctrica en edificios residenciales y corporativos.

## 1.4 Aplicaciones de las electrobarras.

El sistema de electrobarras puede suplir la presencia de cables en cualquier sistema de distribución de energía eléctrica. Por lo tanto, el rango de aplicación de las electrobarras es muy amplio.

### 1.4.1 Sistemas de distribución eléctrica en edificios.

La electrobarra puede reemplazar a los alimentadores convencionales que generalmente atraviesan todo el edificio en sentido vertical para llevar la energía a todas las cargas ubicadas en la parte superior del mismo.



**Figura 1. 16** Sistema vertical de electrobarra

**Fuente** [4]: <http://www.electbus.com/es/nuestros-productos/productos-distribucion-electrica-integrada/#>

### 1.4.2 Conexiones en tableros de distribución.

Debido al gran tamaño del cable que se utiliza para conectar desde el secundario del transformador a los tableros de distribución, o interconectar entre varios tableros, se tiene como una mejor opción se las electrobarras para disminuir costos y aprovechar espacio físico.



**Figura 1. 17** Conexiones entre tableros de distribuciones

**Fuente** [5] Sistema de Blindobarras para distribución de energía en baja tensión

### 1.4.3 Sistema horizontal de distribución.

Las electrobarras se instalan en grandes fábricas o galpones, donde no existe mucha altura, sin embargo la distribución de la energía eléctrica es de forma horizontal para llegar a cada una de las cargas instaladas.



**Figura 1. 18** Conexiones horizontales de sistema de electrobarras  
**Fuente** [13]: [http://www.graziadio.it/img/img\\_esp2\\_big.jpg](http://www.graziadio.it/img/img_esp2_big.jpg)

### 1.4.3 Sistemas de iluminación.

Se aprovechan las electrobarras para distribuir energía eléctrica a sistemas de iluminación de grandes áreas, como galpones industriales, bodegas de almacenamiento o supermercados, que fácilmente superan los 200 m<sup>2</sup>; iluminación en lugares de extrema contaminación o donde exista presencia de roedores. También se utiliza para la iluminación de naves marítimas y laboratorios químicos donde se requiere alta estabilidad.



**Figura 1. 19** Electrobarra utilizada para iluminación  
**Fuente** [3] L&S Busduct System

## **CAPÍTULO II.**

### **NORMATIVA RELACIONADA A INSTALACIONES INTERIORES .**

#### **Resumen**

El sector eléctrico ecuatoriano ha tenido una gran evolución en elaborar y socializar normativas para las instalaciones eléctricas, y así, evitar posibles riesgos causados por sobrecargas, instalaciones iniciales mal diseñadas, mal construidas o porque no se prevé posibles aumentos de consumos de electricidad.

Este capítulo analiza las normativas más importantes del Ecuador e identifica si tienen relación con el uso de las electrobarras en instalaciones interiores de edificios. Además revisa de manera general las normativas para el uso de la electrobarra en países como Colombia, países de la Unión Europea y en la norma IEC.

#### **2.1 Estado de una normativa en el Ecuador para el uso de electrobarras.**

Durante los últimos años el Ecuador ha entrado en una fase de estandarización de parámetros para la construcción eléctrica, y el principal y único ente regulador de este proceso es el Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización (INEN). Existen agentes relacionados al INEN que colaboran para la realización de normativas. Entre algunos agentes externos colaboradores están: el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables “MEER”, la Empresa Eléctrica Quito, y otras empresas eléctricas del país. Estos agentes, basándose en sus funciones han colaborado para la elaboración del Código Eléctrico que también direcciona la simbología de los elementos a utilizarse en las instalaciones eléctricas.

### **2.1.1 Código Eléctrico Nacional.**

El INEN es el organismo técnico nacional, principal encargado del Sistema Ecuatoriano de la Calidad en el país, Normalización, Reglamentación Técnica y Metrología. Para la parte eléctrica, el INEN posee el Código Eléctrico Nacional, el mismo que tiene una vigencia desde el 2001 y cuyo principal objetivo es salvaguardar a las personas y bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad, mediante disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad. Con el cumplimiento de este código se pretende obtener instalaciones eléctricas eficientes, libre de riesgos y adecuadas para ampliaciones futuras. [14]

#### **2.1.1.1 Cobertura del Código Eléctrico Nacional**

Este código cubre las instalaciones de conductores y equipos eléctricos en o sobre edificios y en otras estructuras como vivienda móvil, patios, parques, estacionamientos y en infraestructura industrial; otras instalaciones que se conectan a suministros de electricidad dentro o fuera de la propiedad.

Este código no cubre instalaciones en buques, naves distintas de las casas flotantes, material rodante ferroviario; instalaciones subterráneas en minas e instalaciones ferroviarias para la generación, transmisión o distribución de energía eléctrica usada. [15]

#### **2.1.1.2 Requisitos generales para las instalaciones eléctricas**

En el Código Eléctrico Nacional (CEN), los requisitos generales para alimentadores, sistemas de distribución, canalización y cableado, exige o permite la utilización de los mismos si están debidamente aprobados por el INEN. Se debe evaluar si el equipamiento es el adecuado para las zonas y las funciones a las que va a ser sometido.

Todos los equipamientos eléctricos que se van a instalar deben ser rotulados, estar certificados e incluir instrucciones

El CEN manifiesta en sus requisitos generales el adecuado dimensionamiento de conductores, conexiones y protecciones para usarse como alimentadores eléctricos. Además

menciona la forma de instalación, sujeciones y los cuidados que se debe tener cuando se construyen sistemas eléctricos de acuerdo a los diferentes tipos de áreas donde se lo vaya a realizar..

Estas generalidades del Código Eléctrico Nacional, no contemplan las electrobarras, sin embargo se podría tomar estas obligaciones, ya que si se mencionan equipos eléctricos, la electrobarra cae en esta clasificación. [15]

### **2.1.1.3 Alimentadores**

En esta sección se trata los requisitos de instalación, de la capacidad de corriente y del calibre mínimo de los conductores que conforman los alimentadores que suministran corriente a los circuitos ramales. [15]

#### **2.1.1.3.1 Capacidad de corriente y calibres mínimos**

Los conductores de los alimentadores deben tener una capacidad de corriente no menor a la necesaria para alimentar las cargas calculadas para cada uno de los usuarios o clientes finales. Los calibres mínimos deben ser los especificados en las siguientes condiciones: los conductores del alimentador de una unidad de vivienda no tienen que ser de mayor calibre que los conductores de acometida.

La electrobarra o un sistema de electrobarras, dentro de una instalación eléctrica, reemplaza a estos alimentadores y debería constar en esta sección del Código Eléctrico Nacional. Debe entonces añadirse aquí, el dimensionamiento a la capacidad de conducción de la electrobarra, dependiendo de a que circuitos ramales va a alimentar y de la capacidad de corriente relativa a la entrada de la acometida. Y la corriente nominal para abastecer a cada una de las cargas instaladas. [15]

#### **2.1.1.3.2 Protección contra sobrecorrientes**

Los alimentadores deben estar protegidos contra sobrecorrientes según su capacidad de corriente siempre y cuando no formen parte de un circuito ramal ni que su capacidad de

corriente corresponda con la corriente nominal de un fusible o interruptor automático de circuitos sin ajustes para disparo por sobrecarga por encima de su valor nominal.

La electrobarra debe ser protegida, de forma idéntica a los alimentadores, contra sobrecorrientes tal como se establece en este código, pero no se las menciona y peor aún no se establece los parámetros para protegerla. [15]

#### **2.1.1.3.3 Alimentadores con neutro común**

Este código permite utilizar un neutro común para grupos de alimentadores siempre y cuando sean trifilares o más y también cuando se encuentren dentro de una estructura metálica cerrada. [15]

#### **2.1.1.3.4 Diagramas de los alimentadores**

El CEN sugiere diseñar planos de los circuitos eléctricos que existen en un proyecto de manera unifilar, indicando el dimensionamiento y la longitud de los alimentadores [15]

#### **2.1.1.3.4 Medios de puesta a tierra del conductor del alimentador**

Los alimentadores deben contemplar en su configuración, un cable de tierra, dependiendo de la carga se diseña el calibre.

Como se puede apreciar en todo el Código Eléctrico Nacional, no se considera la opción de las electrobarras en la sección de alimentadores, pero ésta, al reemplazarlos, debe cumplir con todos los lineamientos que el código expone, por esta situación la electrobarra tiene también en su estructura una barra de tierra o, dependiendo de su constitución, la carcasa es la tierra, a la cual se conectarán los circuitos ramales o equipos que requieran su conexión de puesta a tierra. Si se requiere una tierra de mayor capacidad de conducción dentro de la electrobarra, se la mandará a fabricar con este requerimiento. [15]

#### **2.1.1.4 Cálculos de los circuitos alimentadores**

En esta sección, el Código Eléctrico Nacional, trata los requisitos para calcular las cargas de los alimentadores, dependiendo de los valores de voltaje, del tipo de carga y de la distancia a la cual están estas cargas desde el tablero de distribución principal del que salen los alimentadores. Por tal motivo menciona que la capacidad de corriente que deben poseer los conductores del alimentador, tienen que cubrir la corriente suficiente que requieren las cargas conectadas. Por ningún motivo la carga calculada para un alimentador, debe ser menor a la suma de las cargas de los ramales conectados a dicho alimentador. Si el alimentador posee cargas continuas y no continuas, la capacidad de corriente del dispositivo de protección contra sobrecorriente no debe ser menor a la carga no continua más el 125 % de la carga continua. El calibre mínimo de los conductores del alimentador, sin aplicar ningún factor de ajuste o corrección, debe permitir una corriente máxima igual o mayor que la de la carga no continua más el 125 % de la carga continua. Además se menciona también la capacidad de corriente que también debe poseer el neutro para dimensionarlo también dependiendo de las cargas conectadas.

El CEN, en esta sección, analiza todo el tipo de cargas a las cuales pueden estar conectados los alimentadores

Una vez determinada la capacidad de corriente que deben poseer los alimentadores, se debe indicar el calibre de los conductores que lo conformarán, el CEN sugiere en tablas los calibres de los conductores, dependiendo mucho del material que lo conforma, la caída de voltaje por distancias y temperatura y también por el medio o la canalización en la que se va a colocar el alimentador. [15]

#### **2.1.1.5 Canalizaciones superficiales metálicas**

En esta sección el CEN exige las características de las canalizaciones en las cuales se va a almacenar y distribuir los alimentadores dentro de una edificación. Esta parte del CEN indica los límites entre los cuales se instalan las canalizaciones, así como las configuraciones que deben poseer sus equipos de sujeción.

En esta sección del CEN, se podría indicar a que factores ambientales adversos va a estar sometida la electrobarra y así poder determinar el grado de protección que debe tener.

En el Código Eléctrico Nacional “CEN”, no se menciona a las electrobarras o blindobarras, sin embargo, existe un capítulo en la sección 3, donde se contempla el uso de la canalización prefabricada con cables, conocida como bus de cables. [15]

#### **2.1.1.6 Bus de cables**

Un bus de cables es un conjunto de conductores aislados con accesorios y terminaciones, todo ello dentro de una caja metálica protectora, totalmente cerrada y ventilada. Este conjunto está diseñado para transportar una corriente de falla y soportar las fuerzas magnéticas que crea dicha corriente.

Se permite utilizar buces de cables aprobados a cualquier voltaje o corriente para las que estén certificados los conductores y sólo en instalaciones expuestas. Se debe considerar su dimensionamiento de acuerdo a las cargas que van a conectarse, su longitud. El CEN exige equipamientos de sujeción y de conexión adecuados y certificados para brindar seguridad y confiabilidad a estos equipos.

Como se aprecia en esta sección, menciona ya a los buses de cables y se puede aplicar estas recomendaciones para el diseño y la instalación de las electrobarras. Cabe mencionar que si debería añadirse en el CEN una sección completa para las electrobarras. [15]

#### **2.1.2 Ministerio de Electricidad y Energía Renovable “MEER”**

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, es el ente rector del sector eléctrico ecuatoriano y de la energía renovable. Esta entidad es la responsable de satisfacer las necesidades de Energía Eléctrica del país, mediante la formulación de normativa pertinente, planes de desarrollo y políticas sectoriales para el aprovechamiento eficiente de sus recursos. Sin embargo el MEER no es una institución encargada de normalizar equipos eléctricos. El MEER es un agente externo que puede sugerir o colaborar al INEN a certificar y normar nuevas tecnologías aplicables a la elaboración de proyectos eléctricos.[16]

### **2.1.3 Empresas Distribuidoras**

Las empresas distribuidoras de la energía eléctrica, son las encargadas de llevar la energía eléctrica al consumidor final, sean éstos grandes o pequeños clientes. Son el contacto directo y final con el cliente y sus exigencias. En el Ecuador existen varias empresas distribuidoras, y parte de las funciones que tienen es la de normar los proyectos eléctricos donde cubre su jurisdicción, normar a los proyectistas que construyen los proyectos eléctricos y finalmente comercializar esta energía.

Las empresas distribuidoras y comercializadoras también constituyen agentes externos colaboradoras del INEN.

Las empresas distribuidoras y comercializadoras acogen las partes más relevantes para ellos del Código Eléctrico Nacional y los acatan como normas propias para su jurisdicción.

Este es el caso, por ejemplo, de la Empresa Eléctrica Quito S. A. quien dispone de la “Norma para los Sistemas de Distribución” donde no se hace referencia a las electrobarras como sistema de transporte de la energía eléctrica a los circuitos ramales o a las cargas finales de una instalación eléctrica pero si se contempla el uso de alimentadores.

A pesar de que en las normas de la EEQ S.A. no se menciona a la electrobarra en ningún aspecto, estas normas permiten diseñar todo un proyecto eléctrico residencial o comercial, empezando desde la metodología para determinar el estudio de carga de los mismos, para establecer la demanda total que requiere el proyecto y permite determinar la dimensión de la cámara de transformación, si se requiriese, las acometidas, protecciones principales y lo más importante para este estudio, ayuda para el dimensionamiento de los alimentadores, que pueden ser reemplazados por la electrobarra. En el apartado A de la Norma de Diseño de la EEQ, debería constar los parámetros de funcionalidad, aplicación e instalación de las electrobarras para poderlas utilizar en los proyectos, poder garantizar su correcto funcionamiento y brindar así al cliente final, seguridad y confiabilidad energética. [17]

### **2.2 Normativa colombiana para el uso de la electrobarra.**

Colombia es uno de los países sudamericanos que implementa en sus construcciones eléctricas, dentro de proyectos de vivienda o comerciales, las electrobarras como sistemas de

distribución de energía eléctrica, supliendo a los alimentadores convencionales. Esta tecnología se la usa desde hace varios años, pero recientemente en las últimas actualizaciones del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, se norma el uso de las electrobarras. [18]

### **2.2.1 Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE**

El Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia en su afán de garantizar la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico; creó el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, que es una normativa técnica necesaria para garantizar la seguridad en las instalaciones eléctricas nuevas, en remodelación y en proceso de expansión que tengan que ver con el proceso de generación, transmisión, distribución y uso final de energía.

Dentro de los artículos tratados en el RETIE, se encuentra el artículo 17, el mismo que trata de los requerimientos para los productos más utilizados en las instalaciones eléctricas y en especial, de los factores de calidad y funcionabilidad que deben poseer cada uno de éstos, con sus respectivas certificaciones y aprobaciones.

La electrobarra es mencionada en el artículo 17.7 del RETIE, donde se norma el diseño y la instalación de todas las canalizaciones eléctricas que pueden colocarse en un proyecto, dentro de las cuales han de ir los cables conductores o barras conductoras. En la sección 17.7.3 del RETIE se habla ya específicamente de las canalizaciones eléctricas con barras incorporadas o electroductos. [18]

#### **2.2.1.1 Canalizaciones eléctricas con barras incorporadas o electroductos**

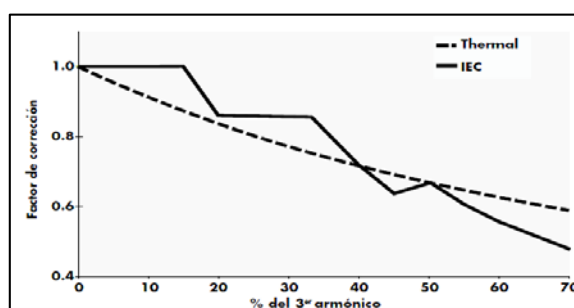
El RETIE define a la electrobarra como: *“El sistema conocido como electroducto, canalización eléctrica con barras incorporadas, bus de barras, canalización con barras, busways o blindobarra, es un encerramiento metálico prefabricado y puesto a tierra, que contiene conductores desnudos o aislados (generalmente barras, varillas o tubos de cobre o aluminio), además de los accesorios y fijaciones”*. [18]

Basan su clasificación de acuerdo a la realizada por la IEEE Std. 141 y exige que todas las electrobarras cumplan con los requisitos que indican las normas IEC 60439-2, IEC 61439-6 o UL 857.

Para el diseño de un proyecto, el RETIE exige características generales y específicas para la electrobarras indicando propiedades eléctricas y dieléctricas, estructurales y de configuración; verifica las distancias mínimas de seguridad, las protecciones eléctricas y físicas con las que debe contar. El RETIE dentro de este capítulo indica las características que debe poseer la electrobarra de acuerdo al sistema donde se lo va a implementar, siempre garantizando su composición libre de halógenos contaminantes en caso de incendios, y su respectiva señalética.

Las derivaciones para la electrobarra también son reguladas por el RETIE para garantizar que la energía eléctrica llegue a los circuitos ramales y a las cargas finales.

El RETIE exige que en sistemas en donde la distorsión armónica total (THD) en corriente, sea superior o igual al 15%, se deben dimensionar todos los conductores o barras de acuerdo con el factor de corrección exigido en la IEC 60364-5-523 y presentado en la Figura 2.1. [18]



**Figura 2. 1** Factor de Corrección en función de la proporción de armónicos  
Autor [18]: RETIE

Para la instalación de las electrobarras, en el RETIE las indicaciones no son muy detalladas, sin embargo hace referencias a normas internacionales para indicar su estructuración y poder brindar cierta ayuda a los técnicos. Esta normativa rige en toda la República de Colombia y puede adoptarse para otros países de Latinoamérica que empiezan ya a utilizar electrobarras como sistemas de distribución de energía eléctrica. [18]

### **1.3 Normas europeas para el uso de la electrobarra.**

La Comunidad Europea posee un conjunto de prescripciones con arreglo a las cuales deben diseñarse, fabricarse y ensayarse los equipos, materiales, máquinas e instalaciones para garantizar un funcionamiento correcto y seguro. Las normas técnicas, publicadas por organismos internacionales, están redactadas de modo muy detallado y pueden adquirir relevancia jurídica cuando ésta les es atribuida por una disposición legislativa a cada país. El organismo responsable de la estandarización europea en las áreas de ingeniería eléctrica es el CENELEC “Comité Europeo de Normalización Electrotécnica”. Los trabajos del CENELEC están basados fundamentalmente en publicaciones IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), aunque también se elaboran normas por los propios canales técnicos del CENELEC. [19]

#### **2.3.1 Comité Europeo de Normalización Electrotécnica CENELEC**

Fundado en 1973, tiene la representación de veintisiete países y la colaboración de otros ocho afiliados. Los trabajos del CENELEC están basados fundamentalmente en publicaciones IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), aunque también se elaboran normas por los propios canales técnicos del CENELEC.

Cuando se logra un acuerdo total entre los países europeos sobre las normas elaboradas por el CENELEC, se denomina "Norma Europea" (EN) y si existen diferencias, se obtiene un "Documento de Armonización" (HD).

El Comité Europeo de Normalización menciona a las electrobarras dentro sus artículos, pero básicamente de forma general en lo que respecta a aprobaciones y regularizaciones de fabricación con altos estándares de seguridad y calidad para el mercado mundial. Para la normalización más detallada de las electrobarras que se utilizan en las edificaciones, la Comunidad Europea utiliza las normas IEC 60439. [20]

## **2.4 Normativa IEC para las electrobarras.**

La Comisión Electrotécnica Internacional es un organismo, creado en 1906 y formado por Comités Nacionales de más de cuarenta países. La IEC se propone favorecer la cooperación internacional en materia de normalización y certificación para los sectores eléctrico y electrónico. Publica normas internacionales, guías e informes técnicos que constituyen la base o una importante referencia para las actividades normativas de la Unión Europea y de sus países miembros. Las normas IEC se redactan generalmente en dos idiomas: inglés y francés.

En 1991, La IEC suscribió convenios de colaboración con CENELEC para la planificación común de nuevas actividades normativas y para el voto paralelo sobre los proyectos de normas. [20]

### **2.4.1 Norma IEC 60439**

La norma IEC 60439 nombra a las electrobarras como “conductos de barras prefabricados (BTS)”. Las normas de referencia para los conductos de barras prefabricados son:

- **IEC 60439 – 1** “Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies”.
- **IEC 60439 – 2** “Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 2: Particular requirements for busbar trunking systems (busways)” [20]

#### **2.4.1.1 Conductos de barras prefabricados**

Según la IEC, las electrobarras son los conductos de barras prefabricados compuestos por barras conductoras, acoplamientos, aislantes y accesorios auxiliares. Estos componentes en permiten la realización de cualquier recorrido; la derivación y componentes que permiten la alimentación directa de lámparas o máquinas. Disponen de protección integrada (fusibles o interruptores automáticos) y de los equipamientos de sujeción horizontal y vertical.

El uso de los conductos de barras prefabricados permite optimizar la distribución de la energía, incluso frente a las modificaciones inevitables, tales como incorporación,

desplazamiento sustitución de aparatos utilizadores; además de facilitar los trabajos de mantenimiento y las verificaciones de seguridad.

Se utilizan principalmente para:

- Alimentación de puntos de alumbrado, alimentación de seguridad y distribución de pequeña potencia;
- Líneas de alumbrado (potencias medianas);
- Alimentación y distribución de potencia (potencias medianas y grandes);
- Alimentación de aparatos utilizadores móviles (puentes-grúa).

Como se visualiza en la descripción de las barras en la norma IEC, son las mismas que se utilizan en Latinoamérica y que se pretende instalar en nuevos proyectos eléctricos en el Ecuador. Su descripción, basado en una normativa internacional, permite garantizar su funcionalidad dentro de la realidad nacional.

#### **2.4.1.2 Dimensionamiento de un conducto de barras prefabricada.**

En esta categoría, la norma IEC 60439, define los parámetros mediante los cuales se dimensiona un conducto de barras prefabricada, basándose principalmente en la corriente de utilización.

Para determinar la corriente de utilización, se debe tener en cuenta los siguientes factores:

##### **Características de la alimentación:**

- Tipo de alimentación de las cargas:
  - monofásica
  - trifásica
- Tipo de alimentación del conducto:
  - desde un extremo
  - desde ambos extremos
  - alimentación central
- Voltaje asignado de alimentación
- Corriente de cortocircuito en el punto de alimentación
- Temperatura ambiente

##### **Características de las cargas:**

- Número, distribución, potencia, factor de potencia y tipo de cargas alimentadas por el mismo conducto

### **Geometría del conducto**

- Tipo de instalación:
  - plano
  - de canto
  - vertical
- Longitud del conducto

Las electrobarras deben separarse de las paredes y de los techos, de manera de permitir el control visual de los conexiones durante la fase de montaje y la fácil inserción de las unidades de derivación. [20]

#### **2.4.1.2.1 Corriente de empleo en un sistema trifásico**

La corriente de empleo  $I_b$  en un sistema trifásico se calcula en base a la siguiente fórmula:

$$I_b = \frac{P_t \cdot b}{\sqrt{3} \cdot U_r \cdot \cos \varphi_m} [A] \quad (1)$$

Donde:

- $P_t$  es la suma total de las potencias activas de las cargas instaladas en [W];
- $b$  es el factor de alimentación que vale:
  - 1 si el conducto se alimenta por un solo lado;
  - 1/2 si el conducto se alimenta desde el centro o simultáneamente desde ambos extremos;
- $U_r$  es el voltaje de funcionamiento en [V];
- $\cos \varphi_m$  es el factor de potencia medio de las cargas. [20]

#### **2.4.1.2.2 Elección de la corriente admisible del conducto de barras prefabricadas**

El conducto de barras prefabricado debe elegirse de forma tal que tenga una corriente admisible  $I_z$  que cumpla con la siguiente condición:

$$I_b \leq I_{z0} \cdot k_t = I_z \quad (2)$$

Donde:

- $I_{z0}$  es la corriente que el conducto puede transportar indefinidamente a la temperatura de referencia (40°C);
- $I_b$  es la corriente de empleo;
- $k_t$  es el coeficiente de corrección para valores de temperatura ambiente distintos de los de referencia, indicado en la Tabla 2.1.

