

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**TESIS**

**“SISTEMA DE DUCTOBARRA DE COBRE PARA  
CANALIZACIONES ELÉCTRICAS EN UNA PLANTA  
INDUSTRIAL”**

**PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO ELECTRICISTA**

**AUTORES:**

**Bach. FEBRES ROBLES, Wilson Junior**

**Bach. PEREZ CHARRI, Walter Michel**

**Bach. PESANTES TOLEDO, Andy Walter**

**Callao, 2020**

**PERÚ**



## **HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN**

**PRESIDENTE** : **Dr. Ing. Santiago Linder Rubiños Jiménez**  
**SECRETARIO** : **Mg. Ing. Ernesto Ramos Torres**  
**VOCAL** : **Mg. Ing. Genaro Delfín Susanibar Celedonio**  
  
**ASESOR** : **Mg. Ing. Niko Alain Alarcón Cueva**

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres por habernos formado con reglas, consejos, motivaciones y su infinito apoyo en todos nuestros logros de vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a Dios por habernos creado y regalado cada día de nuestras vidas. A nuestros padres que siempre estuvieron a nuestro lado cuando requeríamos de su apoyo. A la Universidad Nacional del Callao, a todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

TABLAS DE CONTENIDO .....	8
RESUMEN .....	11
ABSTRACT .....	12
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
1.1 Descripción de la realidad problemática. ....	13
1.2 Formulación del problema .....	14
1.3 Objetivos.....	15
1.4 Limitantes de la investigación .....	16
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO.....	17
2.1. Antecedentes .....	17
2.2. Marco.....	26
2.3 Definición de términos básicos .....	62
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS .....	65
3.1 Hipótesis .....	65
3.2. Definición conceptual de variables.....	66
3.3. Operacionalización de variables .....	66
CAPÍTULO IV: DISEÑO MÉTODOLOGICO.....	68
4.1. Tipo y diseño de investigación.....	68
4.2. Método de investigación .....	68
4.3. Población y muestra .....	68
4.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información .....	69
4.5. Análisis y procesamiento de datos.....	72
CAPÍTULO V: RESULTADOS.....	74
5.1 Resultados descriptivos .....	74
5.2. Resultados inferenciales.....	79

CAPÍTULO VI: DISCUSION DE RESULTADOS.....	82
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	82
Descripción del Proyecto .....	82
CONCLUSIONES .....	101
RECOMENDACIONES .....	103
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	104
ANEXO .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## TABLAS DE CONTENIDO

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama unifilares de alimentador primario para abastecer transformadores de distribución residenciales .....	28
Figura 2. Tecnología de fase pareada .....	33
Figura 3. Electrobarra tipo sánduche. ....	35
Figura 4. Electrobarra tipo sánduche mini. ....	36
Figura 5. Electrobarra de Fase no segregada NSPB .....	36
Figura 6. Electrobarra en resina.....	37
Figura 7. Marcas de Ducto de Barra Materiales a Utilizarse .....	46
Figura 8. Ductos de barra .....	47
Figura 9. Ductos de barra los esfuerzos de cortocircuito .....	48
Figura 10. Instalación.....	48
Figura 11. Certificación .....	50
Figura 12. Niveles de Cortocircuito de Fase a Fase .....	56
Figura 13. Gabinete .....	60
Figura 14. Interruptores.....	61
Figura 15. Montante de Ducto de barra 1 3x1600A y Ducto de Barra 2 3x800A. 81	
Figura 16. Planta Industrial de Oficina, en construcción y maqueta.....	83
Figura 17. Ubicación del Tablero TD-E .....	85
Figura 19. Tiempo de ejecución de instalaciones por Cable y por el sistema de Ducto de Barra .....	90