Temperatura ambiente [°C]	15	20	25	30	35	40	45	50
$k_t$	1.2	1.17	1.12	1.08	1.05	1	0.95	0.85

**Tabla 2. 1** Coeficiente de corrección  $k_t$  para temperatura ambiente distinta de 40°C.

**Fuente:** [20] Manual técnico de instalaciones eléctricas ABB

Las tablas del anexo 01 y 02 muestran los parámetros típicos de los conductos de barras prefabricados del mercado

#### 2.4.1.3 Protección de un conducto de barras prefabricada.

Los sistemas electrobarras al igual que cualquier equipo eléctrico, deben ser protegidos para evitar daños por sobrecargas o cortocircuitos. [20]

##### 2.4.1.3.1 Protección contra sobrecargas

Para la protección contra sobrecargas de los conductos de barras prefabricados se utiliza el mismo criterio usado para los cables. Se debe comprobar que se cumpla la siguiente condición:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (3)$$

Donde:

- $I_b$  es la corriente para la cual el circuito ha sido diseñado;

- $I_n$  es la corriente asignada del dispositivo de protección; para dispositivos de protección regulables, la corriente asignada  $I_n$  es la corriente ajustada;
- $I_z$  es la corriente que admite de manera continua el conducto. [20]

#### **2.4.1.3.2 Protección contra cortocircuito**

El conducto de barras prefabricado debe protegerse, tanto contra los efectos térmicos como contra los efectos electrodinámicos de la corriente de cortocircuito.

#### **2.4.1.3.3 Protección contra los efectos térmicos**

Se debe comprobar que se cumpla la siguiente relación:

$$I_t^2 CB \leq I_t^2 BTS \quad (4)$$

Donde:

- $I_t^2 CB$  es la energía que deja circular el interruptor automático de protección en correspondencia con la máxima corriente de cortocircuito.
- $I_t^2 BTS$  es el valor de la energía específica que puede aguantar el conducto de barras prefabricado. Generalmente lo facilita el fabricante. [20]

## CAPÍTULO III.

### PROPUESTA DE DISEÑOS EN BASE NORMATIVA.

#### Resumen

Una vez que se identifica la realidad del uso de las electrobarras, en el Ecuador y en otros países, en sistemas de distribución de energía eléctrica en el interior de edificios, se propone implementar su uso en nuevas construcciones, siempre y cuando se posea una normativa que muestre los parámetros necesarios para garantizar su calidad de operación y su eficacia en seguridad.

Luego de sugerir la implementación de las electrobarras en nuevas edificaciones del país, surge la necesidad de promover una política y un marco legal que regule el uso de estos equipos, para lo cual es necesario identificar o desarrollar varios artículos que promueven el uso de electrobarras, que garanticen la seguridad y calidad del suministro eléctrico y el respeto al medio ambiente.

Este capítulo detalla los aspectos técnicos del diseño eléctrico y de la construcción de proyectos eléctricos utilizando electrobarras. Se presenta los cálculos, los resultados, los métodos de construcción, materiales a ser utilizados y demás requerimientos, enfatizando en el cumplimiento de las normas nacionales e internacionales, así como también en la implementación de medidores inteligentes.

#### **3.1 Propuesta del uso de electrobarras como sistema de distribución de energía eléctrica en el interior de edificios corporativos o de vivienda**

Las electrobarras han sido ya instalados en pocos proyectos en el país, un ejemplo de eso es Paseo San Francisco, en Cumbayá; lastimosamente son sólo proyectos prueba, y no existe un desarrollo a gran escala de la implementación de las electrobarras en la construcción. Esta sección propone implementar el uso de las electrobarras con altos estándares de calidad con aplicación para el sector eléctrico y civil.

### **3.1.1 Antecedentes**

El sector de la construcción, ha evidenciado un crecimiento sostenido durante los últimos años. El crecimiento del sector de la construcción es visible también en las nuevas empresas dedicadas a este negocio que cada año ingresan al mercado. Por esto, es importante considerar la creciente demanda de mano de obra del sector y de las actividades que puedan estar relacionadas.

El sector de la construcción fue uno de los que más crecimiento presentó durante los últimos años. Sólo en el año 2010, aportó 2'338.291 millones al Producto Interno Bruto.

Otro aspecto relevante que evidencia el crecimiento del sector, se atribuye a la confianza que los inversionistas extranjeros han puesto en los proyectos inmobiliarios que están en marcha en Ecuador. A esta favorable situación también contribuye la estabilidad del costo de la mano de obra y el déficit de viviendas que existe en el país.

A partir de 2010, aumentó la entrega de créditos hipotecarios por parte del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), a través del Banco del IESS (Biess). En total, esta entidad entregó el 36.00% de los créditos del 2010 con respecto al sistema financiero nacional, según la Cámara de Construcción.

Esta institución gubernamental también promocionó el cambio de hipotecas para los afiliados que tenían créditos en el sistema financiero privado. Con esto, el BIESS se convierte en una de las instituciones con mayor participación de mercado en créditos de vivienda frente al sistema financiero total.

Por último es importante mencionar, que de las 1000 compañías más importantes del Ecuador, 34 corresponden al sector de la construcción. Según la Superintendencia de Compañías, desde 1978 las empresas del sector se han incrementado en más de 324%.

Dentro de este ámbito de la construcción, el mercado ecuatoriano de aparatos y material eléctrico, asciende a cerca de US\$100 millones, proveído fundamentalmente por la producción nacional (78,6% del consumo aparente), oferta que se acerca a los US\$78 millones anuales, concentrada en pocos productos (cables, conductores, transformadores y piezas eléctricas). El cable, conductor eléctrico, presenta un consumo aparente que es compartido con el grupo de piezas eléctricas y resto de material eléctrico que asciende a

US\$52 millones, el cual es proveído por la producción nacional en una relación de 4:1, representando 81,9% del consumo. Siendo el cable conductor uno de los más utilizados y que representa una de las más fuertes inversiones dentro de los proyectos de construcción. [21]

### **3.1.2 Las electrobarras.**

Las electrobarras son el sistema de distribución eléctrica más moderno, confiable y eficiente actualmente del mercado. Son utilizados en todo tipo de proyectos, industrias, centros comerciales, hospitales, aeropuertos, edificios residenciales, entre otros. Sus múltiples ventajas técnicas y de diseño la convierten en una mejor solución que los sistemas convencionales de cables, ductos y tuberías.

Esta tecnología permite ahorrar tiempos de instalación y espacio debido a su diseño compacto y modular, además es de fácil mantenimiento y seguro al manipular. Se caracteriza por su eficiencia gracias a su excelente conductividad y rendimiento de energético. [12]

### **3.1.3 Ventajas de la electrobarra**

La principal ventaja la electrobarra es que es un sistema más eficiente y rentable que el sistema de distribución con cable. La electrobarra puede transmitir altas densidades de corriente en un solo conductor, en proyectos con grandes capacidades de carga se puede ahorrar hasta un 30% en costos.

Debido a su diseño compacto la electrobarra maximiza el espacio en un proyecto hasta en un 50%. Gracias a su diseño modular, este sistema de ensamblaje de piezas, reduce el tiempo de instalación hasta en un 45% y la mano de obra considerablemente. También permite fácilmente realizar cambios de diseño, reemplazar piezas y realizar expansiones según los requerimientos del proyecto, cuando la barra ya está energizada. [12]

La carcasa de aluminio extruido y sus aislamientos entre barras y barra carcasa, hacen de la electrobarra un sistema totalmente seguro tanto para las personas que realizan la instalación, como para el proyecto, para los usuarios finales del proyecto y para los equipos.

La electrobarra es resistente a daños externos como el calor, roedores o fuego, no tiene toxicidad en fuego, es libre de halógenos por lo que no se corroe, reduce las interferencias electromagnéticas, es 100% reciclable y no es explosiva.

*Ventajas técnicas frente al cable:*

- Menores pérdidas de energía por una menor impedancia, debido al espesor sumamente delgado de las barras.
- Bajas caídas de voltaje y buena resistencia al calor porque tiene menor reactancia y un diseño eficiente.
- Soporta altas corrientes de cortocircuito
- La carcasa de aluminio extruido actúa como un radiador térmico reduciendo el calentamiento
- Reduce el efecto de proximidad debido a la geometría de las barras.

### **3.1.4 Especificaciones técnicas de las electrobarras**

Las electrobarras presentan varias características técnicas, que las hacen muy competitivas al compararles con el sistema convencional de alimentadores eléctricos con cables:

#### **3.1.4.1 Condiciones de servicio**

Las electrobarras, certificadas por sus fabricantes, tienen estabilidad al aumento de temperatura con valores de 55° o menores, cumpliendo con las normas IEC 60439-1, -2.

Este sistema trabaja bajo las siguientes características de servicio:

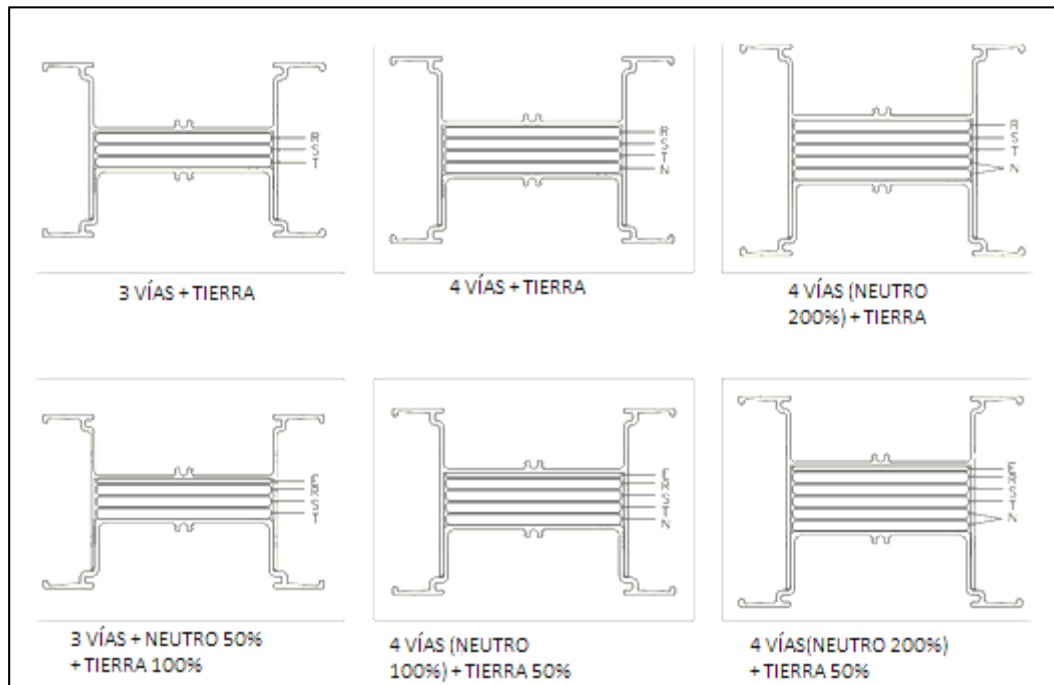
- Temperatura Ambiente desde -15°C a 55°C
- Humedad Relativa de 95% [12]

#### **3.1.4.2 Tierra y neutro**

La carcasa de la electrobarra permite tener un 100% de capacidad de tierra. Esta capacidad se puede aumentar de un 50% a un 100% adicional dependiendo de los requerimientos del proyecto.

Además, la electrobarra permite colocar una barra neutro de un 100% o un 200%, adicional para manejar corrientes de cortocircuito y armónicos.

Tanto la tierra como el neutro son puntos claves a considerar en el diseño de las instalaciones eléctricas en la actualidad ya que el aumento de cargas no lineales genera el incremento de armónicos. [12]

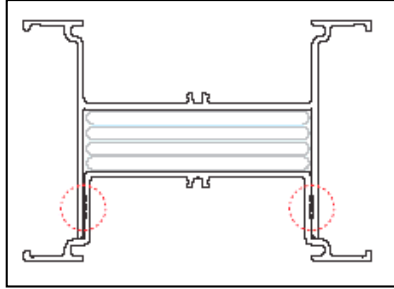


**Figura 3. 1** Configuraciones de las electrobarras tipo sánduche  
**Fuente [3]:** L&S Busduct system

### 3.1.4.3 Certificaciones IP

Los diferentes tipos de electrobarra cuentan con las siguientes certificaciones de grado de protección IP:

- IP54 grado de protección de goteo y prueba de salpicaduras (sellamiento en carcasa)
- IP55 grado de protección de entrada de polvo, y baja presión de chorros
- IP65 grado de protección de corrosión, el sellamiento contra el agua y polvo.
- IP68 grado de protección de sellamiento contra agua y polvo, además se puede sumergir en agua. [12]



**Figura 3. 2** Protección IP de las electrobarras  
**Fuente [3]:** L&S Busduct system

#### **3.1.4.4 Características de corriente de corto circuito**

Las electrobarras salen de fábrica probadas en condiciones de cortocircuito reales según la IEC 60439 1 y 2, como testigo por ASTA y KEMA. Se han realizado pruebas con estos estándares y se ha confirmado que tienen alta resistencia a cortocircuitos debido al diseño de la carcasa reforzada. Por ejemplo la electrobarra de 4000A tiene una capacidad de cortocircuito de 200 kA. [12]

#### **3.1.4.5 Estándares internacionales que poseen las electrobarras**

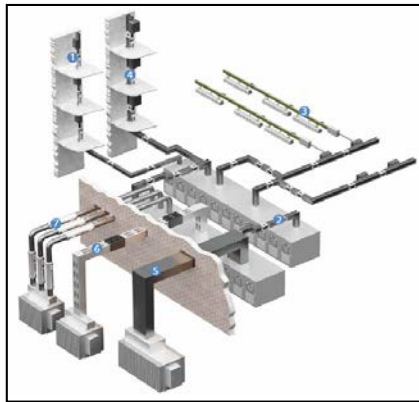
Las electrobarras cuentan con estándares internacionales que garantizan un trabajo seguro y eficiente:

- **IEC 60439-1:** Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 1: General rules
- **IEC 60439-6:** Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 6: Busbar trunking systems (busways) (reemplaza la IEC 60439-2)
- **UL 857:** Busways
- **NEMA 250:** Enclosures for Electrical Equipment (1000 Volts Maximum)
- **IEC 60529:** Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
- **Certificación sismo resistente nivel 4 IEEE** (valida nsr10) [22]

### 3.1.5 Funcionamiento de las electrobarras

Existen dos formas de diseño del sistema de distribución eléctrica con electrobarra:

1. El sistema de distribución eléctrica puede componerse completamente por electrobarra desde una cámara de transformación hacia las cargas que se conectarían a esta, como se muestra en la figura 3.3. En proyectos industriales o comerciales, la medición se colocaría a la salida del tablero de transferencia, ya que no es necesario que cada usuario cuente con su propio medidor. En proyectos de altura como edificios residenciales, se deben utilizar medidores inteligentes, trifásicos o bifásicos, y estos se colocarían uno para cada usuario por piso.



**Figura 3. 3** Diagrama general de un sistema de distribución con electrobarras

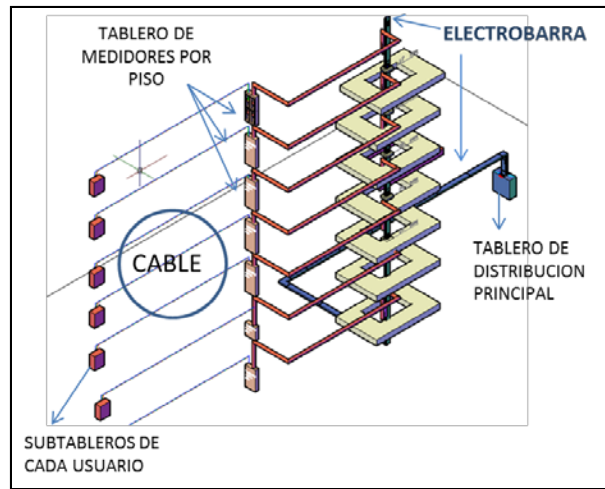
**Fuente [3]:** L&S Busduct system

2. El sistema de distribución eléctrica debe componerse por conductor y electrobarra de la siguiente forma: desde la cámara de transformación se conecta con conductores a un tablero de transferencia. Este tablero está conectado por cable a un tablero de distribución principal. La electrobarra se conecta a este último tablero y pasa por el ducto eléctrico del edificio hasta el último piso.

En cada piso, la electrobarra se conecta directamente a una caja de derivación, que cuenta con su respectiva protección. Desde la protección de cada caja de derivación se conecta una acometida principal a un tablero de medidores.

Los tableros de medidores deberían contar con medidores inteligentes, trifásicos o bifásicos, para cada usuario, sea comercial o residencial. Desde cada medidor que

cuenta con su protección individual, sale una acometida hacia a subtablero para cada usuario.

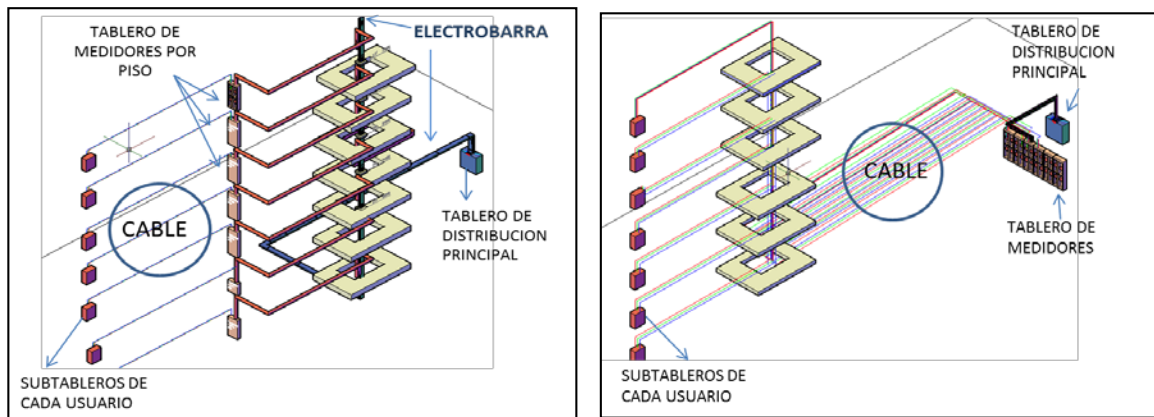


**Figura 3.4** Ejemplo de sistema de compuesto por electrobarra distribución eléctrica y conductor.

**Fuente [3]:** L&S Busduct system

Tomando en cuenta el funcionamiento de la electrobarra, es necesario que para su implementación en los nuevos proyectos del Ecuador, se cuente con tableros de medidores inteligentes en cada piso. La arquitectura de los medidores inteligentes y la electrobarra están estrechamente ligados para un óptimo funcionamiento de los proyectos.

Al realizar una comparación de la electrobarra con cable, se puede apreciar las ventajas de esta última, especialmente en edificios de gran altura.



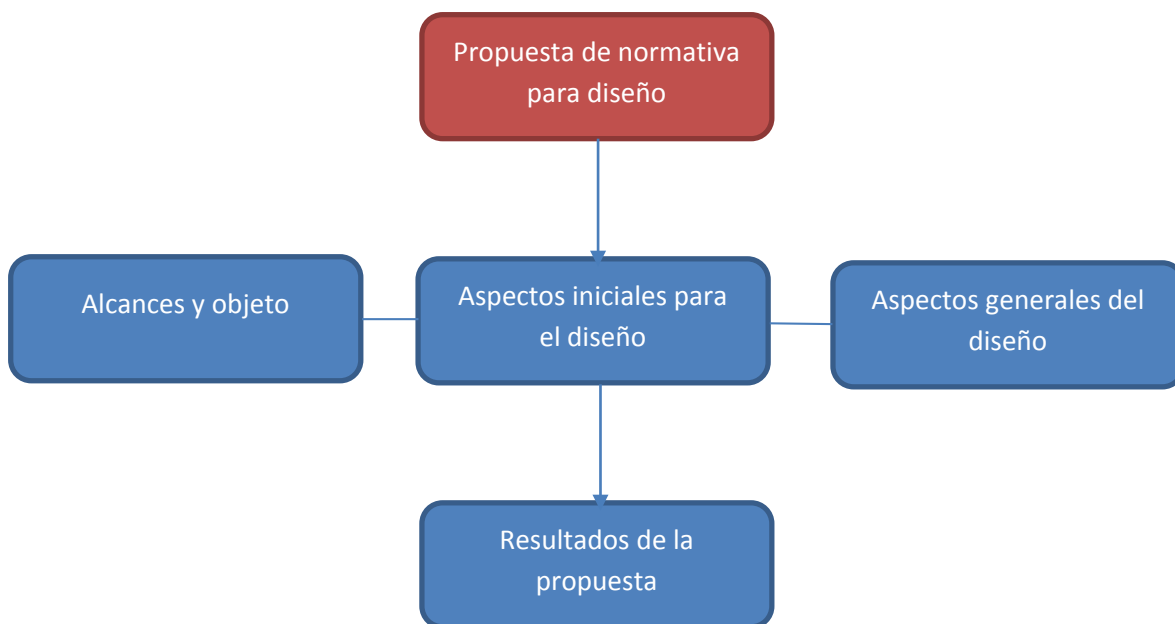
**Figura 3.5** Comparación entre sistema de distribución con electrobarra y sistema de distribución con cable

**Fuente:** Autor - Roberto Solano

Como se puede observar en la figura 3.5, comparando las dos imágenes anteriores, la electrobarra reduce el espacio en la instalación, es un sistema más ordenado y más eficiente a comparación con el cable.

### 3.2 Propuesta de una normativa para el diseño de proyectos eléctricos con electrobarras

Al analizar la realidad del uso de electrobarras en los proyectos inmobiliarios en el Ecuador, se puede constatar que no existe una guía y peor aún un control para la utilización de este sistema. Proyectistas, técnicos y las empresas eléctricas podrían manejar una norma para implementar las electrobarras como sistemas de alimentadores en edificaciones empezando desde lo esencial de un proyecto: el diseño. Las electrobarras pueden utilizarse en varios campos y al ser tan general su aplicación, se propone una normativa o una guía para diseñar los proyectos con electrobarras.



**Figura 3. 6** Estructura de la propuesta de normativa para diseño de un sistema de electrobarras

**Fuente:** Autor - Roberto Solano

### **3.2.1 Alcance y objeto.**

Las presentes normas constituyen un conjunto de disposiciones y de diseños tipo, fundamentados en las prácticas y manuales de diseño de las electrobarras más comerciales, utilizadas a nivel mundial en los sistemas de distribución localizados en su área de servicio, con el propósito de establecer criterios y soluciones consistentes y de uso general para facilitar su aplicación tanto por parte de proyectistas y constructores como por parte del personal de las empresas que intervienen en la fiscalización y recepción de las obras.

La normativa que se deberá seguir para el diseño de proyectos eléctricos con electrobarras, cuenta con un dimensionamiento previo, el cual establecerá los parámetros técnicos, que se deberán tomar en cuenta para la implementación de esta tecnología, desde una perspectiva global se buscará los valores límites, el rango de la capacidad de los equipos, el dimensionamiento de los componentes y disposiciones en el diseño. Esta propuesta permitirá analizar alternativas en la configuración del diseño definitivo.

La normativa presentará criterios básicos para el diseño, tomando como referencia las normas vigentes del Código Eléctrico Nacional, la Empresa Eléctrica Quito S.A. la Norma Técnica de Colombia, El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas y la IEC.

Los criterios que se mostrarán en esta normativa, están orientados principalmente a los sectores residenciales y corporativos; no por tanto, esta norma podrá ser usada para otro tipo de proyectos que cumplan los principios generales y criterios básicos que demanden su diseño y se acoplen a esta normativa.

### **3.2.2 Aspectos iniciales del proyecto.**

#### **Dimensionamiento de la demanda requerida del proyecto.**

Para el dimensionamiento de la demanda requerida del proyecto, se utilizará la norma vigente de la EEQ sección A-11, en la cual se indica la metodología a seguir para determinar este factor, tomando en cuenta el tipo de consumidor, su estrato, el uso de cocinas a inducción, su locación y factores técnicos de construcción. Con lo cual se podrá obtener la demanda máxima unitaria que tendrá cada cliente.

Para obtener la demanda máxima unitaria se tendrá que considerar todos los dispositivos con los que cuenta cada cliente, y su factor de simultaneidad, de lo cual se despliega la tabla 3.1. [23]

USUARIO TIPO: <u>    A    </u>							
NUMERO DE USARIOS: <u>    7    </u>							
<b>PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS DE DISEÑO</b>							
REGLON	APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO			FFUN	CIR	FSn	DMU
	DESCRIPCION	CANT	Pn(W)	%	(W)	(%)	W
1	Puntos de Iluminacion	210	100	100	21000	60	12600
2	Puntos de tomacorrientes	86	250	100	21500	30	6450
3	Cocina Electrica	1	5000	80	4000	40	1600
3	Computadora	3	200	80	480	80	384
4	refrigeradora	2	200	80	320	60	192
6	Impresora	1	200	80	160	60	96
7	Copiadora	1	500	80	400	60	240
8	Microondas	1	1000	80	800	30	240
7	Television	1	100	80	80	50	40
8	Campanas de Extraccion	1	4103	100	4103	80	3282,4
9	Campanas de Inyección	1	223,8	100	223,8	80	179,04
TOTALES					53066,8		25303,4
FACTOR DE POTENCIA fp	<input type="text" value="0,85"/>	PORCENTAJE TIPO DE USUARIO (%)		<input type="text" value="90,00"/>			
DMU (kVA)	<input type="text" value="29,77"/>	15 DEMANDA REQUERIDA (kVA)		<input type="text" value="76,86"/>			
N	<input type="text" value="7,00"/>						
FD	<input type="text" value="2,44"/>						
DD	<input type="text" value="85,4"/>						

**Tabla 3. 1** Estudio de carga locales comerciales  
**Autor:** Roberto Solano

En la tabla 3.1 se observa un ejemplo de estudio de carga, en el cual se puede identificar los principales parámetros que están involucrados en el mismo.

En la primera columna se indica el número de ítem, seguido de su descripción y la cantidad de los mismos equipos; se continua con su potencia nominal, además el factor de FFUN, que es el factor de frecuencia de uso, el cual indica la incidencia en porcentaje de la carga correspondiente al consumidor de máximas posibilidades sobre aquel que tiene condiciones promedio. El factor CIR (carga instalada por consumidor representativo) es igual a  $CIR=Pn$

x FFUn x 0,01. La demanda máxima unitaria DMU se obtendrá multiplicando el factor de simultaneidad FS<sub>n</sub> por la carga instalada del consumidor representativo CIR.

El factor de simultaneidad será expresado en porcentaje y este será determinado por el diseñador para cada una de las cargas instaladas en función a su criterio de uso diario.

La demanda máxima unitaria total es la suma de las demandas máximas unitarias parciales y esta se debe expresar en kW y en kVA para lo cual se utilizará un factor de potencia de 0,85 por lo general.

El próximo parámetro a considerar será la Demanda de diseño (DD), que se encuentra especificado en la normativa vigente de la EEQ sección A-11 apartado 04, en la cual se considera dos tipos de clientes: cliente residenciales y clientes comerciales e industriales con sus respectivas normativas a seguir. [15]

Una vez determinado el tamaño del transformador, ya se cuenta con un punto base para dimensionar la electrobarra y calcular su corriente nominal y su protección principal.

### **Trayectoria de la electrobarra**

Si ya se tiene la capacidad de la electrobarra y su protección principal, el diseñador debe contar con los planos arquitectónicos definitivos del proyecto y la trayectoria, que a su criterio, considere el más eficiente para distribuir la energía eléctrica a todos los circuitos ramales y cargas finales

### **3.2.3 Aspectos generales para el diseño del sistema de electrobarras**

#### **Dimensionamiento de la electrobarra.**

Para calcular la capacidad de conducción nominal de la electrobarra, y si se tiene previamente la demanda de diseño, que corresponde a la potencia del transformador, se la puede obtener con la relación matemática (5). Para determinar la corriente de la barra, no se toma en cuenta el factor de potencia.

$$I_{barra} = \frac{DD}{V\sqrt{3}} \quad (5)$$

Donde:

Ibarra = Intensidad de la barra, expresada en [A].

DD = Potencia nominal del transformador, expresada en [kVA].

V = voltaje fase fase, expresada en [V].

Ampere (A)	Dimension (mm)			Weight (kg/m)				Fig.	
	t	A	W	3W	4W	4W+50%E	4W+100%E		
630	6.35	41	107	7.58	8.43	8.79	9.15	17-1	
800		62	128	8.83	10.09	10.63	11.17		
1,000		86	152	10.92	12.14	12.89	13.64		
1,250		108	174	13.40	15.42	16.36	17.30		
1,600		164	230	19.57	20.61	22.08	23.55		
2,000		210	276	23.08	26.23	28.14	30.09		
2,500		(2)126	352	28.94	33.18	35.38	37.58	17-2	
3,200		(2)164	428	34.86	42.44	45.29	48.14		
3,600		(2)184	468	38.31	45.40	48.59	51.78		
4,000		(2)210	520	41.81	50.10	53.75	57.40		
5,000		(3)184	686	57.74	68.43	73.22	78.01	17-3	
6,000		(3)210	764	64.03	73.61	81.51	89.41		
630		6.35	41	107	11.91	14.44	15.65	16.86	17-1
800			41	107	11.91	14.44	15.65	16.86	
1,000	57		123	14.65	18.25	20.58	22.91		
1,250	73		139	17.65	22.04	24.60	27.16		
1,600	108		174	26.74	31.00	36.47	41.94		
2,000	145		211	31.69	37.39	44.76	52.13		
2,500	195		261	42.69	54.59	60.25	65.91	17-2	
3,200	(2)108		316	50.16	63.60	69.87	76.14		
3,600	(2)126		352	57.55	73.16	80.41	87.66		
4,000	(2)145		390	64.82	82.72	91.17	99.62		
5,000	(2)195		490	85.26	109.14	121.08	133.02	17-3	
6,000	(3)145		569	97.88	124.83	137.59	150.35		
7,500	(3)195		719	126.89	162.81	179.83	196.85		

※: H : 107.5(3W+GE, 3W+50%E) / 115(4W+GE, 4W+50%E) / 130(4W+100%E)

**Tabla 3. 2** Parámetros de conducción y tamaño de las electrobarras disponibles en el mercado

**Fuente:** [1, 3]: L&S Busduct System

Considerando la tabla 3.2 y teniendo la corriente de la barra se puede elegir el modelo de electrobarra respectivo para la corriente de diseño. Con un criterio general, se puede aproximar el valor calculado al inmediato superior.

### Cálculo de caída de voltaje.

La sección de los conductores de los alimentadores y subalimentadores será tal que la caída de voltaje provocada por la corriente máxima que circula por ellos no exceda del 3% del voltaje nominal.

De acuerdo al Código Eléctrico Nacional y también al criterio de la NEC, la sección de los conductores de los alimentadores secundarios y circuitos derivados será tal que la caída

de voltaje provocada por la corriente máxima que circula por ellos no exceda del 3% del voltaje nominal.

Sin embargo, la caída de voltaje total en el punto más desfavorable de la instalación no debe exceder del 5% del voltaje nominal. [15]

Para calcular la caída de tensión en la electrobarra, se utiliza la siguiente expresión:

$$V_d = Ix\sqrt{3}(R\cos \theta + X \sin \theta) \quad (6)$$

Donde:

Vd=Caída de voltaje, expresada en [V]

I=Corriente nominal, expresada en [A]

R= resistencia, expresada en (ohmios)

X= reactancia, expresada en (ohmios)

$\theta = \cos^{-1}(\theta)$ . [15]

Los valores de R y X se puede apreciar en la tabla 3.3.

Ampere(A)	$10^{-3}\Omega / 100m, 60Hz$			Voltage Drop(V/100m)				
	R	X	Z	0.7	0.8	0.9	1	
AL	630	13.98	4.07	14.56	13.85	14.87	15.66	15.25
	800	7.97	2.62	8.39	10.32	11.01	11.52	11.04
	1,000	6.83	2.21	7.18	11.02	11.77	12.32	11.84
	1,250	5.55	1.82	5.84	11.22	11.97	12.52	12.01
	1,600	3.82	1.23	4.02	9.85	10.52	11.02	10.60
	2,000	3.08	1.00	3.24	9.96	10.63	11.12	10.67
	2,500	2.40	0.80	2.53	9.74	10.39	10.86	10.40
	3,200	1.91	0.61	2.00	9.82	10.48	10.98	10.56
	3,600	1.72	0.55	1.81	9.99	10.67	11.18	10.74
	4,000	1.54	0.50	1.62	9.93	10.60	11.09	10.64
	5,000	1.15	0.37	1.21	9.24	9.87	10.34	9.94
	6,300	1.02	0.33	1.08	10.41	11.11	11.63	11.16

**Tabla 3.3** Valores de reactancia e impedancia de electrobarras de aluminio

**Fuente:** [1]: L&S Busduct System

### **Trayectoria de la electrobarra.**

Posterior a la selección de la electrobarra, se debe trazar la ruta más corta desde la cámara de transformación hasta el punto más alto o alejado donde existan cargas que requieran ser alimentadas.

Se debe tener en consideración, que el trayecto tenga el menor número de curvas, ya que esto implica elementos de soporte para las electrobarras, y en el caso de que el trayecto sea lo más lineal, se podrá economizar de una mejor forma el uso de este recurso.

#### **3.2.4 Resultado de la propuesta para el diseño del sistema de electrobarras**

Las indicaciones correspondientes a la soportería de la electrobarra, serán las mismas que indica el Código Eléctrico Nacional en la sección de buses de cables y de canalizaciones:

- La soportería para la electrobarra debe tener en cuenta el peso de las electrobarras que se elija, para diseñar una estructura que soporte. El peso se lo puede determinar en la tabla 3.2. Para la soportería vertical, las electrobarras cuentan con accesorios de fijación rígida y flexible que permiten que la barra sea sismo resistente.
- El soporte fijo debe colocarse al inicio y al final del tramo vertical de la electrobarra, mientras que los soportes flexibles deben sujetar a la electrobarra en cada nivel del edificio.
- Para la soportería horizontal se recomienda que los soportes se los coloque a una distancia no mayor de 1,50 metros.
- En los extremos iniciales de las barras se deben colocar los determinados acoples de acuerdo a la capacidad de la conducción de la barra y a la configuración de fases de la barra y este terminal deberá unirse a su respectivo tablero o breaker principal por medio de pernos y tuercas cadmiadas o cincadas.

El RETIE indica las configuraciones técnicas de las electrobarras en su sección 17.7 y entre las referencias más generales aplicables para esta propuesta de normativa, se sugiere las siguientes:

- Los extremos finales de las electrobarras deben ir cerrados

- Los circuitos ramales que se derivan desde la electrobarra, deben cumplir con los mismos parámetros establecidos tanto por el RETIE como por la Norma Ecuatoriana de la Construcción para instalaciones eléctricas.
- La electrobarra debe poseer una protección principal contra sobrecorrientes de acuerdo a la corriente nominal admisible de la electrobarra
- La electrobarra en sus derivaciones hacia los circuitos ramales debe poseer una protección para sobrecorrientes la cual se debe calcular según la corriente nominal en el ramal.
- Las electrobarras deben ir rotuladas con su respectiva corriente y tensión nominal con los cuales han sido diseñados, también se puede incluir si la canalización esta enfriada por ventilación forzada o no, su frecuencia nominal, nombre de fabricante y la marca y/o modelo y el número de parte.
- Las electrobarras cuentan con una carcasa de aluminio, la misma que debe ser aterrizada
- Las estructuras adyacentes y de soporte en electrobarras para cerramientos metálicos, de darse el caso, deben ser instaladas de tal modo que el aumento de temperatura producido por corrientes inducidas de cualquier elemento metálico cercano, no sea peligroso para las personas, no provoque ningún riesgo de incendio.
- El neutro con el que se diseña las electrobarras debe soportar toda la corriente de carga del neutro, incluida las corrientes armónicas y además debe tener la capacidad nominal adecuada para soportar corrientes instantáneas y de corto circuitos, según el diseño lo requiera

Adoptando la norma europea IEC para electrobarras, los conectores, uniones y sujeciones para electrobarras deben considerar que:

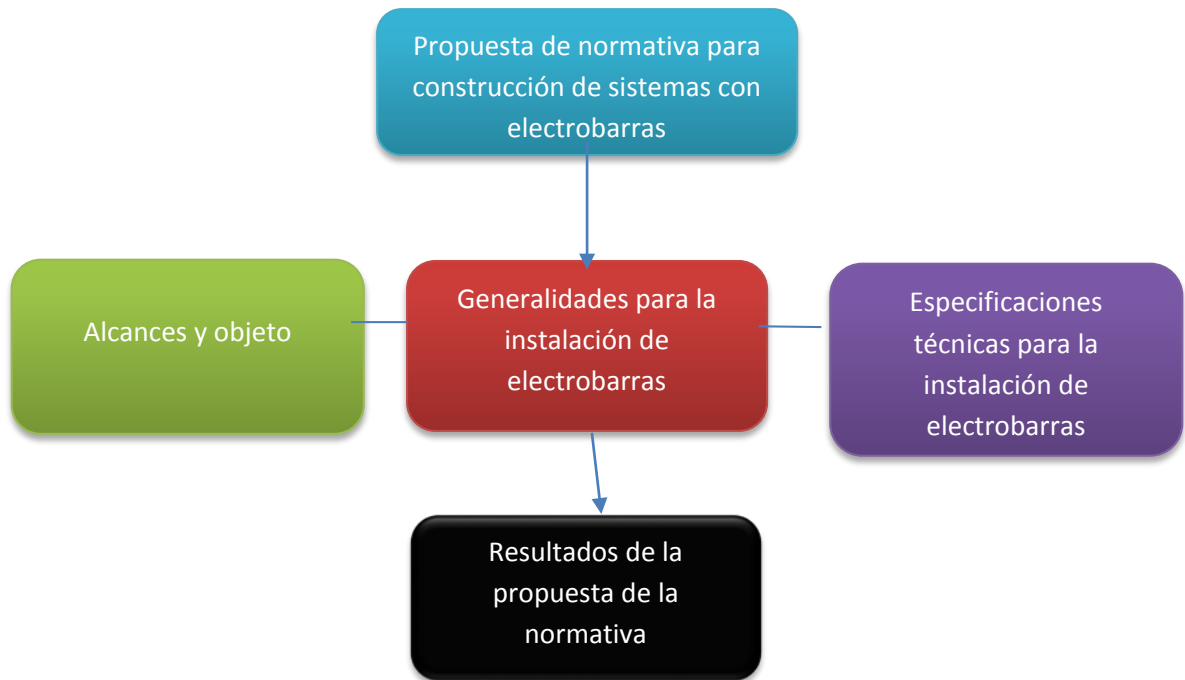
- Los interruptores, que son medios de desconexión y que se encuentran instalados en los tramos de las barras, deben ser diseñados con la misma corriente nominal que fueron diseñadas las barras. Estos interruptores solo podrán ser utilizados cuando la barra no esté energizada para lo cual deben estar claramente rotulados. Estos interruptores deben estar discretamente colocados para que únicamente sean accesibles a técnicos de mantenimiento o reparación.

- Los tableros de distribución deben estar diseñados de tal manera de que no existan partes energizadas expuestas a un contacto accidental, cuando se instalen a la intemperie, deben poseer certificación IP para evitar el deterioro y protejan de modo eficiente los componentes en su interior. "Para la conexión con una electrobarra se debe disponer de los buses adecuados, los cuales deben ser diseñados con una corriente no inferior a la corriente nominal de la barra. Si existen conductores dentro de la caja que se conectaran directamente a la barra, deberán utilizarse conectores adecuados para este tipo de conexión.
- Si existe una reducción de la barra, esta también debe protegerse de acuerdo al dimensionamiento de corriente de la barra más pequeña. [24]

Para determinar las especificaciones técnicas de las electrobarras a utilizarse, se aplica lo mencionado en las normas de instalaciones eléctricas europeas, que a su vez se basan en la norma IEC60439 para electrobarras [20]

### **3.3 Propuesta de una normativa para la construcción de proyectos eléctricos con electrobarras**

La instalación de alimentadores eléctricos dentro de los edificios está guiada por normas internacionales como la NEC o por normas nacionales como el Código Eléctrico Nacional en el Ecuador o las mismas normas de distribución eléctrica de las empresas distribuidoras y comercializadoras de cada región del país. De la misma manera debe guiar a los contratistas, técnicos y constructores para la instalación y puesta en marcha de los sistemas de alimentación con electrobarras, garantizando instalaciones de calidad, seguras, confiables, libres de riesgos para su entorno y sobre todo eficientes en su funcionamiento.



**Figura 3. 7** Estructura de la propuesta de normativa para construcción de un sistema de electrobarras  
**Fuente:** Autor - Roberto Solano

### 3.3.1 Alcances y objetivos.

Esta norma se podrá aplicar a las instalaciones en edificaciones de tipo residencial y corporativos que pueden contar con un pequeño sector comercial; no obstante se podrá usar como una guía para instalaciones industriales.

El objetivo de la presente sección es especificar las características técnicas básicas para la instalación de las electrobarras como sistema de distribución en el interior de edificaciones con múltiples usuarios.

### 3.3.2 Generalidades para la instalación de electrobarras.

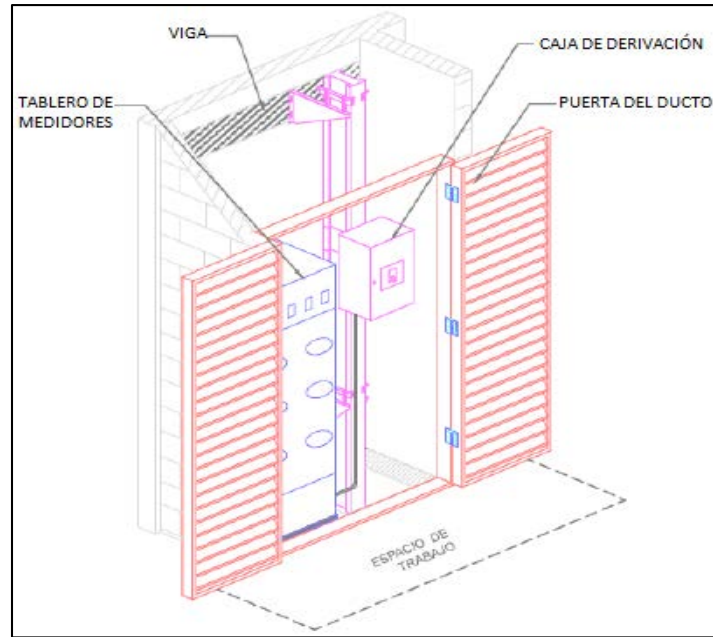
El diseño deberá garantizar que el sistema de electrobarras cumpla con las exigencias técnicas y de seguridad para que de esta forma tenga un correcto funcionamiento tanto en la

forma electromecánica y eléctrica, por lo cual se deberá tener en cuenta ciertos parámetros básicos para este fin como lo sugiere la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 [25]:

- Las electrobarras no podrán ser instaladas en ductos para ascensores.
- Las electrobarras no podrán ser instaladas en áreas destinadas para escaleras.
- Las electrobarras no podrán ser instaladas cerca de las salidas de emergencia.
- Las electrobarras no podrán ser instaladas en ningún lugar que impida el paso a las personas para su libre circulación en caso de emergencias.
- Las electrobarras deberán ser instaladas en el interior de un ducto, el cual deberá tener un armario para poder realizar el mantenimiento y revisión de la misma.
- Estos armarios deberán estar accesibles y a la vista para el equipo de mantenimiento.
- Estos armarios deberán poseer restricciones de acceso para que únicamente accedan a él, personal capacitado para revisiones y mantenimiento de las electrobarras, además de contar con la respectiva señalización de riesgo eléctrico.
- La apertura de la puerta del armario no deberá obstruir la circulación de las personas, por lo cual, estas puertas deberán abrirse 180°
- En ningún caso el tablero de medición, deberá instalarse frente a la electrobarra o adosada a ella.

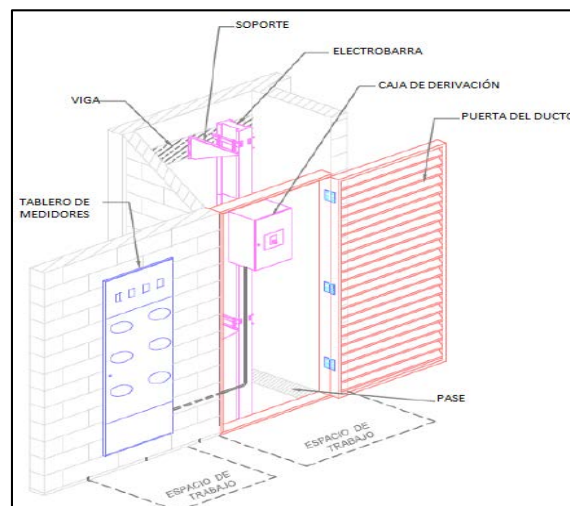
Para la disposición de los ductos para electrobarras se propone referirse a la Norma de sistemas de electrobarras para medición descentralizada de la Empresa Pública de Medellín, destacando los puntos más importantes. Estas, se las usará de acuerdo al criterio o necesidad de cada proyecto; siempre buscando la manera más eficiente de cumplir con las normas técnicas y económicas de la obra. A continuación se muestra los principales modelos de configuraciones que se pueden utilizar:

- **Ducto con tablero de medición:** En esta disposición el tablero de medición, se encuentra en el mismo armario junto a la electrobarra. Las recomendaciones para este tipo de instalación es el espacio libre con el que debe contar la electrobarra para realizar trabajos de mantenimiento y limpieza.



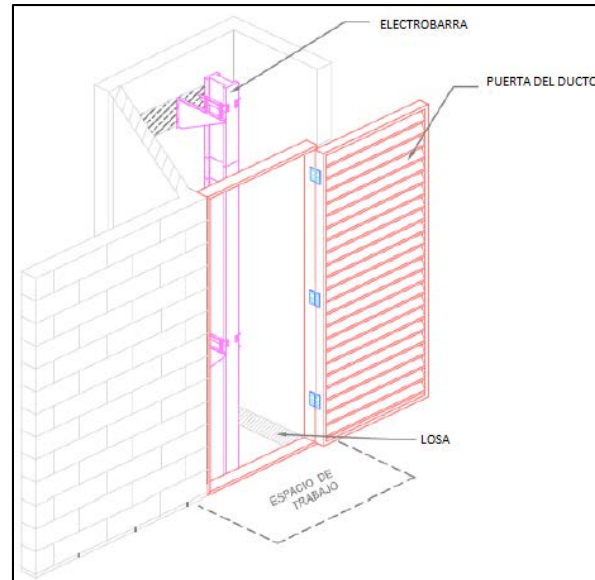
**Figura 3. 8** Tablero de medidores junto a electrobarra en el interior del ducto  
**Fuente [22]:** Sistema de electrobarras para medida descentralizada

- **Ducto con el tablero de medición externo:** Esta instalación cuenta con un espacio exclusivo para el tablero de medición y otro para la electrobarra. El tablero de medición se encuentra empotrado contiguo a la electrobarra y en el mismo nivel.