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Niveles de Tensión en red primaria</i> .....	28
Tabla 2. <i>Niveles de Transformación</i> .....	29
Tabla 3. <i>Niveles de tensión en red secundaria</i> .....	29
Tabla 4 <i>Factor de corrección K1</i> .....	45
Tabla 5. <i>Las mediciones finales de campo</i> .....	51
Tabla 6. <i>Datos Técnicos</i> .....	55
Tabla 7. <i>Niveles de Cortocircuito de Fase a Fase (kA)</i> .....	56
Tabla 8. <i>Interruptores</i> .....	61
Tabla 9. <i>Calculo de Máxima Demanda de oficina T-OF1</i> .....	75
Tabla 10. <i>Calculo de Máxima Demanda de oficina T-OF2</i> .....	75
Tabla 11. <i>Calculo de Máxima Demanda de oficina T-OF3</i> .....	76
Tabla 12. <i>Calculo de Máxima Demanda de oficina T-OF4</i> .....	76
Tabla 13. <i>Calculo de Máxima Demanda de oficina T-D3 AL T-D30</i> .....	77
Tabla 14. <i>Calculo de Máxima Demanda de oficina T-D2</i> .....	77
Tabla 15. <i>Cuadro de carga de Tableros de Emergencia</i> .....	78
Tabla 16. <i>Capacidad de corriente nominal por pisos</i> .....	80
Tabla 17. <i>Capacidad de corriente de diseño</i> .....	80
Tabla 18. <i>Accesorios para instalación de Ducto de Barra 01</i> .....	87
Tabla 19. <i>Accesorios para instalación de Ducto de Barra 02</i> .....	87
Tabla 20 <i>Costo Total de sistema de ducto de barra y Sistema convencional</i> .....	88
Tabla 21. <i>Costo de Suministro de cable, bandeja y tableros</i> .....	88
Tabla 22. <i>Costo de suministro de Ducto de Barra</i> .....	89
Tabla 23. <i>Costo de instalación de Tablero, Bandeja y Cable</i> .....	89
Tabla 24. <i>Costo de instalación de Ducto de Barra</i> .....	89
Tabla 25. <i>Tiempo de entrega de Material –Equipamiento</i> .....	91
Tabla 26. <i>Comparativo de tiempo de vida</i> .....	91
Tabla 27. <i>Depreciación de cable</i> .....	91
Tabla 28. <i>Depreciación de Ducto de Barra</i> .....	92
Tabla 29. <i>Caída de tensión con cable alimentador a cada nivel de piso</i> .....	93
Tabla 30. <i>Caída de tensión con sistema de ducto de barra</i> .....	94
Tabla 31. <i>Perdida de energía por caída de tensión con el sistema de ducto de</i>	

<i>barra y cable alimentador convencional.....</i>	95
Tabla 32. <i>Costo Total de energía en 10 años por caída de tensión.....</i>	96
Tabla 33. <i>Costo total de m2 por sistema de ducto de barra y sistema con cable</i>	96
Tabla 34. <i>Costo beneficio en 10 años mediante sistema convencional con Cable .....</i>	98
Tabla 35. <i>Costo beneficio en 10 años mediante sistema de ducto de barra.....</i>	98
Tabla 36. <i>Beneficio de ahorro mediante el sistema de ducto de barra .....</i>	99

## RESUMEN

La implementación del ducto de barra tiende a transportar mayor energía para cargas eléctricas futuras que comúnmente se viene desarrollando en cada edificación.

La instalación del sistema de ducto de barra sería en un menor tiempo y costo de mano de obra ya que el ducto de barra viene implementado con una carcasa de protección que sería como su canalización y dentro de ellas, según las líneas requeridas (bifásico, trifásico y/o con neutro), lo cual solo necesitaría una soportería para su instalación.

El espacio que se requiere es considerable para la elección de una canalización, por este motivo se requiere aumentar las dimensiones de la canalización, esto hace que el ducto o espacio a requerir en la instalación sea mayor.

La seguridad es parte importante tanto para el sistema eléctrico y protección del ser humano, ante una posible falla el ducto de barra brinda una mayor resistencia al fuego al ser un equipamiento más compacto, por otro lado, brinda menor emisión electromagnética en ambientes que contengan equipos sensibles a las perturbaciones electromagnéticas. En caso de haberse dañado en una parte del recorrido del ducto de barra, este puede ser cambiado solo en ese tramo.

Con respecto al costo del ducto de barra, tiende a ser más elevado hasta ahora en nuestro mercado, pero teniendo una demanda de energía elevada tiende a compensar esta diferencia y con los puntos indicados líneas arriba se daría un retorno de inversión.

Economía y Socio-Política. La falta de crecimiento en la planta industrial genera que se tenga un tope en la producción y elaboración de los insumos, no abasteciendo al número de clientes que cuenta actualmente, ni las fechas de entrega.