**Figura 3. 9** Tablero de medidores junto a electrobarra en el exterior del ducto  
**Fuente [22]:** Sistema de electrobarras para medida descentralizada

- **Ducto sin dispositivos de derivación:** En cualquier nivel que la electrobarra no disponga dispositivos de derivación, el ducto presentará un armario con el espacio suficiente y necesario para inspección y mantenimiento de la electrobarra.

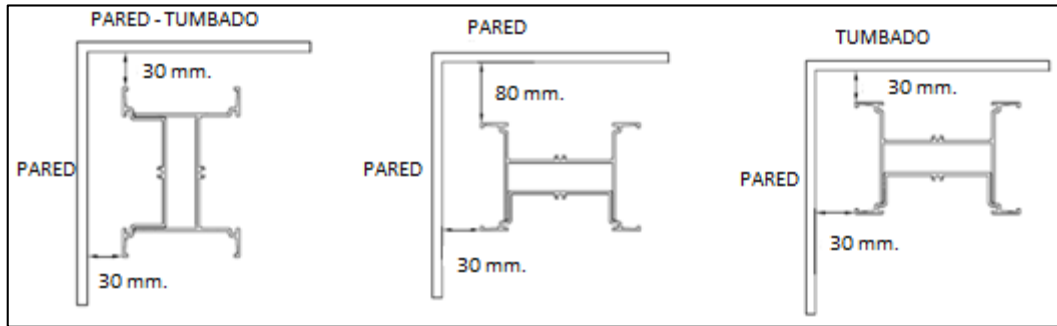


**Figura 3. 10** Tablero de medidores junto a electrobarra en el interior del ducto  
**Fuente [22]:** Sistema de electrobarras para medida descentralizada

### 3.3.3 Especificaciones técnicas para la instalación de electrobarras.

Para los límites específicos de instalaciones de electrobarras, la norma propuesta, basa sus criterios, en referencia al Código Eléctrico Colombiano, en su Norma Técnica 2050 en su sección 365 – Bus de cables, también al manual de instalaciones eléctricas de ABB para electrobarras y a la norma para electrobarras de la Empresa Pública de Medellín:

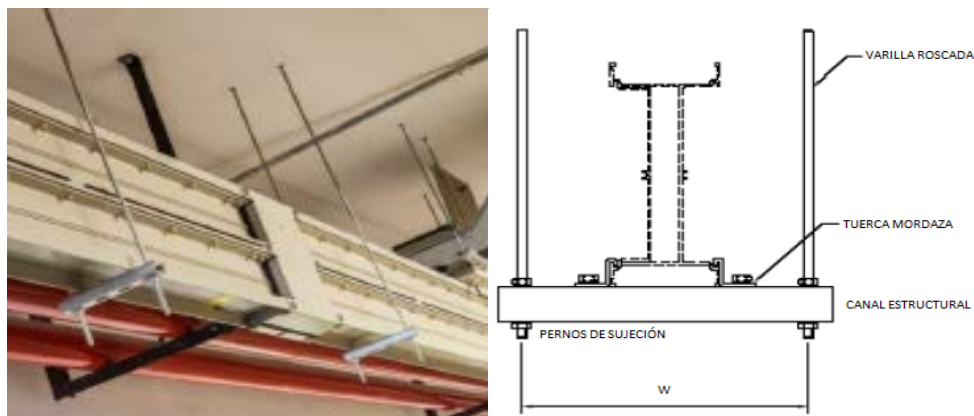
- **Espacio mínimo libre:** Para la instalación de un sistema de electrobarras se debe respetar ciertos espacios mínimos, tal como se muestra en la figura.



**Figura 3. 11** Espacios mínimos de instalación de electrobarras  
**Autor** Roberto Solano

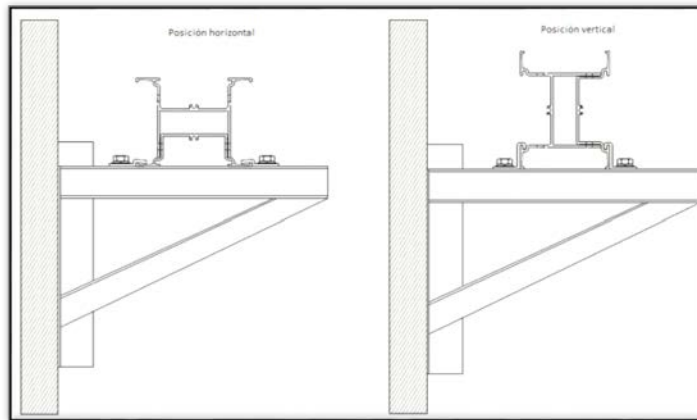
La anterior figura muestra cómo se dispone una electrobarra con respecto a paredes y la losa, para la disposición de la electrobarra dentro de un ducto, estas distancias deberán ser las que se detallan en la siguiente figura, ya que, se necesita un mayor campo de trabajo para la instalación, mantenimiento y reposición de la misma en caso de ser requerido.

- **Soportería horizontal:** Por lo general, se utiliza un soporte tipo trapecio para colgar las electrobarras. Este soporte está compuesto por simple varilla roscada y un perfil tipo canal estructural troquelado. Estos se los coloca a una separación máxima de 1500 mm. Se debe evitar colocar estos soportes en los puntos de unión de las electrobarras y en salidas para derivación, tratando de alinear permanentemente el trayecto de la soportería.



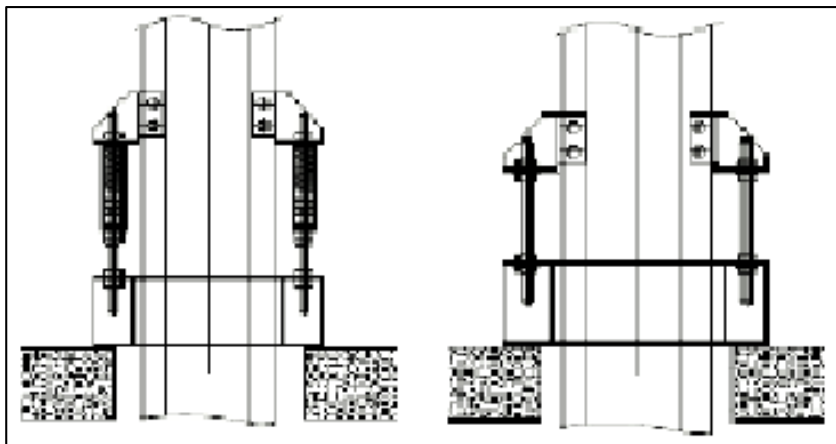
**Figura 3. 12** Sujeción para electrobarra horizontal  
**Autor** Roberto Solano

- **Soportería en muro:** Para la instalación de barras ancladas a un muro se utiliza escuadras metálicas, las cuales servirán de base para la electrobarra. La electrobarra debe sujetarse en ambos lados, a la escuadra, por medio de tuerca mordaza, evitando así que la electrobarra rote cuando se sujete las cajas de derivación. [26]



**Figura 3. 13** Sujeción de electrobarras junto a paredes  
**Autor:** Roberto Solano

- **Soportería vertical:** La soportería vertical tiene como objetivo anclar la barra en todo su trayecto a través de todos los niveles. Para este fin se cuenta con dos tipos de soportes: el soporte rígido que se instala al inicio y al final del tramo vertical de la electrobarra, este se lo ancla a una viga de la estructura y el soporte flexible, que se lo instala en cada nivel y su función es garantizar la sismoresistencia de la barra, dando una cierta capacidad de flexibilidad gracias a su construcción que cuenta con un sistema de resortes amortiguadores.



**Figura 3. 14** Sujeción vertical de electrobarras (izq.) soporte flexibles; (der) soporte rígido  
**Autor:** Roberto Solano

### 3.3.5 Resultados de la propuesta

#### **Ensayos previos a la puesta en marcha.**

Cuando se haya finalizado la instalación, se deberá verificar el funcionamiento de la electrobarra, para lo cual, se procederá a realizar ciertas pruebas de funcionamiento:

- Verificación del ensamble: Se revisará las uniones entre las diferentes partes de la barra, el lineamiento de la soportería y el correcto acople de las cajas de derivación.
- Aislamiento: Se procederá a revisar si existe algún tipo de fuga o contacto hacia la electrobarra que presente algún peligro para la instalación.
- Continuidad: Se deberá probar puntos de continuidad a través de todo el circuito, verificando que la instalación no tenga fallas en la fase de operación.
- Operación: Se energizará la barra para hacer las pruebas respectivas de alimentación en todos los puntos del sistema y comprobar rangos de caída de voltaje. [26]

### **3.4 Propuesta de la medición a utilizarse cuando se utilice sistemas de distribución de electrobarras**

En el momento que se utiliza el sistema de electrobarras para distribuir la energía eléctrica en el interior de una edificación, y en el cual existen varios departamentos, oficinas, locales

comerciales, además de los servicios generales, surge la problemática de la medición del consumo de esta energía en cada uno de los clientes, con la utilización convencional de medidores existente en la actualidad en la mayoría del país. El problema se debe a que la electrobarra posee un solo trayecto y no pasa, como sucede en los alimentadores, que cada alimentador pasa por un contador de energía, verificando éste la cantidad que se consume en ciertos periodos de tiempo.

Los medidores inteligentes dan al proyecto una herramienta clave para la medición de cada usuario, especialmente en el caso de edificios de gran altura en donde la optimización del espacio y de materiales como los cables es de gran importancia. La implementación de tecnologías de punta es un aspecto clave que debe ser considerado al momento de diseñar edificios modernos, inteligentes y sobre todo eficientes.

#### **3.4.1 Medición inteligente de energía eléctrica.**

La medición inteligente se la realiza mediante equipos que permiten la lectura remota de las medidas, el almacenamiento automático de datos y la realización de informes detallados acerca del uso de la electricidad. Con estos equipos se puede obtener información precisa sobre consumos de forma horaria o en tiempo real sin la necesidad de realizar manualmente las lecturas y proporcionan información precisa sobre consumos, bien de forma horaria o incluso en tiempo real. Otra condición y capacidad de los medidores inteligentes es la posibilidad de realizar conexiones y desconexiones remotas de cargas eléctricas y utilizar formas mejoradas de facturación y tarificación.

Las principales funciones de la medición inteligente son:

- Zonificar la medición, mediante la posibilidad de instalar medidores para espacios individuales o equipos.
- Lecturas remotas del consumo de la energía eléctrica con frecuencias horarias y/o en tiempo real.
- La información obtenida en cada medidor se envía a un concentrador maestro vía cable o de forma inalámbrica y a su vez estos datos se envían a la empresa

distribuidora o comercializadora para su almacenamiento, análisis y generación de informes y reportes.

- Los medidores pueden poseer pantallas para visualizar el consumo en tiempo real de cada cliente así como otros valores energéticos.
- Los medidores inteligentes se pueden integrar a los sistemas de control de los edificios, permitiendo optimizar el uso de la energía eléctrica de forma automatizada; además de controlar equipos de calefacción, ventilación o cualquier otro equipo eléctrico mediante interruptores y relés.

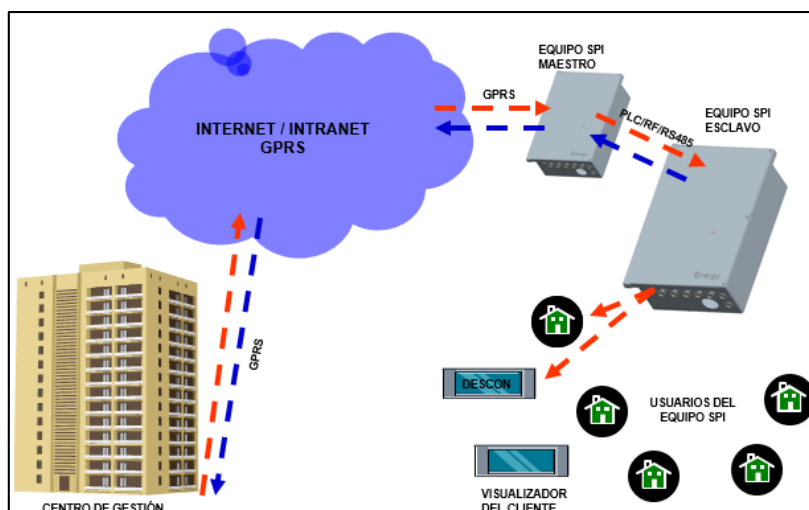
### **3.4.2 Importancia de la medición inteligente en instalaciones con electrobarras.**

Al instalar electrobarras para la alimentación de los edificios de viviendas y corporativos, se hace necesario la zonificación de los medidores para los distintos clientes que ocuparán la edificación, permitiendo optimizar espacios, controlar los equipos de servicios generales en horarios pico y sobre todo, tener una información en tiempo real y veraz del consumo de la energía eléctrica además de otras magnitudes eléctricas que no son accesibles a los usuarios con los medidores convencionales. Todos estos requerimientos se pueden cumplir si en el proyecto se instala un sistema integral de medición inteligente.

La medición inteligente, el tratamiento de la información y la elaboración de informes y presentación de datos en tiempo real permiten conocer el uso que se está dando a la energía eléctrica; se puede analizar los consumos y compararlos con los diferentes usuarios y potenciar sistemas de eficiencia energética. De esta manera en edificaciones de vivienda y corporativos se puede lograr una gestión energética efectiva reflejando ahorros significativos de energía y económicos.

En edificaciones con electrobarras como alimentador general de la energía eléctrica, se procederá a instalarse módulos de medición inteligente en cada nivel o sección de acuerdo a la capacidad de los módulos y de la cantidad de clientes a los que se vaya a medir su consumo energético. Cada módulo de medición ha de salir desde una caja de derivación de la electrobarra con una protección principal de acuerdo a las cargas a conectarse.

Los datos recaudados en los módulos ubicados en distintos niveles, enviarán la información a un colector general maestro, el cuál recauda esta información y la emite a un servidor principal ubicado en las instalaciones de la empresa comercializadora de electricidad. Esta información se la encripta por seguridad y se la envía desde el medidor maestro al servidor mediante un enlace directo Ethernet, o comunicación rs485. La empresa comercializadora gestiona toda la información recaudada y la sube a una nube o a una página web en donde se la hace pública con restricciones para diferentes usos.



**Figura 3. 15 Sistema de medición inteligente**

**Fuente:** [27] Vega Energy

## **CAPÍTULO IV.**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS-COSTO BENEFICIO-RENDIMIENTO-FACTIBILIDAD DEL USO DE LA ELECTROBARRA APLICADO AL EDIFICIO HE PARC .**

#### **Resumen**

Este capítulo versará sobre el diseño de un proyecto eléctrico real, aplicado a una obra en ejecución en plena urbe quiteña. He Parc es uno de los nuevos proyectos que se van a implementar en la ciudad de Quito. HE Parc está diseñado en una torre de estilo contemporáneo ubicado en una zona céntrica norte de Quito. Es una inteligente propuesta de vida urbana que fusiona el diseño y el confort con alta tecnología, obteniendo con ello una inmejorable propuesta de inversión. Constará de 14 niveles superiores y 4 inferiores (subsuelos); 12 plantas con 12 departamentos de 1, 2 y 3 dormitorios. La planta baja con 7 locales, una oficina, área administrativa y de servicios generales (parqueaderos, área de guardianía, hall de ingreso, etc.); la segunda planta con zona de lavado y secado automático, centro de negocios, área de gimnasio, spa con sauna, turco e hidromasaje, baños y vestidores, sala de cine, guardería infantil. La terraza con área de BBQ, sala de copropietarios, cancha de squash y salón de juegos. Entre los múltiples requerimientos del edificio se encuentra el suministro de energía eléctrica. Todas estas prestaciones del edificio He Parc, generan una demanda de aproximadamente 600kVA, convirtiéndolo en un proyecto de carga considerable y cuyo sistema de distribución de energía eléctrica, podría construirse con electrobarras. En este capítulo se presentará las propuestas de instalación de alimentadores con cables y canalizados, y con electrobarras, comparándolos entre sí en costos, tiempos de ejecución ventajas y desventajas de utilizar el uno y el otro sistema.

El análisis económico se realizará con valores promedio del sector comercial e industrial, así como los tiempos de ejecución de montajes e importaciones y fabricaciones de los equipamientos, se tomará como referencia experiencias de constructoras eléctricas ecuatorianas y colombianas.

Finalmente, y con base a los análisis respectivos, se podrá verificar la eficacia de la normativa propuesta para regular este tipo de instalaciones.

#### **4.1 Análisis de requerimientos eléctricos del edificio He Parc.**

He Parc es un edificio en proceso de construcción, ubicado en la zona comercial de Quito, cuenta con 14 pisos y 4 subsuelos, dentro de su distribución civil, cuenta con 4 oficinas, 7 locales comerciales y 144 departamentos, además de contar con áreas comunales como: cine, zonas húmedas con hidromasajes, saunas y turcos; cancha de squash; salón comunal y la terraza con jardines alumbrados. [28]

##### **4.1.1 Requerimientos eléctricos de servicios generales.**

Dentro de los servicios generales del edificio He Parc, se deben mencionar los siguientes:

- Iluminación de subsuelos
- Ascensores
- Ventilación de inyección y extracción de aire
- Bombas
- Presurización
- Iluminación de halles
- Iluminación de zonas comunales
- Área húmeda (Spa): hidromasajes; turcos y sauna
- Motor para pileta

- Iluminación exterior.
- Tanque calentador de agua

#### **4.1.2 Requerimientos eléctricos de locales comerciales**

Debido a que los locales comerciales se los vende a distintos clientes y su uso final únicamente se conoce cuando se procede con la adquisición de los mismos, la constructora, basada en experiencias anteriores, solicitó que se provea para cada local, una reserva de 30kVA.

#### **4.1.3 Requerimientos eléctricos de oficinas**

Las oficinas, para su adecuado funcionamiento, cuentan con: sistemas de iluminación; circuitos de fuerza (tomacorrientes) y aire acondicionado calculado por metro cuadrado de construcción.

#### **4.1.4 Requerimientos eléctricos de departamentos**

Los departamentos fueron diseñados para brindar confort y satisfacer las necesidades más exigentes de los clientes finales, quienes son los que habitarán He Parc.

Cada departamento cuenta con:

- 2 circuitos de iluminación
- 2 circuitos de tomacorrientes
- Cocina a inducción
- Horno eléctrico
- Lavadora
- Secadora [29]

## **4.2 Estudio de carga del edificio He Parc**

El estudio de carga del edificio He Parc, se lo elabora en base a la normativa vigente de diseño de la Empresa Eléctrica Quito, y en cada uno de los requerimientos eléctricos del proyecto, por lo que, el estudio de carga se lo divide en:

- Estudio de carga de Servicios Generales
- Estudio de carga de locales comerciales
- Estudio de carga de oficinas, y
- Estudio de carga de departamentos.

Como se había mencionado antes en la sección 3.1, la Empresa Eléctrica Quito indica la metodología para obtener el estudio de carga de cada uno de estos apartados indicando la cantidad de equipos, su respectiva potencia, factor de frecuencia de uso, factor de simultaneidad, factor de potencia y el factor de diversidad y el estrato. [27]

### **4.2.1 Estudio de carga de servicios generales.**

Una vez establecidos los requerimientos eléctricos que se utilizarán de manera comunal, se procede a realizar el estudio de carga para todos estos equipos, para lo cual se utiliza la tabla, anteriormente mencionada, proporcionada por la EEQ S.A.

				PARAMETROS DE DISEÑO ESTUDIO DE CARGA Y DEMANDA		FECHA 21-feb.-15	
NOMBRE DEL PROYECTO: HE PARK							
ACTIVIDAD TIPO: SS.GG							
LOCALIZACION: AV. REPÚBLICA DEL SALVADOR							
USUARIO TIPO: A							
NUMERO DE USARIOS: 1							
PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS DE DISEÑO							
RENGLON	APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO			FFUN	CIR	FSn	DMU
	DESCRIPCION	CANT	Pn(W)	%	(W)	(%)	W
1	Ptos de Iluminacion	999	100	100	99900	40	39960
2	Ptos se Tomacorrientes	117	250	100	29250	20	5850
3	Ventilador de Presurizacion(10 HP)	1	7460	100	7460	30	2238
4	Ventiladores de Extraccion (30 HP)	2	22380	100	44760	60	26856
5	Ventiladores de Suministro (2 HP)	11	1492	100	16412	40	6564,8
6	Bomba agua (10 HP)	2	7460	100	14920	70	10444
7	Bomba incendios (15 HP)	1	11190	100	11190	10	1119
8	Lavadora y Secadora (Torre)	3	6000	80	14400	40	5760
9	turco	2	5000	60	6000	40	2400
10	sauna	2	5000	60	6000	40	2400
11	Hidromasaje	2	2500	60	3000	40	1200
12	Ascensores	3	15000	100	45000	70	31500
TOTALES					298292		136291,8
FACTOR DE POTENCIA fp		<input type="text" value="0,85"/>		PORCENTAJE TIPO DE USUARIO (%)		<input type="text" value="90,00"/>	
DMU (kVA)		<input type="text" value="160,34"/>		DEMANDA REQUERIDA (kVA)		<input type="text" value="144,31"/>	
N		<input type="text" value="1,00"/>					
FD		<input type="text" value="1,00"/>					
DD (Demanda de Diseño)		<input type="text" value="160,34"/>					

**Tabla 4. 1** Estudio de carga de los servicios generales del edificio He Park  
**Fuente:** [1]Autor – Roberto Solano

Para generar el breaker de protección principal de todos los servicios generales se ha de utilizar la demanda de diseño.

#### **4.2.2 Estudio de carga de locales comerciales.**

Como se había mencionado antes, los locales generales se proyectarán a una carga promedio debido a que el usuario final destinará diferentes aplicaciones o usos para estos. Sin embargo para el dimensionamiento de la cámara de transformación de todo el edificio, se debe hacer el siguiente estudio de carga de los locales comerciales.

				PARAMETROS DE DISEÑO ESTUDIO DE CARGA Y DEMANDA			FECHA 21-feb.-15
NOMBRE DEL PROYECTO: HE PARC							
ACTIVIDAD TIPO: LOCALES							
LOCALIZACION: AV. REPÚBLICA DEL SALVADOR Y SUECIA							
USUARIO TIPO: A							
NUMERO DE USARIOS: 7							
<b>PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS DE DISEÑO</b>							
RENGLON	APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO			FFUN	CIR	FSn	DMU
	DESCRIPCION	CANT	Pn(W)	%	(W)	(%)	W
1	Puntos de Iluminacion	50	100	100	5000	60	3000
2	Puntos de tomacorrientes	25	250	100	6250	40	2500
3	Cocina Electrica	2	6000	100	12000	40	4800
4	Computadora	3	500	80	1200	80	960
5	refrigeradora	2	350	80	560	60	336
6	Impresora	1	200	80	160	60	96
7	Copiadora	1	500	80	400	60	240
8	Microondas	2	1500	80	2400	60	1440
9	Television	2	250	100	500	50	250
10	Campanas de Extraccion	1	5500	100	5500	80	4400
11	Campanas de Inyección	1	1500	100	1500	80	1200
12	Aire acondicionado	1	6200	100	6200	90	5580
TOTALES					41670		24802,0
FACTOR DE POTENCIA fp	<input type="text" value="0,85"/>			PORCENTAJE TIPO DE USUARIO (%)	<input type="text" value="90,00"/>		
DMU (kVA)	<input type="text" value="29,18"/>			DEMANDA REQUERIDA (kVA)	<input type="text" value="75,34"/>		
N	<input type="text" value="7,00"/>						
FD	<input type="text" value="2,44"/>						
DD	<input type="text" value="83,7"/>						

**Tabla 4. 2** Estudio de carga de los locales comerciales del edificio He Park  
**Fuente:** [1]Autor – Roberto Solano



#### 4.2.4 Estudio de carga de departamentos.

Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta dentro de este edificio es la carga que van a tener los departamentos debido a la cantidad que se van a construir en He Park. En total existen 144 departamentos cada uno con todos los requerimientos eléctricos que se nombraron anteriormente. Su respectivo estudio de carga es el siguiente:

				PARAMETROS DE DISEÑO			FECHA
				ESTUDIO DE CARGA Y DEMANDA			21-feb.-15
NOMBRE DEL PROYECTO: HE PARC							
ACTIVIDAD TIPO: DEPARTAMENTOS							
LOCALIZACION: AV. REPÚBLICA DEL SALVADOR Y SUECIA							
USUARIO TIPO: A							
NUMERO DE USARIOS: 144							
PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS DE DISEÑO							
REGLON	APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO			FFUN	CIR	FSn	DMU
	DESCRIPCION	CANT	Pn(W)	%	(W)	(%)	W
1	Puntos de Iluminacion	17	100	100	1700	60	1020
2	Puntos de tomacorrientes	15	250	100	3750	30	1125
3	Cocina Eléctrica	1	5000	80	4000	40	1600
4	Lavadora y Secadora	1	6000	100	6000	30	1800
5	Horno	1	5000	60	3000	40	1200
6	Horno Microondas	1	1500	80	1200	60	720
TOTALES					19650		7465.0
FACTOR DE POTENCIA fp	<input type="text" value="0,85"/>	PORCENTAJE TIPO DE USUARIO (%)		<input type="text" value="90,00"/>			
DMU (kVA)	<input type="text" value="8,78"/>	DEMANDA REQUERIDA (kVA)		<input type="text" value="367,16"/>			
N	<input type="text" value="144,00"/>						
FD	<input type="text" value="3,10"/>						
DD	<input type="text" value="407,95"/>						

**Tabla 4. 4** Estudio de carga de los locales comerciales del edificio He Park

**Fuente:** [1]Autor – Roberto Solano

Demanda total para diseño de la cámara de transformación:

		PARAMETROS DE DISEÑO ESTUDIO DE CARGA Y DEMANDA				FECHA 21-feb.-15																																				
NOMBRE DEL PROYECTO: HE PARC																																										
ACTIVIDAD TIPO:	OFICINAS-LOCALES - SSSG(TRANSFORMADOR).																																									
LOCALIZACION:	AV. REPÚBLICA DEL SALVADOR Y SUECIA																																									
USUARIO TIPO:	A																																									
NUMERO DE USARIOS:	1																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DEPENDENCIA</th> <th>DMU(KVA)</th> <th>USUARIOS</th> <th>DEMANDA DE DISEÑO</th> <th>FACTOR SOBRECARGA</th> <th>DEMANDA REQUERIDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>DEPARTAMENTOS</b></td> <td>8,78</td> <td>144</td> <td>407,95</td> <td>90</td> <td>367,16</td> </tr> <tr> <td><b>OFICINAS</b></td> <td>5,87</td> <td>4</td> <td>11,68</td> <td>90</td> <td>10,51</td> </tr> <tr> <td><b>LOCALES</b></td> <td>29,18</td> <td>7</td> <td>83,7</td> <td>90</td> <td>75,33</td> </tr> <tr> <td><b>SSSG</b></td> <td>153,57</td> <td>1</td> <td>160,34</td> <td>90</td> <td>144,31</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td><b>597,30</b></td> </tr> </tbody> </table>							DEPENDENCIA	DMU(KVA)	USUARIOS	DEMANDA DE DISEÑO	FACTOR SOBRECARGA	DEMANDA REQUERIDA	<b>DEPARTAMENTOS</b>	8,78	144	407,95	90	367,16	<b>OFICINAS</b>	5,87	4	11,68	90	10,51	<b>LOCALES</b>	29,18	7	83,7	90	75,33	<b>SSSG</b>	153,57	1	160,34	90	144,31						<b>597,30</b>
DEPENDENCIA	DMU(KVA)	USUARIOS	DEMANDA DE DISEÑO	FACTOR SOBRECARGA	DEMANDA REQUERIDA																																					
<b>DEPARTAMENTOS</b>	8,78	144	407,95	90	367,16																																					
<b>OFICINAS</b>	5,87	4	11,68	90	10,51																																					
<b>LOCALES</b>	29,18	7	83,7	90	75,33																																					
<b>SSSG</b>	153,57	1	160,34	90	144,31																																					
					<b>597,30</b>																																					
DEMANDA REQUERIDA TOTAL (KVA) :		<b>597,30</b>																																								
CAPACIDAD TRANSFORMADOR (KVA) :		<b>600</b>																																								

**Tabla 4. 5** Estudio de carga de los locales comerciales del edificio He Park  
Fuente: [1]Autor – Roberto Solano

Para el diseño de la cámara de transformación se va a utilizar un transformador de 600 kVA

### **4.3 Diseño eléctrico del edificio He Parc, con sistema de distribución convencional, de acuerdo a las normativas vigentes.**

Para conectar cada uno de los circuitos ramales que abastecerán a cada una de las cargas que se instalarán en el edificio, se debe verificar la demanda unitaria de cada departamento, oficina, local comercial e inclusive los equipos de los servicios generales. Con la demanda unitaria se calcula la corriente nominal para cada alimentador, teniendo en cuenta además, el recorrido que va a llevar este alimentador para no sobrepasar el límite de la caída de tensión.

Para una mejor comprensión del diseño se puede apreciar en el anexo 3 el cual contiene el diagrama unifilar de todo el edificio.

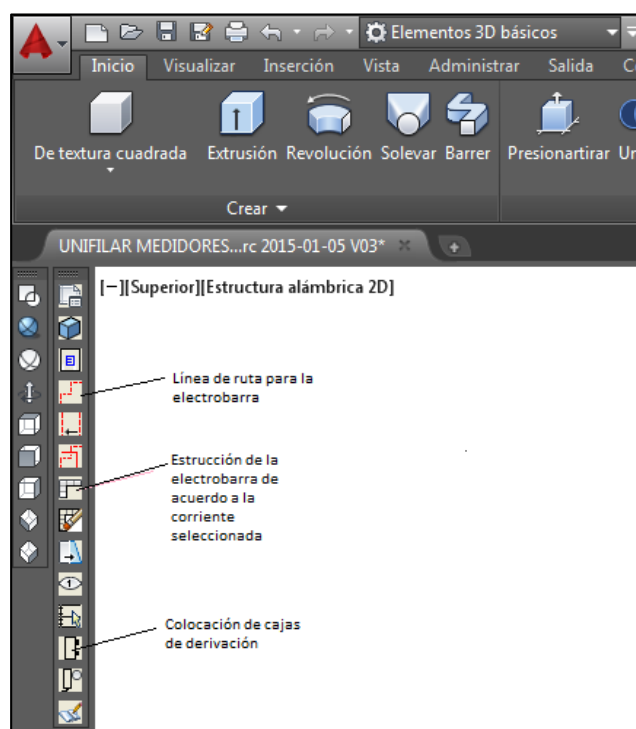
El anexo 4 representa el diseño de cada alimentador en base a su corriente nominal y a la caída de tensión debido a su longitud.

La barra seleccionada es de 2000A, y de acuerdo al diagrama en el anexo 5, se tiene un recorrido de 57 m.

En el tablero de distribución se conecta las cargas de servicios generales directamente con cables y para el recorrido vertical del sistema de electrobarra únicamente se utiliza una barra de 1000A. En cada nivel de la edificación se posee una caja de derivación de la electrobarra para conectar a los departamentos de ese nivel. La conexión se muestra en el anexo 5.

Los distintos fabricantes de electrobarras han generado herramientas para AutoCad que permiten diseñar de una manera más fácil los proyectos eléctricos con electrobarras. Para expresar de una manera más didáctica el diseño, se usó las herramientas que provee un fabricante asiático de electrobarras.

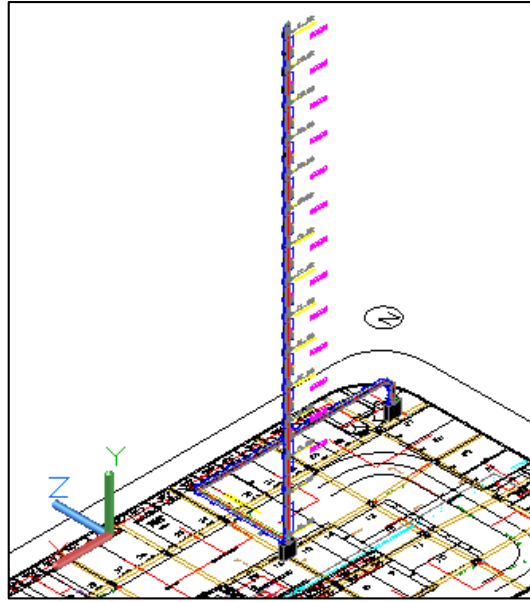
La mayoría de herramientas para diseñar electrobarras en AutoCad son similares y poseen las siguientes aplicaciones:



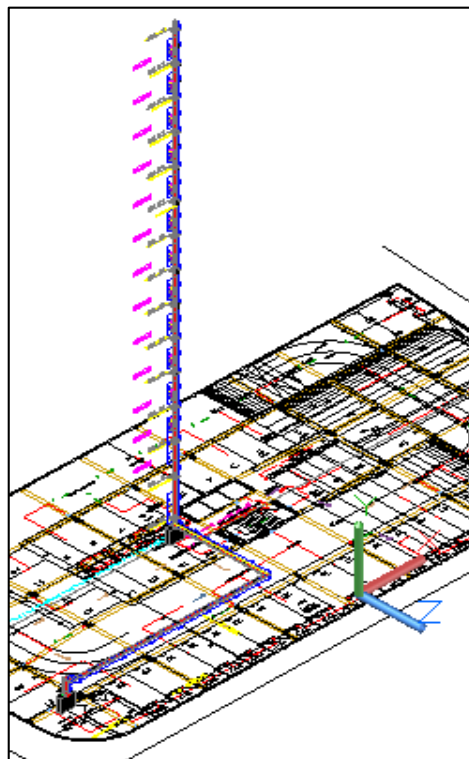
**Figura 4. 1** Paleta de herramientas para diseño de electrobarra en AutoCAD

**Fuente:** Autor - Roberto Solano

El diseño del sistema de electrobarra en el proyecto tendrá la forma que se aprecia en las figura 4.2 y 4.3



**Figura 4. 2** Vista isométrica frontal diseño de electrobarra de He Park  
**Fuente:** Autor - Roberto Solano



**Figura 4. 3** Vista isométrica posterior diseño de electrobarra de He Park  
**Fuente:** Autor - Roberto Solano

#### **4.4 Diseño de la cámara de transformación de He Park.**

El edificio He Park, debe contar con su propia cámara de transformación debido a la demanda que el proyecto posee. La cámara se ubicará en el primer subsuelo del edificio y estará compuesta de la siguiente manera:

##### **4.4.1 Acometida en medio voltaje.**

El suministro de energía eléctrica se realizará mediante una acometida en medio voltaje desde el primario C S/E IÑAQUITO desde la cámara de transformación existente en el Hotel Finlandia #168348 hasta la cámara de transformación ubicada en el edificio He Park en el subsuelo N° 1, nivel -3.90m. En ésta cámara se ha previsto instalar un seccionador tripolar bajo carga tipo celda modelo 8DHJ tipo “R” a 24 kV para realizar la derivación al edificio He Park.

En la cámara de transformación proyectada en el edificio He Park se instalará un transformador trifásico de 630 kVA, con el voltaje primario de 6000 V y secundario de 220/127 V, además de todo el equipo de protección y seccionamiento. La derivación será realizada desde el Hotel Finlandia cercano al proyecto en medio voltaje con cable aislado para 25kV 3x2/0 AWG siguiendo las normas actuales de la EEQ.

Para el Ingreso de los cables de medio voltaje a la cámara se contará con 6 tubos de PVC de 4” color naranja, bajo la norma INEN 2227.

##### **4.4.2 Cámara de transformación.**

La cámara de transformación del edificio se construirá de dimensiones de 4.4x4.36 m, con una altura de 3.00 m, se ubicará garantizando un libre acceso al personal de la Empresa Eléctrica y da facilidades para mantenimientos futuros.

Su construcción física se realizará con losa de hormigón armado, paredes de mampostería de ladrillo, piso de hormigón simple, con los canales y detalles indicados en el plano del anexo 6.

En la cámara de transformación se instalarán: Una celda de remonte de cables para el ingreso de los cables de medio voltaje, una celda de SM6 tipo QM para 24 kV con seccionador fusible con fusibles tipo HH de 100 A para protección del transformador; un transformador trifásico convencional de 600 kVA de potencia, 6000/220/127 V Dyn5, 60 Hz y un interruptor termomagnético tripolar regulable de 1600 A de capacidad nominal, adicionalmente se contará con el espacio solicitado por la EEQ para el futuro ingreso de celdas de derivación.

#### **4.5 Propuesta de medición inteligente para el edificio He Parc.**

Asociado al uso de la electrobarra como sistema de distribución de energía eléctrica en He Park, se deben utilizar medidores inteligentes que permitan la medición del consumo de los diferentes usuarios in situ. Para este edificio se diseñó con un modelo de medidor utilizado mucho en Colombia pero en realidad se podría utilizar cualquier medidor de energía inteligente que sea homologado por los entes reguladores de la energía eléctrica en el Ecuador

La medición de energía de cada usuario se realizará instalando un tablero de medidores cuyo tamaño variará de acuerdo al número de usuarios existente en cada piso.

Cada medidor inteligente permite atender 12 módulos de medida que pueden ser 4 trifásicos, 6 bifásicos o 12 monofásicos o la combinación de éstos hasta completar los 12 módulos.

En su derivación desde la barra, el tablero de medidores de cada piso estará protegido por disyuntores tripolares de acuerdo a la demanda total del piso, tal como se indicó en los estudios de carga

Los requerimientos por cada piso se indican a continuación:

- 2 tableros de 24 módulos para la planta baja
- 1 tablero con 12 módulos para el mezanine
- 2 tableros con 12 módulos para cada piso desde el piso 03 al piso 13

Los tableros de medidores están colocados dentro de cada ducto, junto a la electrobarra

Además de todos los equipos enunciados se instalará un medidor maestro entre la cámara de transformación y el tablero de transferencia automático. Este medidor maestro recoge todas las mediciones realizadas por los medidores esclavos de cada uno de los pisos del edificio. La transmisión de datos entre medidores se realiza por medio de plc, radio frecuencia o cable RS485. Todos estos datos se reúnen en un centro de gestión y se entregan a la Empresa Eléctrica Comercializadora.

El medidor inteligente (maestro) llevará los datos por medio de GPS (chip celular) a la web Internet y de la misma manera por GPS a un Centro de Gestión o Servidor.

Para evitar cualquier tipo de pérdidas y para verificar el correcto funcionamiento del sistema de medición inteligente, se coloca un contador de energía general convencional, de medición indirecta, permitiendo tener una medida de todo el edificio y que sirve de respaldo para comprobar la veracidad de la medición inteligente. Cada tablero esclavo de medición posee una pantalla donde se podrá visualizar en tiempo real los consumos de cada cliente. Cada tablero además posee la capacidad de desconectar y reconectar el servicio, de cada usuario, de forma remota.

#### **4.6 Presupuesto del proyecto He Parc con sistema tradicional de alimentadores y presupuesto con electrobarra.**

Una de las principales condiciones para el uso de la electrobarra o no en los proyectos eléctricos es analizar su costo. Los proveedores de este sistema afirman que existe una significativa diferencia de costos entre utilizar electrobarras de aluminio extruido frente a los cables de cobre.

#### **4.6.1 Costo de sistema de alimentadores con cable de cobre en He Park.**

Para obtener el presupuesto del sistema de alimentadores con cable, se debe tener en cuenta los conductores de cobre, la canalización en la que deben distribuirse los alimentadores y los elementos de sujeción para la canalización. Además el presupuesto eléctrico consta de la cámara de transformación, las acometidas de medio y bajo voltaje y los tableros de medidores. El valor total incluido mano de obra corresponde a \$ 410 954,5 dólares americanos. En el anexo 7 se detalla cómo se obtiene este valor.

#### **4.6.2 Costo del sistema de electrobarra para He Park.**

Para presupuestar el sistema de alimentación de energía eléctrica para el edificio He Park, se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La acometida de bajo voltaje, que se dirige desde el tablero de transferencia hasta el tablero de distribución principal, se lo hará con una electrobarra de 2000A, como se puede ver en el anexo 5.
- La alimentación vertical se la realizará con una barra de 1000A, la misma que posee una longitud de 62 m.
- Se debe considerar el alimentador horizontal que irá desde el ducto a cada departamento, oficina o local.
- La medición ya no es centralizada y como se van a zonificar los medidores, se deben tener en cuenta estos módulos.
- Ya no se toma en cuenta canaleta vertical ni horizontal para los alimentadores.

El análisis del presupuesto de las electrobarras, así como los costos de importación, transporte, bodegaje y nacionalización, se lo detalla en el anexo 8.

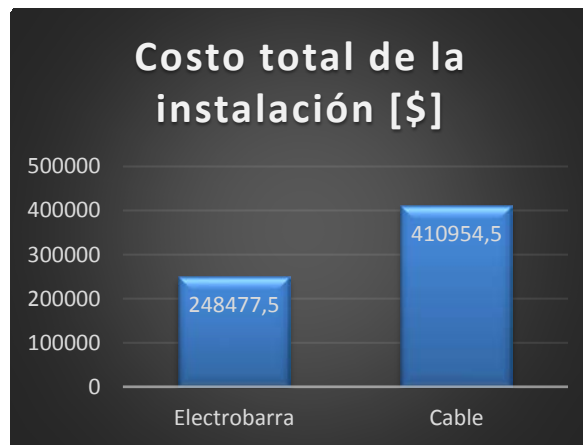
El costo total del mismo sistema eléctrico nombrado en la sección 4.6.2, reemplazando ciertos intervalos de alimentadores con electrobarra, llega a un valor promedio en el mercado de: \$ 248477,5 dólares americanos. En el anexo 9 se detalla cómo se obtuvo este valor

#### 4.6.3 Análisis costo beneficio del uso del sistema de electrobarra en el edificio He Park comparado con el sistema tradicional de alimentadores.

El costo directo del equipamiento de sistema de alimentadores convencionales para el proyecto He Park es de \$ 410 954,5 dólares americanos; mientras que al utilizar electrobarras, el costo disminuyó a \$ 248 477 dólares americanos.

Costo total de la instalación [\$]	
Electrobarra	248477,5
Cable	410954,5

**Tabla 4. 6** Comparación costo electrobarra vs cable  
**Fuente:** Autor - Roberto Solano



**Figura 4. 4** Cuadro comparativo costo electrobarra vs cable  
**Fuente:** Autor - Roberto Solano

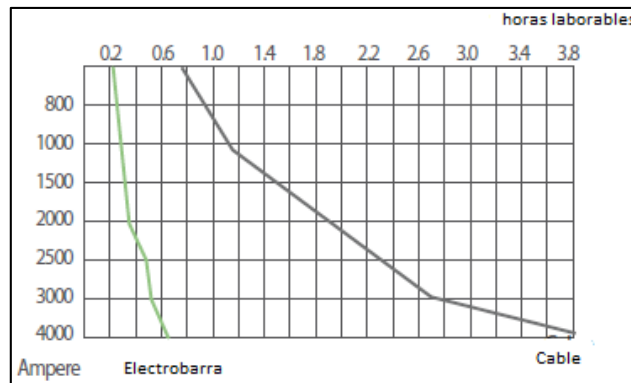
La diferencia en costo de la instalación con electrobarra comparado con la instalación con cables representa un 60% menor.

Cabe mencionar, que al no utilizar cables y canaletas en el ducto vertical se reduce el tamaño del ducto, mostrada en la tabla 5

	Dimensiones		Área [cm <sup>2</sup> ]	Niveles	área total [cm]	área total [m]
<b>Cables</b>	120	35	4200	14	58800	5,88
<b>Electrobarra</b>	50	60	3000	14	42000	4,2

**Tabla 4. 7** Comparación área ocupada de electrobarra vs cable  
**Fuente:** Autor - Roberto Solano

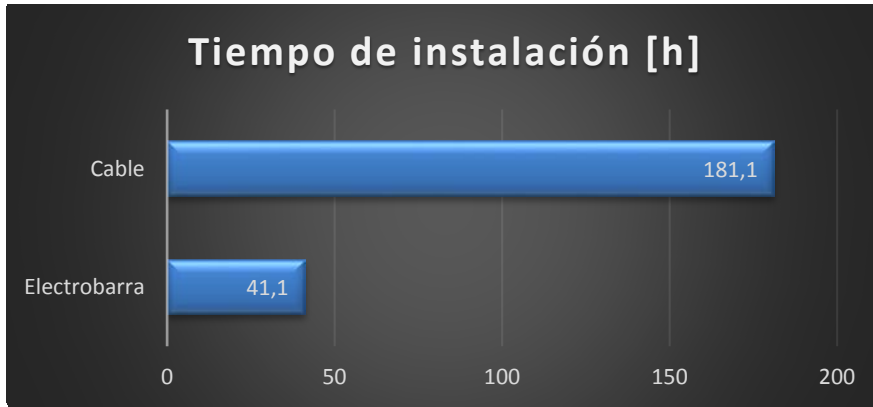
El tiempo de ensamblaje de este sistema en He Parc, demandaría, basado en experiencias anteriores de construcción, máximo 4 días de instalación utilizando tres trabajadores. Con los mismos tres trabajadores para instalar el sistema de alimentadores con canaleta y cable, se tomarían un tiempo de dos a tres semanas.



**Figura 4. 5** Esquema comparativo de tiempo de instalación de barra vs cable de acuerdo al amperaje  
**Autor:** Roberto Solano

Tiempo de instalación [h]	
<b>Electrobarra</b>	41,1
<b>Cable</b>	181,1

**Tabla 4. 8** Comparación tiempo de instalación electrobarra vs cable  
**Fuente:** Autor - Roberto Solano



**Figura 4. 6** Cuadro comparativo del tiempo de instalación de un sistema de electrobarra vs alimentadores con cable

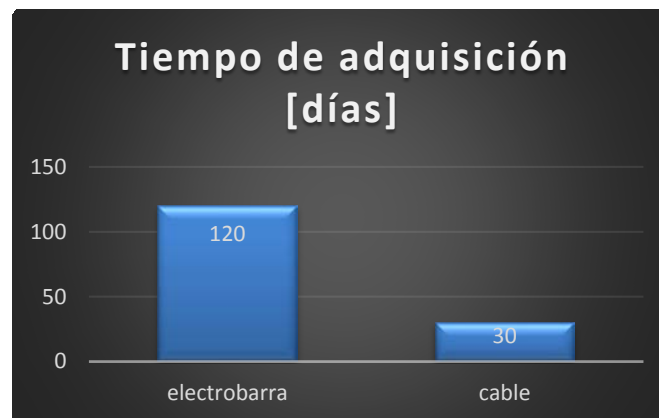
**Fuente:** Autor - Roberto Solano

Un factor primordial para el uso de la electrobarra es el diseño, si uno de los módulo no coincide con la estructura civil o con los requerimientos del proyecto, no se puede ni cortar ni estirar la electrobarra, lo que representaría tremendas pérdidas, ya que las electrobarras se fabrican bajo pedido de acuerdo al diseño enviado a la fábrica y los tiempos de entrega e importación no son muy breves relacionados a los avances de las obras.