Este proyecto tiene gran importancia por el desarrollo social que produce dicha empresa que cuenta con 15 años de experiencia en el rubro de limpieza profesional, generando varios puestos de trabajo en el transcurso de los años y aportando al crecimiento industrial en la región de Lima.

## **ABSTRACT**

The implementation of the bus duct tends to transport greater energy for future electrical loads that are commonly developed in each building.

The installation of the bus duct system would be in less time and labor cost since the bus duct is implemented with a protection casing that would be like its pipeline and within them, according to the required lines (two-phase, three-phase and / or with neutral), which would only need a support for its installation.

The space required is considerable for choosing a pipeline, for this reason it is necessary to increase the dimensions of the pipeline, this makes the pipeline or space to be required in the installation larger.

Safety is an important part for both the electrical system and the protection of the human being, in the event of a possible failure the bus duct provides greater resistance to fire as it is a more compact equipment, on the other hand, it provides less electromagnetic emission in environments that contain equipment sensitive to electromagnetic disturbances. In case of damage in part of the bus duct route, it can be changed only in that section.

Regarding the cost of the bus duct, it tends to be higher so far in our market, but having a high energy demand tends to compensate for this difference and with the points indicated above lines, a return on investment would be given.

Economy and Socio-Politics. The lack of growth in the industrial plant generates a ceiling in the production and processing of inputs, not supplying the number of customers that it currently has, nor the delivery dates.

This project is of great importance due to the social development produced by said company, which has 15 years of experience in the professional cleaning business, generating several jobs over the years and contributing to industrial growth in the Lima region

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Se entiende por efectividad energética al hábito empleada durante el consumo de fuerza que tiene como propósito amañar bajar el uso de fortaleza. Los individuos y las organizaciones que son consumidores directos de la energía pueden paladear economizar fuerza para disminuir costos energéticos y originar sostenibilidad económica, política y ambiental. Los usuarios industriales y comerciales pueden interesar crecer eficiencia y maximizar así su lucro.

A través de la implementación de nuevas tecnologías como la del proyecto podemos alcanzar el linaje, con buenas políticas de instalaciones eléctricas.

La transformación que se viene dando en nuestro país, implica el cambio de los distintos sectores, entre ellos el eléctrico, por lo baza, se hace necesitado contar con soluciones técnicas y económicas eficientes, como es el azar de los Ducto Barras que reemplazan a las soluciones tradicionales con cables eléctricos.

### **1.1 Descripción de la realidad problemática.**

En la estructuración eléctrica para los Planta Industrials de oficinas y multifamiliares los circuitos alimentadores son conductores eléctricos de diferentes secciones para las diversas cargas eléctricas que requiere. Esto conlleva a hacer trabajos previos para la cimentación, como la plaza de la canalización que pueden ser bandejas porta amarra y/o tuberías (PVC SAP o conduit). Estos conductores eléctricos que llegan a los tableros eléctricos se tienen que salpicar cada uno libremente desde el madero superior hasta los tableros de orden hace que nos demande mayor legislatura y acontecimiento de obra realizando falaz proceso de asentamiento (canalización y conductores eléctricos). Se utiliza mayor ocupación por su canalización, dado que se considera una canalización con un porcentaje mayor de circunstancia por futuras instalaciones y a un sobrecalentamiento.

Los recorridos largos de conductores sufren un ocaso de tensión, por ello se sobre dimensionan a la carga requerida.

Si ocurriese un defecto o una calcinación en uno de los conductores eléctricos se tendría que dar el recurso por acabado ya que no se podría limpiar solo el ingrediente

perjudicada y reunir interiormente de una canalización debido a podría alcanzar un espacio caliente o bien obstrucciones futuras.

La gentileza actualmente situada en el país de San Juan de Lurigancho viene funcionando con un sistema de abyecta agitación en condiciones de misión no óptimas para el buen proceso y uso válido de la fortaleza eléctrica, dado que presenta considerables caídas de ebullición, después nos encontramos con el mal dimensionamiento de los cables alimentadores a tableros, subtableros, equipos de la gallardía y a su propia Subestación ubicadas en el cuarto de centinela, la cual proveen de energía a los diversos equipos y dispositivos que se encuentran en condiciones de obstáculo así también como el de pizca espaciamento entre si y entre los mismos equipos poniendo en riesgo la vitalidad del personal que labora en estas instalaciones.