Tiempo de adquisición [días]	
Electrobarra	120
Cable	30

**Tabla 4. 9** Comparación del tiempo de adquisición electrobarra vs cable

**Fuente:** Autor - Roberto Solano



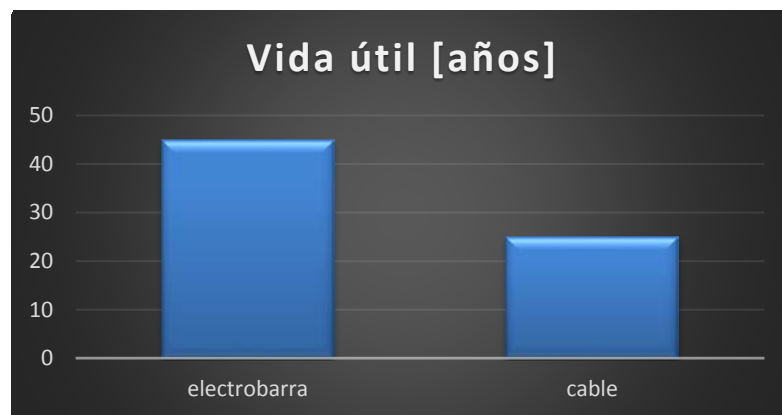
**Figura 4. 7** Cuadro comparativo del tiempo de adquisición electrobarra vs cable

**Fuente:** Autor - Roberto Solano

Las electrobarras son 100% reciclables y no contaminan en caso de incendio, son resistentes al ataque de roedores y a factores adversos del ambiente, garantizando la continuidad del servicio y seguridad. Los diferentes proveedores del mercado tanto de cables y de electrobarras garantizan en sus especificaciones los años de vida útil que se describen en la tabla 4.10

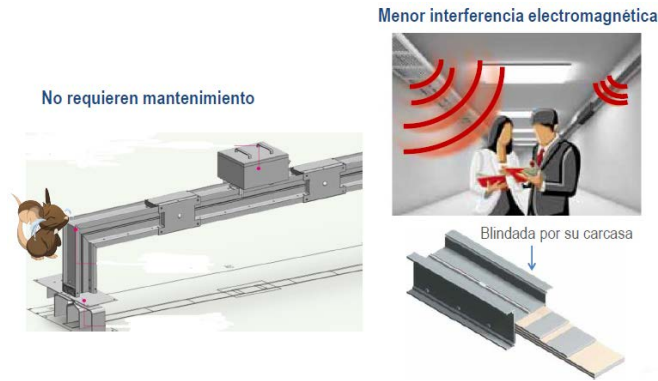
Vida útil [años]	
Electrobarra	45
Cable	25

**Tabla 4. 10** Comparación vida útil electrobarra vs cable  
**Fuente:** Autor - Roberto Solano



**Figura 4. 8** Cuadro comparativo de la vida útil de la electrobarra vs cable  
**Fuente:** Autor - Roberto Solano

La caída de tensión es mucho menor a la del cable, debido a la configuración y disposición de las barras, además del enfriamiento propio que posee, debido a su estructura de aleación de hierro con aluminio y brinda menor interferencia electromagnética, debido también a su carcasa de aluminio.



**Figura 4. 9** Protección contra roedores y contra interferencias electromagnéticas  
**Fuente:** Autor - Roberto Solano

Piso	Descripción	L (m)	DMU (kVA)	I (A)	Calibre (AWG)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Inom	#Cables	dV
Planta baja	Local 1	45,76	29,18	76,58	2	33,6	115	1	1,52%
	Local 2	42,57	29,18	76,58	2	33,6	115	1	1,42%
	Local 3	44,66	29,18	76,58	2	33,6	115	1	1,49%
	Local 4	38,39	29,18	76,58	2	33,6	115	1	1,28%
	Local 5	59,29	29,18	76,58	2	33,6	115	1	1,97%
	Local 6	65,12	29,18	76,58	2	33,6	115	1	2,17%
	Local 7	72,49	29,18	76,58	2	33,6	115	1	2,41%
Mezanine	Oficina 01	43,67	5,87	26,68	8	8,37	50	1	2,03%
	Oficina 02	57,09	5,87	26,68	8	8,37	50	1	2,66%
	Oficina 03	57,97	5,87	26,68	8	8,37	50	1	2,70%
	Oficina 04	45,65	5,87	26,68	8	8,37	50	1	2,13%
Piso 3	Dpto 301	74,866	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,06%
	Dpto 302	68,596	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,89%
	Dpto 303	47,476	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,31%
	Dpto 304	58,146	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,60%
	Dpto 305	66,616	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,83%
	Dpto 306	67,606	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,86%
	Dpto 307	58,916	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,62%
	Dpto 308	47,476	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,31%
	Dpto 309	63,536	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,75%
	Dpto 310	67,386	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,85%
	Dpto 311	75,966	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,09%
	Dpto 312	72,226	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,99%
Piso 4	Dpto 401	78,98	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,17%
	Dpto 402	72,71	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,00%
	Dpto 403	51,59	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,42%
	Dpto 404	62,26	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,71%

	Dpto 405	70,73	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,95%
	Dpto 406	71,72	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,97%
	Dpto 407	63,03	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,73%
	Dpto 408	51,59	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,42%
	Dpto 409	67,65	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,86%
	Dpto 410	71,5	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,97%
	Dpto 411	80,08	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,20%
	Dpto 412	76,34	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,10%
Piso 5	Dpto 501	82,72	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,28%
	Dpto 502	76,45	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,10%
	Dpto 503	55,33	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,52%
	Dpto 504	66	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,82%
	Dpto 505	74,47	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,05%
	Dpto 506	75,46	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,08%
	Dpto 507	66,77	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,84%
	Dpto 508	55,33	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,52%
	Dpto 509	71,39	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,96%
	Dpto 510	75,24	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,07%
	Dpto 511	83,82	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,31%
Dpto 512	80,08	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,20%	
Piso 6	Dpto 601	86,46	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,38%
	Dpto 602	80,19	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,21%
	Dpto 603	59,07	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,62%
	Dpto 604	69,74	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,92%
	Dpto 605	78,21	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,15%
	Dpto 606	79,2	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,18%
	Dpto 607	70,51	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,94%
	Dpto 608	59,07	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,62%
	Dpto 609	75,13	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,07%
	Dpto 610	78,98	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,17%
	Dpto 611	87,56	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,41%
	Dpto 612	83,82	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,31%
Piso 7	Dpto 701	90,2	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,48%
	Dpto 702	83,93	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,31%
	Dpto 703	62,81	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,73%
	Dpto 704	73,48	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,02%
	Dpto 705	81,95	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,25%
	Dpto 706	82,94	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,28%
	Dpto 707	74,25	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,04%
	Dpto 708	62,81	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,73%
	Dpto 709	78,87	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,17%
	Dpto 710	82,72	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,28%
	Dpto 711	91,3	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,51%
	Dpto 712	87,56	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,41%

<b>Piso 8</b>	Dpto 801	93,94	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,58%
	Dpto 802	87,67	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,41%
	Dpto 803	66,55	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,83%
	Dpto 804	77,22	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,12%
	Dpto 805	85,69	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,36%
	Dpto 806	86,68	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,38%
	Dpto 807	79,42	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,18%
	Dpto 808	67,98	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,87%
	Dpto 809	84,04	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,31%
	Dpto 810	87,89	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,42%
	Dpto 811	96,47	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,65%
	Dpto 812	92,73	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,55%
<b>Piso 9</b>	Dpto 901	99,11	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,73%
	Dpto 902	92,84	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,55%
	Dpto 903	71,72	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,97%
	Dpto 904	82,39	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,27%
	Dpto 905	90,86	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,50%
	Dpto 906	91,85	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,53%
	Dpto 907	83,16	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,29%
	Dpto 908	71,72	8,78	39,91	4	21,2	85	1	1,97%
	Dpto 909	87,78	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,41%
	Dpto 910	91,63	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,52%
	Dpto 911	100,21	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,76%
	Dpto 912	96,47	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,65%
<b>Piso 10</b>	Dpto 1001	101,42	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,79%
	Dpto 1002	95,15	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,62%
	Dpto 1003	74,03	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,04%
	Dpto 1004	84,7	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,33%
	Dpto 1005	93,17	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,56%
	Dpto 1006	94,16	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,59%
	Dpto 1007	85,47	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,35%
	Dpto 1008	74,03	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,04%
	Dpto 1009	90,09	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,48%
	Dpto 1010	93,94	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,58%
	Dpto 1011	102,52	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,82%
	Dpto 1012	98,78	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,72%
<b>Piso 11</b>	Dpto 1101	105,16	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,89%
	Dpto 1102	98,89	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,72%
	Dpto 1103	77,77	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,14%
	Dpto 1104	88,44	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,43%
	Dpto 1105	96,91	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,67%
	Dpto 1106	97,9	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,69%
	Dpto 1107	89,21	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,45%
	Dpto 1108	77,77	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,14%

	Dpto 1109	93,83	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,58%
	Dpto 1110	97,68	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,69%
	Dpto 1111	106,26	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,92%
	Dpto 1112	102,52	8,78	39,91	4	21,2	85	1	2,82%
Piso 12	Dpto 1201	108,9	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,89%
	Dpto 1202	102,63	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,78%
	Dpto 1203	81,51	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,41%
	Dpto 1204	92,18	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,60%
	Dpto 1205	100,65	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,75%
	Dpto 1206	101,64	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,76%
	Dpto 1207	92,95	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,61%
	Dpto 1208	81,51	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,41%
	Dpto 1209	97,57	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,69%
	Dpto 1210	101,42	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,76%
	Dpto 1211	110	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,91%
	Dpto 1212	106,26	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,84%
Piso 13	Dpto 1301	112,64	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,95%
	Dpto 1302	106,37	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,85%
	Dpto 1303	85,25	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,48%
	Dpto 1304	95,92	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,66%
	Dpto 1305	104,39	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,81%
	Dpto 1306	105,38	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,83%
	Dpto 1307	96,69	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,68%
	Dpto 1308	85,25	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,48%
	Dpto 1309	101,31	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,76%
	Dpto 1310	105,16	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,82%
	Dpto 1311	113,74	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,97%
	Dpto 1312	110	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,91%
Piso 14	Dpto 1401	116,38	8,78	39,91	2	33,6	115	1	2,02%
	Dpto 1402	110,11	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,91%
	Dpto 1403	88,99	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,54%
	Dpto 1404	99,66	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,73%
	Dpto 1405	108,13	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,88%
	Dpto 1406	109,12	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,89%
	Dpto 1407	100,43	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,74%
	Dpto 1408	88,99	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,54%
	Dpto 1409	105,05	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,82%
	Dpto 1410	108,9	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,89%
	Dpto 1411	117,48	8,78	39,91	2	33,6	115	1	2,04%
	Dpto 1412	113,74	8,78	39,91	2	33,6	115	1	1,97%

**Tabla 4. 11** Caída de voltaje en alimentadores convencionales del edificio He Park

**Fuente:** Autor – Roberto Solano

		<b>IMPEDANCIA X10-3 ohm/100m</b>					
<b>Material</b>	<b>Capacidad (A)</b>	<b>R</b>	<b>X</b>	<b>Tensión (V)</b>	<b>Factor de pot.</b>	<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>Factor de diversidad de C. (%)</b>
Al	2000	3,08	1	220	0,9	60	90%
<b>Tramo</b>	<b>Longitud de la barra</b>	<b>Carga Actual (A)</b>	<b>Caída de Tensión por Tramo (V)</b>	<b>Caída de Tensión por Tramo (V) (%)</b>	<b>Carga Acumulada (A)</b>	<b>Caída de Tensión Acumulada (V)</b>	<b>Caída de Tensión Acumulada (%)</b>
1	63,35	269	2,95	1,34%	1865	2,95	1,34%
		<b>IMPEDANCIA X10-3 ohm/100m</b>					
<b>Material</b>	<b>Capacidad (A)</b>	<b>R</b>	<b>X</b>	<b>Tensión (V)</b>	<b>Factor de pot.</b>	<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>Factor de diversidad de C. (%)</b>
Al	1000	6,83	2,21	220	0,9	60	90%
<b>Tramo</b>	<b>Longitud de la barra</b>	<b>Carga Actual (A)</b>	<b>Caída de Tensión por Tramo (V)</b>	<b>Caída de Tensión por Tramo (V) (%)</b>	<b>Carga Acumulada (A)</b>	<b>Caída de Tensión Acumulada (V)</b>	<b>Caída de Tensión Acumulada (%)</b>
2	61	269	6,30	2,87%	1865	6,30	2,87%

**Tabla 4. 12** Caída de voltaje en las electrobarras del edificio He Park

**Fuente:** Autor – Roberto Solano

Para el análisis costo-beneficio de la implementación de electrobarras en el edificio He Park, es necesario identificar los costos que implica utilizar esta tecnología y también descifrar los beneficios que voy a obtener. Para lograr este proceso se determinan los rubros que intervienen en la implementación de los alimentadores convencionales y de la misma forma los de la electrobarra.

**Análisis de costos del diseño e implementación de alimentadores convencionales de cobre para el edificio He Parc.**

Una vez que se ha diseñado el sistema eléctrico del proyecto, se analizan los costos de los rubros que intervendrán en la implementación del mismo. Los principales rubros a considerarse son:

- Costo del diseño
- Costo de material
- Costo de mano de obra de la instalación
- Costo del espacio físico.
- Pérdidas técnicas
- Mantenimiento y
- Depreciación.

Un ingeniero eléctrico, en promedio se demora 24 horas, (tres días/8 horas laborables diarias), en elaborar el diseño del sistema eléctrico de un nuevo proyecto con alimentadores convencionales de cobre y medición centralizada. Este ingeniero tiene un sueldo promedio de USD 1000,00 lo que da como costo de diseño un valor de USD 137,00.

Del presupuesto detallado en el anexo 7, el costo correspondiente a los alimentadores, la canalización y los equipos de sujeción, es de USD 179 615,00.

Para poder transportar una corriente de 2000 A por un alimentador, se requieren por lo menos un alimentador de 6 conductores por fase de 500 Kcmil, los cuales poseen un diámetro externo promedio de 5,38 cm cada uno requiriendo así un espacio de 96,84 cm). Para el dimensionamiento de los ductos y de la canaleta, según el Código Eléctrico Nacional, en su sección 352, indica que el espacio ocupado por los conductores será el 20% del espacio total destinado para este objetivo. Por tal motivo el espacio correspondiente al área de los ductos en la parte vertical de la canalización, será de 120cm x 40cm. Debido a que la alimentación vertical es de 1000 A. El área total de construcción para los ductos eléctricos es de 6,72 m<sup>2</sup> y relacionando al precio de metro cuadrado de construcción de este proyecto que es de USD 2000, el costo del espacio es de USD 13 440.

Para el costo de mano de obra, se toma en cuenta un grupo de técnicos que perciben por hora de trabajo USD 2,9 y para colocar la canalización y los alimentadores, se toman el tiempo de 95 horas. Por lo que el costo de este rubro es de USD 1102,00

Datos otorgados por Lectron Energy S. A.

Para el costo de las pérdidas técnicas, se debe considerar el valor de kWh planillado por esa perdidas, evaluado en función de la caída de voltaje en el punto más alejado a la cámara de transformación multiplicado por la corriente promedio de consumo del edificio y por la cantidad de horas anuales. La corriente promedio se la obtiene de las Estadísticas del Sector Eléctrico Ecuatoriano emitido por el CONELEC, aplicado para los clientes promedios de la EEQ. S.A. El análisis anual de estas pérdidas se lo puede apreciar en la tabla 4.13.

Análisis de pérdidas												
Consumo promedio por grupo de consumo (EEQ)		Proyecto He Park			Electrobarras				Cable			
Año	Energía [kWh]	Energía total [kWh]	Carga [W]	Corriente [A]	Pérdidas de voltaje [V]	Potencia [W]	Energía [kWh]	Precio [\$]	Pérdidas de voltaje [V]	Potencia [W]	Energía [kWh]	Precio [\$]
2014	1809,90	280535,04	32469,33	147,59	9,262	1366,96	11810,52	973,19	13,024	1922,18	16607,67	1368,47
2015	1782,31	276257,81	31974,28	145,34	9,262	1346,12	11630,45	958,35	13,024	1892,88	16354,46	1347,61
2016	1790,13	277469,99	32114,58	145,98	9,262	1352,02	11681,49	962,55	13,024	1901,18	16426,22	1353,52
2017	1773,90	274955,03	31823,50	144,65	9,262	1339,77	11575,61	953,83	13,024	1883,95	16277,34	1341,25
2018	1774,03	274974,19	31825,72	144,66	9,262	1339,86	11576,41	953,90	13,024	1884,08	16278,47	1341,35
2019	1768,98	274191,66	31735,15	144,25	9,262	1336,05	11543,47	951,18	13,024	1878,72	16232,15	1337,53
2020	1778,02	275593,54	31897,40	144,99	9,262	1342,88	11602,49	956,05	13,024	1888,33	16315,14	1344,37
2021	1777,00	275434,35	31878,98	144,90	9,262	1342,10	11595,79	955,49	13,024	1887,24	16305,71	1343,59
2022	1775,97	275275,17	31860,55	144,82	9,262	1341,33	11589,08	954,94	13,024	1886,14	16296,29	1342,81
2023	1777,32	275484,71	31884,80	144,93	9,262	1342,35	11597,91	955,67	13,024	1887,58	16308,69	1343,84

**Tabla 4. 13** Análisis de pérdidas de energía en sistemas de electrobarras y en alimentadores convencionales

**Fuente:** Autor – Roberto Solano

Basado en las experiencias de las constructoras eléctricas, los sistemas de alimentación requieren un mantenimiento preventivo e incluso en ocasiones correctivos una vez al año, con un promedio de 8 horas cada mantenimiento. Este rubro tendría un costo anual de USD 70,00.

Los equipos eléctricos, especialmente los conductores de los alimentadores tienen una vida útil de 20 años antes de que empiecen a perder sus cualidades físicas y técnicas. Con

este tiempo y el costo de los alimentadores, se obtiene la depreciación anual como se muestra en la tabla 4.14.

Valor del activo	179.615,00
Vida útil (Años)	20,00

#### DEPRECIACIÓN ALIMENTADORES CONVENCIONALES

Año	Cuota depreciación	Depreciación acumulada	Valor neto en libros
1	8.980,75	8.980,75	170.634,25
2	8.980,75	17.961,50	161.653,50
3	8.980,75	26.942,25	152.672,75
4	8.980,75	35.923,00	143.692,00
5	8.980,75	44.903,75	134.711,250
6	8.980,75	53.884,50	125.730,500
7	8.980,75	62.865,25	116.749,750
8	8.980,75	71.846,00	107.769,000
9	8.980,75	80.826,75	98.788,250
10	8.980,75	89.807,50	89.807,500

**Tabla 4. 14** Tasa de depreciación de los alimentadores convencionales de cobre, proyectada a 10 años  
**Fuente:** Autor – Roberto Solano

#### **Análisis de costos del diseño e implementación del sistema de electrobarras de aluminio para el edificio He Park.**

Al igual que se consideró para el sistema de alimentadores eléctricos de cobre, para las electrobarras, se deben considerar los costos de los siguientes rubros:

- Costo del diseño
- Costo de material
- Costo de mano de obra de la instalación
- Costo del espacio físico.
- Pérdidas técnicas
- Mantenimiento y
- Depreciación.

El diseño de un sistema de electrobarras sin medición centralizada tiene un tiempo de ejecución de 16 horas lo que genera un costo de USD 91,00

Las electrobarras importadas, junto a los equipos de sujeción, tienen un costo promedio de USD 56 924,01 tal como se detalla en el presupuesto del anexo 8.

La instalación de las sujeciones y de la electrobarra horizontal y vertical se la proyecta para hacerla con un grupo de cuatro técnicos a un valor de USD 2,9 c/hora durante un periodo de tiempo de 30 horas, teniendo como costo de la instalación el valor de USD 348,00.

Una electrobarra de 1000 A para el recorrido vertical posee una sección de 163,4 cm<sup>2</sup> más las sujeciones y el espacio de trabajo, necesitando un área total en el edificio de 2,58 m<sup>2</sup> a un costo de 2000,00 el metro cuadrado de construcción, teniendo un costo total de espacio para la electrobarra de USD 5 157,32.

Al igual que se analizó las pérdidas técnicas en los alimentadores de cobre, se lo hace con las electrobarras. Partiendo desde la caída de voltaje que se presenta al final del recorrido de la electrobarra, se obtiene la potencia que consumen estas pérdidas con la corriente promedio de consumo del edificio y el costo de los kWh. De esta forma se indica el costo de las pérdidas técnicas en la tabla 4.13.

Por su configuración y estructura, la electrobarra requiere de un mantenimiento preventivo promedio anual de 4 horas, obteniéndose un costo por este rubro de USD 80,00

Al igual que con los alimentadores de cobre, la electrobarra posee un tiempo de vida útil, antes de que empiece a perder sus características técnicas y físicas, de 40 años según especificaciones de sus fabricantes. Este tiempo de vida útil, analizado junto a su costo, nos permite obtener su tasa de depreciación como se aprecia en la tabla 4.15

Valor del activo	56.924,01
Vida útil (Años)	40,00

### DEPRECIACIÓN ELECTROBARRA

Año	Cuota depreciación	Depreciación acumulada	Valor neto en libros
1	1.423,10	1.423,10	55.500,91
2	1.423,10	2.846,20	54.077,81
3	1.423,10	4.269,30	52.654,71
4	1.423,10	5.692,40	51.231,61
5	1.423,10	7.115,50	49.808,509
6	1.423,10	8.538,60	48.385,409
7	1.423,10	9.961,70	46.962,308
8	1.423,10	11.384,80	45.539,208
9	1.423,10	12.807,90	44.116,108
10	1.423,10	14.231,00	42.693,008

**Tabla 4. 15** Tasa de depreciación de los sistemas de electrobarras, proyectada a 10 años

**Fuente:** Autor – Roberto Solano

ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO: COSTO											
ELECTROBARRA											
CONCEPTO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	TOTAL
Diseño	91,00										91,00
Material	56.924,01										56.924,01
Espacio Físico	5.157,32										5.157,32
Pérdidas Técnicas	973,19	958,35	962,55	953,83	953,90	951,18	956,05	955,49	954,94	955,67	9.575,15
Mantenimiento	80,00	82,40	84,87	87,42	90,04	92,74	95,52	98,39	101,34	104,38	917,11
Depreciación Electrobarra	55.500,91	54.077,81	52.654,71	51.231,61	49.808,51	48.385,41	46.962,31	45.539,21	44.116,11	42.693,01	42.693,01
<b>TOTAL COSTO POR AÑO</b>	<b>118.726,43</b>	<b>55.118,56</b>	<b>53.702,14</b>	<b>52.272,86</b>	<b>50.852,45</b>	<b>49.429,33</b>	<b>48.013,88</b>	<b>46.593,09</b>	<b>45.172,39</b>	<b>43.753,06</b>	<b>563.634,17</b>

**Tabla 4. 16** Análisis de costos de la implementación del sistema de electrobarras

**Fuente:** Autor – Roberto Solano

Para determinar los costos de la implementación de los sistemas de electrobarras así como de los alimentadores convencionales de cobre, se suman los costos obtenidos anteriormente, y los que poseen trascendencia en el tiempo, se los proyecta a 10 años. Obteniéndose los resultados que se ilustran en las tablas 4.15 y 4.16

ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO: COSTO											
ALIMENTADOR CONVENCIONAL											
CONCEPTO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	TOTAL
Diseño	137,00										137,00
Material	179.615,00										179.615,00
Mano de Obra	1.102,00										1.102,00
Espacio Físico	13.440,00										13.440,00
Pérdidas Técnicas	1.368,47	1.347,61	1.353,52	1.341,25	1.341,35	1.337,53	1.344,37	1.343,59	1.342,81	1.343,84	13.464,34
Mantenimiento	100,00	103,00	106,09	109,27	112,55	115,93	119,41	122,99	126,68	130,48	1.146,39
Depreciación del Cable	170.634,25	161.653,50	152.672,75	143.692,00	134.711,25	125.730,50	116.749,75	107.769,00	98.788,25	89.807,50	89.807,50
<b>TOTAL COSTO POR AÑO</b>	<b>366.396,72</b>	<b>163.104,11</b>	<b>154.132,36</b>	<b>145.142,53</b>	<b>136.165,15</b>	<b>127.183,96</b>	<b>118.213,52</b>	<b>109.235,58</b>	<b>100.257,74</b>	<b>91.281,81</b>	<b>1.511.113,48</b>

**Tabla 4. 17** Análisis de costos de la implementación del uso de alimentadores de cobre  
**Fuente:** Autor – Roberto Solano

Para obtener los beneficios del uso de la electrobarras, se resta los costos de la electrobarra proyectados a 10 años, de los costos de los alimentadores de cobre obteniéndose los resultados arrojados en la tabla 4.18

ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO: BENEFICIO											
ELECTROBARRA											
CONCEPTO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	TOTAL
Reduccion de Costo de Diseño	46,00										46,00
Reduccion de Costo en Espacio Físico	8.282,68										8.282,68
Reducción Mano de Obra	348,00										348,00
Reducción del costo del Material	122.690,99										122.690,99
Reducción de Pérdidas Técnicas	395,29	389,26	390,97	387,42	387,45	386,35	388,32	388,10	387,87	388,17	3.889,19
Redcción de Mantenimiento	20,00	20,60	21,22	21,85	22,51	23,19	23,88	24,60	25,34	26,10	229,28
<b>TOTAL BENEFICIO POR AÑO</b>	<b>131.782,96</b>	<b>409,86</b>	<b>412,18</b>	<b>409,28</b>	<b>409,96</b>	<b>409,53</b>	<b>412,20</b>	<b>412,70</b>	<b>413,21</b>	<b>414,26</b>	<b>135.486,14</b>

**Tabla 4. 18** Beneficios económicos obtenidos con sistemas de electrobarras frente a alimentadores de cobre  
**Fuente:** Autor – Roberto Solano

### Evaluación Financiera

Una vez que se obtienen los beneficios de la implementación de la electrobarra, se debe analizar el la rentabilidad que representa en función de los costos del cable, para ello se evalúa el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)

<b>VAN=</b>	<b>11.984,00</b>
<b>TIR=</b>	<b>13%</b>
<b>B/C=</b>	<b>0,24</b>

**Tabla 4. 19** Tabla resumen de indicadores financieros del uso de sistemas de electrobarra en el edificio He Park

**Fuente:** Autor – Roberto Solano

Todos los ahorros económicos que se obtiene al reemplazar las electrobarras en el edificio He Park, en lugar de los alimentadores de cobre, se los asigna como ingresos a favor. Con este procedimiento y aceptando un valor referencial de 10% de rentabilidad, se obtiene un VAN, en el periodo de 10 años de USD 11 984,00.

Al comprobar los beneficios en el periodo de tiempo del uso de electrobarras versus alimentadores con cables, se obtiene una tasa de retorno (TIR), de 13% y un costo beneficio de 0,24. A pesar de que los valores proyectados a 10 años, aún representan un margen pequeño de rentabilidad, muestran un valor positivo, lo que significa que la inversión de la implementación de las electrobarras en He Park siguen dotando de beneficios económicos a parte de los beneficios técnicos antes ya mencionados.

Una TIR de 13% para un proyecto que requiere generar utilidades no representa una perspectiva favorable, sin embargo, para el análisis de la propuesta de electrobarras muestra la ventaja existente de su implementación.

El costo beneficio arroja un valor de 0,24, el mismo que es menor a 1 (uno), quiere decir que los beneficios adquiridos en el transcurso de 10 años aún no justificarían la inversión inicial de la electrobarra, sin embargo, la inversión inicial de alimentador sea cable o electrobarra no es opcional, siendo éste un activo fijo que se deprecia en el tiempo pero que para este estudio genera un beneficio mayor al que sería con cable.

## **CONCLUSIONES:**

1. A pesar de que el Ecuador y su gente, vive tiempos de globalización y desarrollo tecnológico, todavía no posee propuestas para implementar el uso de electrobarras en sus edificaciones, peor aún, pensar en la fabricación de electrobarras nacionales.
2. Proponiendo reglamentar el uso de sistemas de electrobarras en la construcción de proyectos eléctricos, se da un nuevo enfoque al desarrollo de proyectos mucho más ambiciosos que los actuales, permitiendo al sector de la construcción reducir costos

en la parte eléctrica y poderlos invertir en otras ingenierías o simplemente mejorar las ganancias.

3. El sistema de electrobarras presentó una enorme ventaja técnica y económica frente al sistema convencional de cables en el proyecto ejemplo, pero debido a la necesidad de descentralizar la medición de la energía, la utilización de éstas sigue estando restringida.
4. Si bien es cierto que las electrobarras garantizan un ahorro de dinero, de espacio y tiempos de ejecución, las políticas gubernamentales con respecto a las importaciones aún no están muy definidas y es un factor que a la larga desmotiva la aplicación de este sistema.
5. En la construcción de edificios corporativos o residenciales, el mayor problema de la utilización de cables de cobre es su permanente robo, al utilizar la electrobarra, se corta radicalmente este problema, y se pone en manifiesto la alternabilidad al uso indiscriminado de cobre gracias a la opción de uso del aluminio para conducción eléctrica.
6. La normativa propuesta requiere ampliar sus campos de aplicación, las electrobarras pueden ser usados en otros proyectos que no sean necesariamente edificaciones corporativas o de vivienda.
7. Al finalizar este trabajo de investigación, se cumplió con el objetivo principal que era la propuesta de una normativa para el uso de electrobarras, donde se tomaron los parámetros generales para diseñar e implementar sistemas de distribución de energía eléctrica en el interior de edificios residenciales y corporativos con estos sistemas.

8. El desarrollo del análisis financiero de la implementación de las electrobarras comparado con los alimentadores convencionales de cables, muestra los beneficios económicos proyectados en el tiempo que se obtendría con electrobarras al reducir los costos implicados en pérdidas técnicas, depreciación del material, mantenimientos y la inversión inicial.

### **RECOMENDACIONES:**

1. Establecer una política de estado que promueva el uso de la medición inteligente en las nuevas edificaciones que se están construyendo.
2. Incentivar a los actuales productores nacionales de cables, la fabricación también de electrobarras de aluminio para emancipar su uso en instalaciones eléctricas.
3. Revisar, por parte de las empresas de distribución y comercializadoras de energía eléctrica, estas propuestas de normativas para que en un futuro las acaten como propias y permitan regular el uso de las electrobarras.
4. Desarrollar un software propio, que permita diseñar proyectos con electrobarras y que sea de libre uso.
5. Al momento que se ha decidido construir un proyecto eléctrico con electrobarras, asesorarse de manera adecuada sobre los modelos existentes en el mercado y contar con electrobarras que garanticen certificaciones de funcionalidad y calidad.
6. Promover por parte de las entidades normalizadoras del país, certificaciones que den visto de calidad de electrobarras que se ofertan actualmente en el mercado ecuatoriano.

## Referencias

- [1] N. Crushov, «Bus Way System General Specifications,» 20 08 2012. [En línea]. [Último acceso: 20 08 2012].
- [2] Electbus, «Electbus,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.electbus.com/es/nuestros-productos/productos-distribucion-electrica-integrada/>. [Último acceso: 12 2014].
- [3] L. C. & System, «LS C&S Bus Way System,» *LS C&S Bus Way System*, 20.
- [4] Electbus, «Electbus Sustainable Power Systems,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.electbus.com/es/electro-barras/electro-barra-ite-de-fase-pareada/>. [Último acceso: 12 2014].
- [5] 3M, «Sistema de Blindobarras para distribución de energía en baja tensión,» *Sistema de Blindobarras para distribución de energía en baja tensión*.
- [6] M. W. S. J. S. J. V. a. B. E. W. Earley, National Electrical Code 2011, New York: National Fire Protection Association, 2011.
- [7] ANEP, «ANEP PET,» [En línea]. Available: [http://www.anep-pet.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6&Itemid=10](http://www.anep-pet.com/index.php?option=com_content&view=article&id=6&Itemid=10). [Último acceso: 12 2014].
- [8] Wikipedia, «Wikipedia,» 10 2014. [En línea]. Available: [http://es.wikipedia.org/wiki/Resina\\_epoxi](http://es.wikipedia.org/wiki/Resina_epoxi). [Último acceso: 12 2014].
- [9] Wikipidea, «Wikipidea,» 7 10 2014. [En línea]. Available: <http://es.wikipedia.org/wiki/Mica>. [Último acceso: 12 2014].
- [10] Reinmedical, «Reinmedical,» 6 6 2016. [En línea]. Available: <http://www.reinmedical.com/es/conocimientos-tecnologia/clases-de-proteccion-ip.html>. [Último acceso: 12 2014].
- [11] NOVOBARRA, *SOLUCIONES EN CANALIZACIONES ELECTRICAS MODULARES*, Buenos Aires, Argentina.
- [12] L. Energy, «Ventajas de la Electrobarra LS CABLE &SYSTEM,» *LS Cable &System Lectron Energy*.
- [13] [http://www.graziadio.it/img/img\\_esp2\\_big.jpg](http://www.graziadio.it/img/img_esp2_big.jpg), [http://www.graziadio.it/img/img\\_esp2\\_big.jpg](http://www.graziadio.it/img/img_esp2_big.jpg).
- [14] I. S. E. d. Normalización, «INEC,» [En línea]. Available: <http://www.normalizacion.gob.ec/>. [Último acceso: 12 2014].
- [15] S. T. Electrotécnia, «Código Eléctrico Nacional,» *INEN*, vol. Primera Edición, 2014.

- [16] MEER, «MEER,» [En línea]. Available: <https://www.energia.gob.ec/el-ministerio/>. [Último acceso: 12 2014].
- [17] E. E. Q. S.A., «EEQ,» 2014. [En línea]. Available: [www.eeq.com.ec](http://www.eeq.com.ec). [Último acceso: 2014].
- [18] Ministro de minas y energía, *REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE)*, Medellín, 2011.
- [19] CENELEC, «CENELEC EUROPEAN COMMITTEE FOR ELECTROTECHNICAL STANDARDIZATION,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.cenelec.eu/aboutcenelec/whoweare/index.html>. [Último acceso: 01 2015].
- [20] ABB, Manual técnico de instalaciones eléctricas Aparatos de protección y maniobra La instalación eléctrica, Bergamo (Italia): ABB SACE, 2004.
- [21] B. C. D. ECUADOR, «BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/CuentasNacionales/cnt63/come76.pdf>. [Último acceso: 01 2015].
- [22] E. P. d. Medellín, *NORMAS TÉCNICAS PARA SISTEMA DE ELECTROBARRAS PARA MEDIDA DESCENTRALIZADA*, Medellín, 2013.
- [23] E. E. Quito, «Normas para Sistemas de Distribución-Parte A,» de *Guía para diseño de redes de distribución, Sistemas de Gestión de calidad, Revisión:05*, Quito, Empresa Eléctrica, 2014, pp. Sección A-01.
- [24] M. d. D. Económico, *Código Eléctrico Colombiano*.
- [25] INCOTEC, CODIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO - NTC 2050, Bogotá: Ministerio de Desarrollo Económico, 2014.
- [26] ELECTRICARIBE, *NORMATIVA DE NEGOCIO, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE*, 2008.
- [27] V. ENERGY, «VEGA ENERGY - SOLUCIÓN INTELIGENTE, GESTIÓN EFICIENTE,» [En línea]. Available: <http://vega.com.co/site/index.php/noticias/esquema-de-comunicacion>. [Último acceso: 01 2015].
- [28] U. & Schwarzkopf, «Uribe & Schwarzkopf,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.viviendaexpress.com/index.php/he-parc>. [Último acceso: 01 2015].
- [29] E. C. u. t. I. E. -. E. Programme, «SmartRegions,» 21 05 2013. [En línea]. Available: <http://www.smartregions.net/medidores>. [Último acceso: 12 2015].
- [30] INEN, CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL - Sección 357 - Canalizaciones, Quito: INEN, 2011.

- [31] CONELEC, Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano, Quito, 2011.
- [32] SECRETARIA DE ESTADO DE HACIENDA, Memoria, Argentina, 2000.
- [33] M. ADRIANO, Manual Práctico del Electricista, Brasil: Hemus Livraria, 2004.
- [34] R. J. Alonzo, «National Electrical Manufacturers Association,» de *Enclosed and Miscellaneous Distribution Equipment Switches (600 Volts Maximun)*, NEMA, 2006, pp. 9-68.
- [35] CODENSA, «Especificación técnica medida Concentrada,» de *Especificación técnica medida Concentrada*, Bogota, 2010.
- [36] I. I. A. S. P. S. E. Committee, «IEEE recommended practice for electric power distribution for industrial plants,» de *IEEE Std. 141-2003*, New York, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1994, 2003, p. Pag 335.
- [37] I. I. A. S. P. S. E. Committee, «IEEE recommended practice for electric power distribution for industrial plants,» de *ANSI/IEEE Standard 141-2003*, New York, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1994, 2011, p. 335.
- [38] M. W. S. J. S. J. V. a. B. E. W. Earley.
- [39] R. S. f. S. Equipment, «Underwriters Laboratories, Inc,» de *Underwriters Laboratories, Inc*, Northbrook, IL, 2006, p. UL 889A.
- [40] B. q. t. A. Group, «CÁU TẠO BUSWAY,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.a8group.com.vn/Cau-tao-Busway-VN-125-1-1.aspx>. [Último acceso: Marzo 2014].
- [41] O. JORGE, Quinto Elemento - Blindobarras, Bogotá: Siemens, 2009.
- [42] S. M. A. y. F. Luis, Instalaciones Eléctricas, Buenos Aires: Francisco Etchlecu, 2014.
- [43] N. J. Munier, Preparación técnica, evaluación económica y presentación de proyectos, Texas: Astrea, 2008.
- [44] NEMA, «General Instructions for Handling, Installation, Operation, and Maintenance of Busway Rated 600 Volts or Less». United Estates Patente KS 1, 22 Marzo 2010.
- [45] NEMA, «The Association of Electrical Equipment and Medical Imaging Manufacturers,» 2014. [En línea]. Available: [www.nema.org/stds/fieldreps/NECadoptation/implement.cfm](http://www.nema.org/stds/fieldreps/NECadoptation/implement.cfm).. [Último acceso: Marzo 2014].

- [46] E. E. Quito, «Normas para Sistemas de Distribución – Parte A,» de *Guía para Diseño de Redes de Distribución, Notas Generales, Parámetros de Diseño*, Quito, Empresa Eléctrica Quito, 2014, pp. Sección A-11.
- [47] E. A. Reeves, *Vademécum de Electricidad*, Barcelona: Reverte S.A, 2013.
- [48] U. & Schwarzkopf, «Vivienda Express,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.viviendaexpress.com/index.php/he-parc>. [Último acceso: Marzo 2014].
- [49] L. C. & System, «LS C&S Bus Way System,» *LS C&S Bus Way System*, 2014.
- [50] I. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, «IEEE Standard for Metal-Enclosed Bus». New York Patente C37.23, ANSI/IEEE, 4 April 2010.

## Anexos

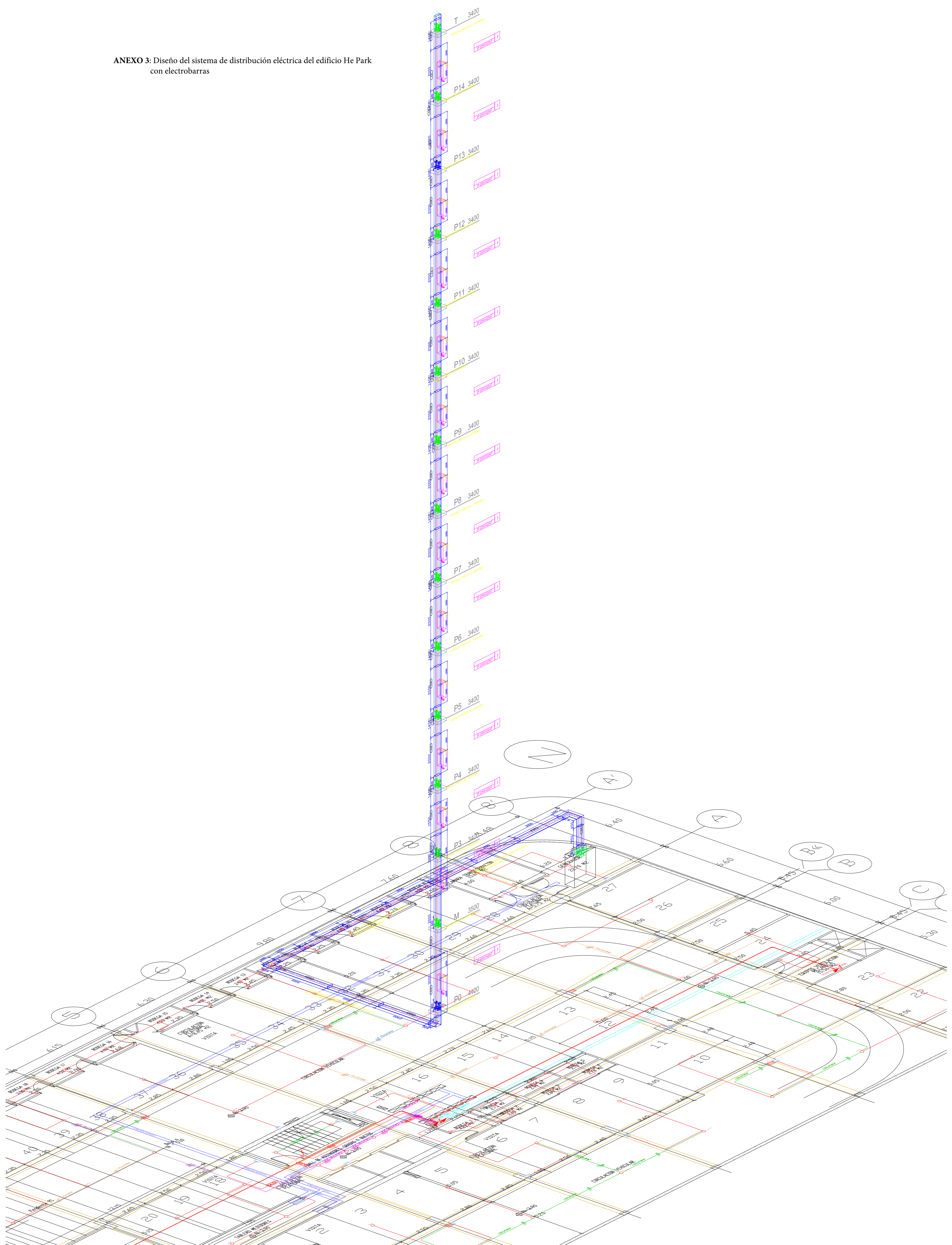
**Anexo 01.** Valores de corriente admisible Izo de los conductores de barras prefabricados de cobre

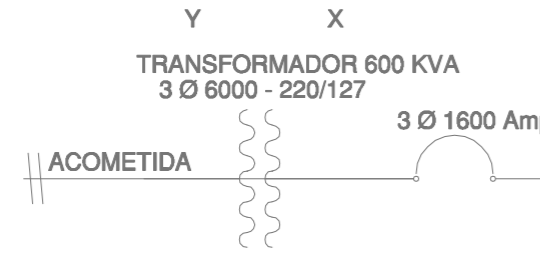
Tamano	Tipo	Numero de conductores	Izo [A]	r* [m /m]	Xph [m /m]	Ur [V]
25	25A 4 conductores Cu	4	25	6,964	1,144	400
25	25A 4 conductores Cu	4	25	6,876	1,400	400
25	25A 4+4 conductores Cu	4+4	25	6,876	1,400	400
40	40A 4 conductores Cu	4	40	3,556	0,792	400
40	40A 4 conductores Cu	4	40	3,516	1,580	400
40	40A 4+4 conductores Cu	4+4	40	3,516	1,580	400
40	40A 4 conductores Cu	4	40	2,173	0,290	400
63	63A 4 conductores Cu	4	63	1,648	0,637	400
100	100A 4 conductores Cu	4	100	0,790	0,366	40
160	160A 4 conductores Cu	4	160	0,574	0,247	400
160	160A 4 conductores Cu	4	160	0,335	0,314	500
160	160A 5 conductores Cu	5	160	0,335	0,314	500
250	250A 4 conductores Cu	4	250	0,285	0,205	1000
250	250A 5 conductores Cu	5	250	0,285	0,205	1000
250	250A 4 conductores Cu	4	250	0,194	0,205	500
250	250A 5 conductores Cu	5	250	0,194	0,205	500
315	315A 4 conductores Cu	4	315	0,216	0,188	1000
315	315A 5 conductores Cu	5	315	0,216	0,188	1000
350	350A 4 conductores Cu	4	350	0,142	0,188	500
350	350A 5 conductores Cu	5	350	0,142	0,188	500
400	400A 4 conductores Cu	4	400	0,115	0,129	1000
400	400A 5 conductores Cu	5	400	0,115	0,129	1000
500	500A 4 conductores Cu	4	500	0,092	0,129	500
500	500A 5 conductores Cu	5	500	0,092	0,129	500
630	630A 4 conductores Cu	4	630	0,073	0,122	1000
630	630A 5 conductores Cu	5	630	0,073	0,122	1000
700	700A 4 conductores Cu	4	700	0,077	0,122	500
700	700A 5 conductores Cu	5	700	0,077	0,122	500
700	700A 5 conductores Cu	5	700	0,077	0,122	500
700	700A 4 conductores Cu	4	700	0,077	0,122	500
800	800A 4 conductores Cu	4	800	0,047	0,122	1000
800	800A 5 conductores Cu	5	800	0,047	0,122	1000
800	800A 4 conductores Cu	4	800	0,038	0,027	1000
800	800A 4 conductores Cu	4	800	0,072	0,122	500
800	800A 5 conductores Cu	5	800	0,072	0,122	500
1000	1000A 4 conductores Cu	4	1000	0,038	0,120	1000
1000	1000A 5 conductores Cu	5	1000	0,038	0,120	1000
1000	1000A 4 conductores Cu	4	1000	0,037	0,026	1000
1000	1000A 4 conductores Cu	4	1000	0,038	0,097	1000
1000	1000A 4 conductores Cu	4	1000	0,068	0,120	500
1000	1000A 5 conductores Cu	5	1000	0,068	0,120	500
1200	1200A 4 conductores Cu	4	1200	0,035	0,021	1000
1250	1000A 4 conductores Cu	4	1250	0,034	0,023	1000
1250	1250A 4 conductores Cu	4	1250	0,035	0,076	1000
1500	1500A 4 conductores Cu	4	1500	0,030	0,022	1000
1600	1600A 4 conductores Cu	4	1600	0,025	0,018	1000
1600	1600A 4 conductores Cu	4	1600	0,034	0,074	1000
2000	2000A 4 conductores Cu	4	2000	0,020	0,015	1000
2000	2000A 4 conductores Cu	4	2000	0,025	0,074	1000
2400	2400A 4 conductores Cu	4	2400	0,019	0,012	1000
2500	2500A 4 conductores Cu	4	2500	0,016	0,011	1000
2500	2500A 4 conductores Cu	4	2500	0,019	0,040	1000
3000	3000A 4 conductores Cu	4	3000	0,014	0,011	1000
3000	3000A 4 conductores Cu	4	3000	0,017	0,031	1000
3200	3200A 4 conductores Cu	4	3200	0,013	0,009	1000
3200	3200A 4 conductores Cu	4	3200	0,015	0,031	1000
4000	4000A 4 conductores Cu	4	4000	0,011	0,007	1000
4000	4000A 4 conductores Cu	4	4000	0,011	0,026	1000
5000	5000A 4 conductores Cu	4	5000	0,008	0,005	1000
5000	5000A 4 conductores Cu	4	5000	0,008	0,023	1000