Cabe enfatizar que el ambiente de obligación en la garbo está considerado porque los químicos con los que se trabaja como altamente toxico y de corrosión, este escena artificial crea un escena corrosivo para todo el sistema de despreciable tensión lugareño tirar, se produce el deterioro por corrosión mano en el abastecimiento de los tableros (interruptores termomagnéticos, guardamotors, relés térmicos, contactores, conductores, barras etc.), las instalaciones de alimentadores a los tableros eléctricos, e plaza de los circuitos en torno a las cargas existentes en la planta industrial (conductores eléctricos, terminales, tuberías CONDUIT Y PVC, botoneras, pulsadores) y por ultimo a los mismos equipos (motores, pistones, extractores, ventiladores, etc).

## **1.2 Formulación del problema**

El problema de estudio nos lleva a formularnos las siguientes preguntas

### **1.2.1 ¿Qué problema voy a investigar?**

El problema a investigar es el de tener un sistema de baja tensión en condiciones no óptimas para la operación, esto conlleva al mal uso de suministro eléctrico por ende el mal funcionamiento de los diversos dispositivos y equipos que encontramos en la planta industrial, para ello formulamos la siguiente pregunta:

¿Cómo el SISTEMA DE DUCTOBARRA DE COBRE PARA CANALIZACIONES mejorara la eficiencia en el uso de las instalaciones ELÉCTRICAS EN UNA PLANTA INDUSTRIAL?

### **1.2.2 ¿Dónde se realizará la investigación?**

La presente investigación se realizará en las instalaciones de la planta industrial ubicada en el distrito de San Juan de Lurigancho, zona no establecida para el desarrollo industrial, por lo que se obvia su futura reubicación.

### **1.2.3 ¿Cómo voy a investigar?**

Se va a investigar por medio del método experimental, basándose en los estudios realizados anterior mente en la distribución de cargas para el sistema de baja tensión y lo que indica el Código Nacional de Electricidad-Suministro; método sistémico, Está dirigido a modelar el objeto mediante la determinación de sus componentes, así como las relaciones entre ellos. Esas relaciones determinan por un lado la estructura del objeto y por otro su dinámica.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General:**

OG: Implementar la tecnología de blindo-barras a todo el sistema eléctrico de la planta para mejorar la eficiencia de la misma creando el concepto de uso eficiente de la energía eléctrica a través del correcto dimensionamiento de cargas así también como el de utilizar equipos y dispositivos que cumplan con los estándares y normas de seguridad y calidad que el ambiente amerita.

### **1.3.2. Objetivos Específicos:**

- OE1: Determinar la capacidad del consumo de la energía eléctrica del sistema de distribución de emergencia.
- OE2: Dimensionar el cable para la potencia requerida del sistema de distribución de emergencia.
- OE3: Dimensionar el ducto de barra para la potencia requerida del sistema de distribución de emergencia.

- OE4: Evaluar la eficiencia técnica y económica del sistema de distribución eléctrica con la implementación de ducto de barra del sistema de emergencia.
- OE5: Definir la ruta óptima de las blindobarras para los tableros eléctricos así también como a las cargas de la planta industrial.

#### **1.4 Limitantes de la investigación**

- ✓ Teórica. No existen investigaciones acerca del sistema de baja tensión efectuada anteriormente de esta planta.
- ✓ No se maneja una base de datos con respecto a las instalaciones actualmente activas, vale decir no se cuenta con planos eléctricos, unifilares, montantes, etc..., todos los datos se corroboraron en campo (se hizo un seguimiento de las cargas), con las maquinas en funcionamiento, lo que hizo no practica la obtención de datos.
- ✓ Se facilitó el cuadro de cargas nuevas a instalarse, en el cual se hizo el diseño de sus respectivos alimentadores y equipamiento para los tableros.
- ✓ Se contó con personal de la misma planta, que hizo factible el proceso industrial de la planta, así también con el reconocimiento de máquinas, y cuáles eran sus determinadas funciones.
- ✓ Se tuvo acceso a la nueva planta, en donde se pudo obtener información de los dimensionamientos, y posicionamientos de los nuevos tableros.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEORICO**

### **2.1. Antecedentes**

#### **2.1.1 Internacional**

En la investigación titulada Instalación en ducto de barras para distribución eléctrica en baja tensión por ducto barra sustentada en la Universidad Simón Bolívar en Sartenejas, Venezuela, para obtener el título de ingeniero electricista; en sus conclusiones manifiesta que: De acuerdo a la experiencia en campo obtenida durante la pasantía, cuando en la edificación las cargas se encuentran dispersas o separadas grandes distancias, el usar barras conductoras de distribución, no es factible, porque la instalación se vuelve poco práctica y engorrosa; pero si se tiene un centro carga bien definido, es decir, existe un conjunto de cargas en un mismo espacio, el uso de las barras ideal, ya que a través de punto de derivación, se cumple el requerimiento energético de cada una de ellas de manera directa y factible. Solano, R. (2012)

Merentes, K. (2015) en la investigación titulada Modelamiento de una normativa para el uso de electrobarras como sistema de distribución de energía eléctrica en Planta Industrial corporativo y de vivienda publicada en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito en Quito en Ecuador, para la obtención de título de ingeniero eléctrico; en sus conclusiones manifiesta que:

A pesar de que Ecuador y su agente, vive tiempos de globalización y desarrollo tecnológico, todavía no posee propuesta para implementar el uso de electrobarra en sus edificaciones, pero aun, pensar en la fabricación de electrobarras nacionales.

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 ambicioso que los actuales, permitiendo al sector de la construcción reducir costos en la parte eléctrica y poderlo invertir en otras ingenierías o simplemente mejorar las ganancias.

El sistema de electrobarras presento una enorme ventaja técnica y económica frente al sistema convencional de cables en el proyecto ejemplo, pero a la necesidad de descentralizar la medición de la energía, utilización de estas sigue estando restringida.

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.

En la construcción de Planta Industriales corporativos o residenciales, el mayor problema de la utilización de cables 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 de aluminio para la conducción eléctrica.

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 electrobarra al reducir los costos implicados en pérdidas técnicas, depreciación del material, mantenimientos y la inversión inicial.

La fundamentación teórica de ésta investigación, se afirma, que el proyecto arquitectónico de la planta de producción muestra las diferentes áreas en un solo piso; sin embargo también en esta planta existe un sector administrativo y de oficinas, los usuarios que se ubican en estas áreas requieren un sistema adecuado de iluminación, tableros con número de circuitos identificados por área, tomacorrientes con sus respectivos diferenciales, aire acondicionado con su sistema de puesta a tierra y cualquier otro equipo de fuerza o carga especial (extractores, thermas, etc), luces de emergencia operativos, bandejas o canaletas correctamente instaladas.

La Máxima Demanda está determinada por la carga instalada para la operación normal del sistema de la planta, así también como las cargas de

aire acondicionado, alumbrado y tomacorrientes en este local, lo cual resulta de la aplicación de los respectivos índices del Código Nacional de Electricidad y la adición de los Equipos Electromecánicos y Maquinarias operativas al 100% necesario para la producción, considerados a instalarse en la planta.

Se suministrará energía a la planta desde la subestación de energía eléctrica a la tensión de 220 voltios, 60 Hz en el sistema trifásico, con el 80% de carga operativa de la planta y el 20% restante a futura ampliación de carga de la planta.

(León A., 2010), en su trabajo de tesis "AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN EN EDIFICACIONES COMERCIALES Y DE TRANSPORTE MASIVO" para obtener el título de Ingeniero Electricista tiene como objetivo desarrollar una metodología para la automatización de sistemas de iluminación en edificaciones comerciales y de transporte masivo, con la finalidad de maximizar el grado de confort, el ahorro energético y la eficiencia, para ello la metodología consta de tres partes principales, las cuales permiten desarrollar paso a paso un sistema de iluminación confortable y eficiente energéticamente, que cumpla con las normas nacionales e internacionales, las cuales son: Proyecto de iluminación, estudia las nuevas tendencias tecnológicas en lámparas y luminarias, así como también su distribución en la edificación por medio del software Dialux. Proyecto de control, estudia la tecnología a utilizar en automatización para controlar la iluminación según la iluminación natural y las necesidades de la edificación. Proyecto de energía alternativa, se plantea la energía fotovoltaica y eólica, sus principales componentes y un método de cálculo para dimensionar dichos sistemas, llegando a la conclusión de que es factible realizar el cambio de la tecnología lumínica y de automatización, ya que se obtendría un 71,49% en ahorro de energía eléctrica, logrando un sistema confortable y eficiente para ello recomienda antes de realizar cualquier implementación de energía eólica o fotovoltaica, efectuar un estudio en el área de emplazamiento con la finalidad de tener exactitud en los datos de climatológicos.