**Anexo 02.** Valores de corriente admisible Izo de los conductores de barras prefabricados de aluminio

Tamano	Tipo	Numero de conductores	Izo [A]	r* [m /m]	Xph [m /m]	Ur [V]
160	160A 4 conductores Al	4	160	0,591	0,260	1000
160	160A 5 conductores Al	5	160	0,591	0,260	1000
160	160A 4 conductores Al	4	160	0,431	0,260	500
160	160A 5 conductores Al	5	160	0,431	0,260	500
250	250A 4 conductores Al	4	250	0,394	0,202	1000
250	250A 5 conductores Al	5	250	0,394	0,202	1000
250	250A 4 conductores Al	4	250	0,226	0,202	500
250	250A 5 conductores Al	5	250	0,226	0,202	500
315	315A 4 conductores Al	4	315	0,236	0,186	1000
315	315A 5 conductores Al	5	315	0,236	0,186	1000
315	315A 4 conductores Al	4	315	0,181	0,186	500
315	315A 5 conductores Al	5	315	0,181	0,186	500
400	400A 4 conductores Al	4	400	0,144	0,130	1000
400	400A 5 conductores Al	5	400	0,144	0,130	1000
400	400A 4 conductores Al	4	400	0,125	0,130	500
400	400A 5 conductores Al	5	400	0,125	0,130	500
500	500A 4 conductores Al	4	500	0,102	0,127	500
500	500A 5 conductores Al	5	500	0,102	0,127	500
630	630A 4 conductores Al	4	630	0,072	0,097	1000
630	630A 5 conductores Al	5	630	0,072	0,097	1000
630	630A 4 conductores Al	4	630	0,072	0,029	1000
630	630A 4 conductores Al	4	630	0,073	0,097	500
630	630A 5 conductores Al	5	630	0,073	0,097	500
800	630A 4 conductores Al	4	800	0,062	0,096	1000
800	630A 5 conductores Al	5	800	0,062	0,096	1000
800	800A 4 conductores Al	4	800	0,067	0,027	1000
800	800A 4 conductores Al	4	800	0,071	0,096	500
800	800A 5 conductores Al	5	800	0,071	0,096	500
1000	1000A 4 conductores Al	4	1000	0,062	0,023	1000
1000	1000A 4 conductores Al	4	1000	0,068	0,087	1000
1200	1200A 4 conductores Al	4	1200	0,054	0,023	1000
1250	1250A 4 conductores Al	4	1250	0,044	0,021	1000
1250	1250A 4 conductores Al	4	1250	0,044	0,066	1000
1500	1500A 4 conductores Al	4	1500	0,041	0,023	1000
1600	1600A 4 conductores Al	4	1600	0,035	0,017	1000
1600	1600A 4 conductores Al	4	1600	0,041	0,066	1000
2000	2000A 4 conductores Al	4	2000	0,029	0,016	1000
2000	2000A 4 conductores Al	4	2000	0,034	0,053	1000
2250	2250A 4 conductores Al	4	2250	0,032	0,049	1000
2400	2400A 4 conductores Al	4	2400	0,028	0,012	1000
2500	2500A 4 conductores Al	4	2500	0,022	0,011	1000
2500	2500A 4 conductores Al	4	2500	0,022	0,034	1000
3000	3000A 4 conductores Al	4	3000	0,020	0,011	1000
3200	3200A 4 conductores Al	4	3200	0,017	0,009	1000
3200	3200A 4 conductores Al	4	3200	0,020	0,034	1000
4000	4000A 4 conductores Al	4	4000	0,014	0,008	1000
4000	4000A 4 conductores Al	4	4000	0,017	0,024	1000
4500	4500A 4 conductores Al	4	4500	0,014	0,024	1000

ANEXO 3: Diseño del sistema de distribución eléctrica del edificio He Park con electrobarras





### TM1

- 3P-100 Amp 2(3x1/0TTU)+2x2D STD-Local 1
- 3P-100 Amp 2(3x1/0TTU)+2x2D STD-Local 2
- 3P-100 Amp 2(3x1/0TTU)+2x2D STD-Local 3
- 3P-100 Amp 2(3x1/0TTU)+2x2D STD-Local 4
- 3P-100 Amp 2(3x1/0TTU)+2x2D STD-Local 5
- 3P-100 Amp 2(3x1/0TTU)+2x2D STD-Local 6
- 3P-100 Amp 2(3x1/0TTU)+2x2D STD-Local 7
- 3P-90 Amp 2(3x1/0TTU)+2x2D STD-Of. 01
- 3P-90 Amp 2(3x1/0TTU)+2x2D STD-Of. 02
- 3P-90 Amp 2(3x1/0TTU)+2x2D STD-Of. 03
- 3P-90 Amp 2(3x1/0TTU)+2x2D STD-Of. 04
- 3P-90 Amp 2(3x1/0TTU)+2x2D STD-SPA

### TM4

- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1005
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1006
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1007
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1008
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1009
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1010
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1011
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1012
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1101
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1102
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1103
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1104
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1105
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1106
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1107
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1108
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1109
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1110
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1111
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1112
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1201
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1202
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1203
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1204
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1205
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1206
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1207
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1208
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D LIBRE
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D LIBRE
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D LIBRE
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D LIBRE

### TM5

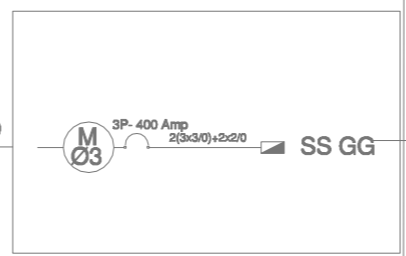
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1209
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1210
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1211-1212
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1301
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1302
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1303
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1304
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1305
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1306
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1307
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1308
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1309
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1310
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1311-1312
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1401
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1402
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1403
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1404-1405
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1406
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1407
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1408
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1409
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1410
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1411
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1412
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D LIBRE
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D LIBRE
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D LIBRE
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D LIBRE

### TM2

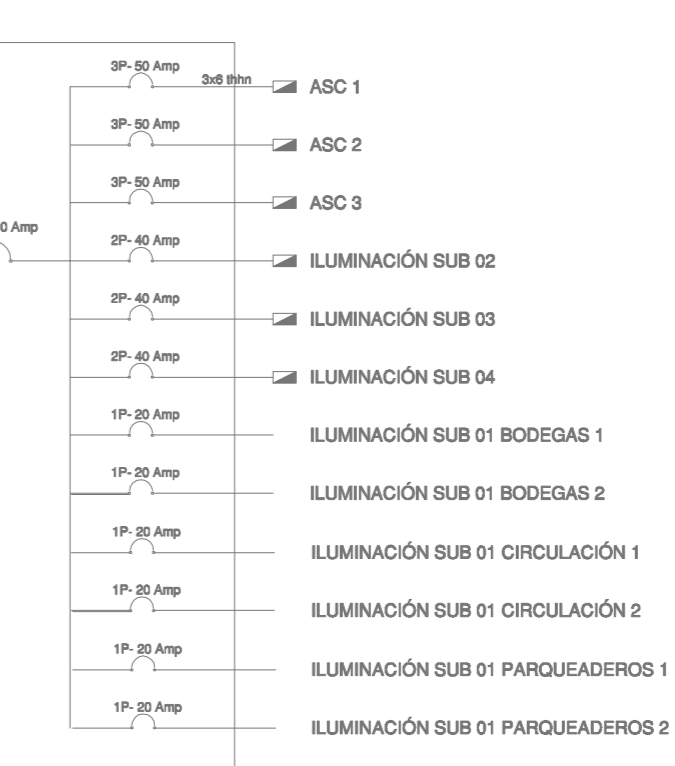
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 301
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 302
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 303
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 304
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 305-306
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 307
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 308
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 309
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 310
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 311
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 312
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 401
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 402
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 403
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 404
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 405
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 406
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 407
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 408
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 409
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 410
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 411
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 412
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 501
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 502
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 503
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 504
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 505
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 506
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 507
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 508
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 509
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 510
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 511
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 512
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 601
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 602
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 603
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 604-605
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 606-607
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 608
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D LIBRE
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D LIBRE
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D LIBRE

### TM3

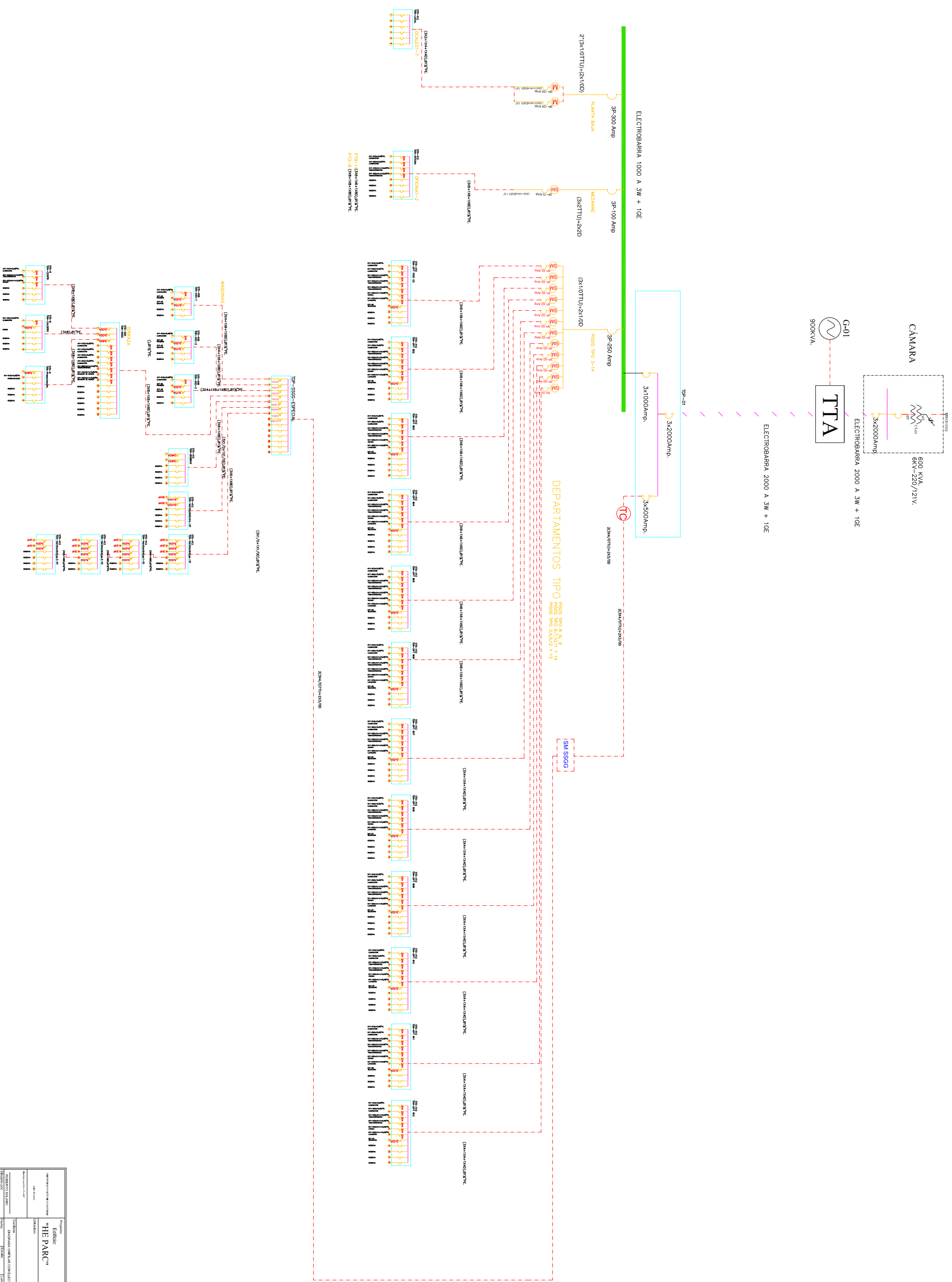
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 609
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 610
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 611
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 612
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 701
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 702
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 703
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 704
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 705
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 706
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 707
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 708
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 709
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 710
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 711
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 712
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 801
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 802
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 803
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 804
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 805
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 806
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 807
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 808
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 809
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 810
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 811
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 812
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 901
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 902
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 903
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 904
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 905
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 906
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 907
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 908
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 909
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 910
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 911
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 912
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1001
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1002
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1003
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D STD-Dpt. 1004
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D LIBRE
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D LIBRE
- 3P-80 Amp 2(3x1/0TTU)+2/0D LIBRE



### SQL 3FASES 20 ESPACIOS



# ANEXO 5. DIAGRAMA UNIFILA HE PARC CON ELECTROBARRAS



PROYECTO	Edificio "HE PARC"
CLIENTE	COMUNIDAD DE CONDOMINIO "HE PARC"
UBICACION	Caracas, Venezuela
FECHA	15/05/2024
ESCALA	1:100
HOJA	17/17



## Anexo 07. Presupuesto eléctrico de He Park con alimentadores con cables de cobre y medición centralizada

ALIMENTADORES ELECTRICOS					258112,50
1	Alimentador monofásico 2x8+1x8 en manguera de polietileno Ø 3/4"	m	15,5	8	124,00
2	Alimentador monofásico 2x8+1x8+1x8T en manguera de polietileno Ø 1-¼"	m	378	9,5	3591,00
3	Alimentador monofásico 2x4+1x4+1x6T en manguera de polietileno Ø 1-¼"	m	8597	16,5	141850,50
4	Alimentador trifásico 2x2+1x2+1x4T en manguera de polietileno Ø 1-¼"	m	3666	22	80652,00
5	Alimentador trifásico 3x8+1x8+1x8T en manguera de polietileno Ø 1-¼"	m	81	11	891,00
6	Alimentador trifásico 3x6+1x8+1x8T en manguera de polietileno Ø 1-¼"	m	106	14,5	1537,00
7	Alimentador trifásico 3x2+1x4+1x4 D en tubería EMT Ø 1-½"	m	370	37	13690,00
8	Alimentador trifásico 3x4+1x6+1x8T en manguera de polietileno Ø 1-½"	m	211	20	4220,00
9	Alimentador trifásico 3x8+1x8D en tubería EMT Ø 1-1/4"	m	96	16	1536,00
10	Alimentador trifásico 3x4+1x8D en tubería EMT Ø 1-1/4"	m	23,5	22	517,00
11	Alimentador trifásico 3x6+1x8D en tubería EMT Ø 1-1/4"	m	125	19	2375,00
12	Alimentador trifásico 3x1/0+1x1/0D en tubería EMT Ø 1-1/2"	m	42,5	50	2125,00
13	Alimentador ( 1x2D )	m	170	9	1530,00
14	Alimentación para interrupción Ascensor 4X18	m	82,5	2	165,00
15	Alimentador de alarma de ascensor	m	96,5	2	193,00
16	Señal motor control presurización (conductor 2x14 gemelo)	m	76	3,5	266,00
17	Conductor THHN/Cu. 2x18 AWG flexible en Tubería EMT de Ø 1/2" con soportería e instalación para control de iluminación	m	600	4,75	2850,00
CAMARA DE TRANSFORMACIÓN					152842,00
18	CAMARA DE TRANSFORMACION 600 KVA 6 KV CON TRANSFORMADOR FRENTU MUERTO CABLES, HERRAJES, EQUIPOS DE PROTECCION EN MEDIA TENSION, CELDA DE REMONTE DE CABLES TIPO GAM-2, CELDA DE SECCIONAMIENTO TIPO IM 24 KV Y CELDA DE PROTECCION QM 24 KV, Y PROTECCION PRINCIPAL EN BAJA TENSION DE 3X1600A.	u	1	45000	45000,00
19	Derivacion camara camara 22.8 kv,incluye cable de m/t (XLPE 2/0),equipos de protección y herrajes.	u	1	4000	4000,00
20	Tablero de medidores de 48 unidades con protección principal 3x500A	u	2	6000	12000,00
21	Tablero de medidores de 32 unidades con protección principal 3x350A	u	2	4000	8000,00
22	Tablero de medidores de 12 unidades con protección principal 3x350A (locales y oficinas)	u	1	2000	2000,00
23	Tablero para medición de servicios generales	u	1	1300	1300,00
24	Tablero de distribución para medidores	u	1	8000	8000,00
24	Tablero de distribución de Medición de SSGG y de tablero de locales y oficinas	u	1	1200	1200,00
25	Alimentador trifásico 7(3x4/0)TTU+5x4/0D desde cámara hasta TTA, TDP y generador	m	60	480	28800,00
26	Alimentador trifásico 2(3X1/0) TTU + 2X2D, alimentador de TGM de locales y oficinas Y TGM de 48 usuarios	m	218	83	18094,00
27	Alimentador trifásico 3X3/0 TTU + 2/0, alimentador TGM de 32 usuarios	m	145	70	10150,00
28	Alimentador trifásico 2(3X3/0) TTU + 2X2/0D, alimentador para SSGG	m	31	120	3720,00
29	Canaleta metálica tipo escalerilla de 50x15 cm. con accesorios de sujeción	m	106	50	5300,00
30	Canaleta metálica tipo ducto de 50x15 cm. con accesorios de sujeción y tapa metálica, desde tableros de medidores hasta ducto	m	40	55	2200,00
31	Canaleta metálica tipo ducto de 50x10 cm. con accesorios de sujeción y tapa metálica, desde cámara hasta tableros de medidores	m	54	47	2538,00
32	Canalización para red de media tensión de VI vias (incluye tubos Rival color naranja corrugados)	m	60	5	300,00
33	Rotura y reposición de acera	m2	60	4	240,00
<b>Sub-total contrato</b>					<b>410954,50</b>

## Anexo 08. Presupuesto eléctricos de He Park con electrobarras

	DETALLE		cant.	P/unit	P/Total
	<b>ALIMENTADORES ELECTRICOS</b>				<b>128749,26</b>
1	Alimentador monofásico 2x8+1x8 en manguera de polietileno Ø 3/4"	m	15,5	8	124,00
2	Alimentador monofásico 2x8+1x8+1x8T en manguera de polietileno Ø 1-¼"	m	378	9,5	3591,00
3	Alimentador monofásico 2x4+1x4+1x6T en manguera de polietileno Ø 1-¼"	m	2857	16,5	47140,50
4	Alimentador trifásico 2x2+1x2+1x4T en manguera de polietileno Ø 1-¼"	m	954	22	20988,00
25	Electrobarra de 1000A incluye accesorios de fijación y cajas de piso	m	61	410,01	25010,76
5	Alimentador trifásico 3x8+1x8+1x8T en manguera de polietileno Ø 1-¼"	m	81	11	891,00
6	Alimentador trifásico 3x6+1x8+1x8T en manguera de polietileno Ø 1-¼"	m	106	14,5	1537,00
7	Alimentador trifásico 3x2+1x4+1x4 D en tubería EMT Ø 1-½"	m	370	37	13690,00
8	Alimentador trifásico 3x4+1x6+1x8T en manguera de polietileno Ø 1-½"	m	211	20	4220,00
9	Alimentador trifásico 3x8+1x8D en tubería EMT Ø 1-¼"	m	96	16	1536,00
10	Alimentador trifásico 3x4+1x8D en tubería EMT Ø 1-¼"	m	23,5	22	517,00
11	Alimentador trifásico 3x6+1x8D en tubería EMT Ø 1-¼"	m	125	19	2375,00
12	Alimentador trifásico 3x1/0+1x1/0D en tubería EMT Ø 1-1/2"	m	42,5	50	2125,00
13	Alimentador ( 1x2D )	m	170	9	1530,00
14	Alimentación para interrupción Ascensor 4X18	m	82,5	2	165,00
15	Alimentador de alarma de ascensor	m	96,5	2	193,00
16	Señal motor control presurización (conductor 2x14 gemelo)	m	76	3,5	266,00
17	Conductor THHN/Cu. 2x18 AWG flexible en Tubería EMT de Ø 1/2" con soportería e instalación para control de iluminación	m	600	4,75	2850,00
	<b>CAMARA DE TRANSFORMACIÓN</b>				<b>119728,25</b>
18	CAMARA DE TRANSFORMACION 600 KVA 6 KV CON TRANSFORMADOR FRENTA MUERTO CABLES, HERRAJES, EQUIPOS DE PROTECCION EN MEDIA TENSION, CELDA DE REMONTE DE CABLES TIPO GAM-2, CELDA DE SECCIONAMIENTO TIPO IM 24 KV Y CELDA DE PROTECCION QM 24 KV, Y PROTECCION PRINCIPAL EN BAJA TENSION DE 3X1600A.	u	1	45000	45000,00
19	Derivacion camara camara 22.8 kv,incluye cable de m/t (XLPE 2/0),equipos de protección y herrajes.	u	1	4000	4000,00
21	Tablero de medidores de 12 unidades con protección principal 3x100A (departamentos)	u	12	1600	19200,00
22	Tablero de medidores de 12 unidades con protección principal 3x350A (locales y oficinas)	u	1	2000	2000,00
23	Tablero para medición de servicios generales	u	1	1300	1300,00
25	Electrobarra de 2000A incluye accesorios de fijación y cajas de piso	m	60	531,89	31913,25
26	Alimentador trifásico 2(3X1/0) TTU + 2X2D, alimentador desde la electrobarra has TGM de locales y oficinas	m	73	83	6059,00
28	Alimentador trifásico 3x2TTU+1x2D en manguera de polietileno de 2", alimentador de electrobarra a tablero de medidores	m	70	42	2940,00
28	Alimentador trifásico 2(3X3/0) TTU + 2X2/0D, alimentador para SSGG	m	31	120	3720,00
29	Canaleta metálica tipo escalerilla de 20x10 cm. con accesorios de sujeción	m	53	32	1696,00
30	Canaleta metálica tipo ducto de 20x10 cm. con accesorios de sujeción y tapa metálica, desde tableros de medidores hasta ducto	m	40	34	1360,00
32	Canalización para red de media tensión de VI vías (incluye tubos Rival color naranja corrugados)	m	60	5	300,00
33	Rotura y reposición de acera	m2	60	4	240,00
	<b>Sub-total contrato</b>				<b>248477,51</b>

## Anexo 09. Costo de electrobarras y accesorios para el edificio He Park

Especificación		Unidad	Precio
1 ELECTROBARRA 4W+1G 2000A			
BARRA	59,86 MZ	\$ 241,00	\$ 14.426,26
TERMINAL DE CONEXIÓN	1 EA	\$ 56,00	\$ 56,00
FINAL	1 EA	\$ 58,00	\$ 58,00
CODO HORIZONTAL	2 EA	\$ 88,00	\$ 176,00
CODO VERTICAL	4 EA	\$ 204,00	\$ 816,00
SOPORTE FLEXIBLE VERTICAL	0 SET	\$ 54,00	\$ -
SOPORTE RIGIDO	0 SET	\$ 41,00	\$ -
PLUG PARA CAJA DE DERIVACIÓN	0 EA	\$ 41,00	\$ -
CAJA DE DERIVACION 100A	0 EA	\$ 230,00	\$ -
CAJA DE DERIVACION 400A	0 EA	\$ 238,00	\$ -
<b>PRECIO BARRA 2000A</b>			<b>\$ 15.532,26</b>
<b>PRECIO BARRA 1000A</b>			<b>\$ 12.190,08</b>
Impuestos salida de divisas		5%	\$ 1.386,12
Seguro adicional (por que viene con seguro de fuera no de aquí)		1%	\$ 155,32
Total de producto en aduana			\$ 15.687,58
Arancel		0%	\$ -
Impuestos FODINFA		0,5%	\$ 78,44
Total producto en aduana+arancel+fodinfa			\$ 15.766,02
Impuestos IVA		12%	\$ 1.891,92
Total producto con impuestos			\$ 17.657,94
Gastos Navieros/Manejo/Gastos Portuarios incl. Bodegaje hasta 5 días (incluido IVA)			\$ 873,60
Tramite de Nacionalizacion (incluido IVA)			\$ 269,70
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 20.187,36</b>
Margen de error		3%	\$ 605,62
<b>PRECIO ELECTROBARRAS EZ EN ECUADOR</b>			<b>\$ 22.179,09</b>