De lo expuesto por el autor, es importante reconocer que el uso de fuentes de energías renovables aumenta la eficiencia del sistema.

(Alonzo Chavarría, 2012) en su trabajo de tesis "DISEÑO DEL CONTROL AUTOMÁTICO DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE ILUMINACIÓN" para obtener el título de Ingeniero Físico tuvo como objetivo Diseñar el prototipo de un sistema de iluminación inteligente que regule el uso de luz natural y artificial, priorizando la disponibilidad de la primera sobre la segunda y considerando en todos los aspectos posibles la maximización de la eficiencia energética, la minimización de compuestos contaminantes y el empleo de materiales económicos de larga durabilidad, adecuados para utilizarse en viviendas y Planta Industrials de la región de la península de Yucatán para ello utilizó interrupciones, con este método, la CPU responde a una solicitud de servicio sólo cuando el dispositivo periférico realiza su solicitud de servicio de manera explícita, otra forma efectiva es mediante interrupción software, con la cual, la rutina de servicio se invoca desde el software en vez de invocarse desde un hardware externo llegando a la conclusión que es necesario realizar ajustes en el ambiente lumínico del espacio cerrado mediante el sistema de medición y el sistema de iluminación artificial para alcanzar los niveles de iluminación mínimos en horarios cercanos al amanecer (6:00am-8:00am) y el atardecer (4:00pm-6:00pm), por último el autor recomienda que en el sistema de medición de iluminación se puede mejorar la precisión del sensor mediante la adición de un amplificador logarítmico.

De lo expuesto por el autor, es importante recalcar el uso de espejos con la finalidad de producir iluminación artificial, para compensar la falta de iluminación de 6am a 8am y de 4pm a 6pm.

(Fuentes Espinoza, 2018) en su trabajo de tesis "Estudio de una red de sensores inalámbricos con tecnología Wi-Fi y radiofrecuencia, aplicado a un sistema de control domótico inteligente distribuido" para obtener el título de INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO tiene como objetivo analizar la arquitectura de una red de sensores inalámbricos a través de una red prototipo basada en microcontroladores y componentes de bajo costo, para su aplicación en sistemas domóticos distribuidos para ello el estudio de una red de sensores inalámbricos involucra algunos factores como la latencia de la red, su

adaptabilidad, eficiencia, etc. Estos parámetros definen que el tipo de investigación a utilizar en este trabajo sea del tipo correlacional con enfoque cuantitativo, puesto que se quiere determinar la relación de estos factores o variables dentro de una red, a través de mediciones numéricas experimentales con la ayuda de un prototipo de red. Para conseguir lo anterior se emplea métodos bibliográficos y experimentales. El primero se lo lleva a cabo mediante el análisis de investigaciones y trabajos previos referentes al tema, como también, el estudio de protocolos y sistemas ya existentes y probados en el mercado. El segundo método se lo ejecuta mediante la elaboración de elementos prototipos de la red, mediante los cuales se ha establecido experimentos que permitan determinar y cuantificar el comportamiento del sistema de forma global y por subsistemas, llegando a la conclusión de que las redes de sensores inalámbricos que trabajan a velocidades moderadamente bajas, en este estudio a 250 Kbps, garantizan la integridad y seguridad de los datos, reduciendo el consumo de energía de los elementos de la red, por ello recomienda comprobar que los elementos usados para hacer los prototipos funcionen correctamente, de esta manera, las pruebas futuras que se realicen podrán arrojar resultados veraces, que demuestren sin interferencias el comportamiento real del sistema. Asimismo, se sugiere el uso de microcontroladores de 32 bits para próximos proyectos, pues cuentan con mejores características que sus similares de 8 bits, y actualmente, son menos costosos que los microcontroladores de 8 bits comúnmente usados.

De lo expuesto por el autor, es importante resaltar que es posible utilizar componentes de bajo costo para llevar a cabo el proyecto.

(López Játiva, Oñate Suarez, 2010) en su tesina "IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA AUTOMATICO DE VENTILACION E ILUMINACION CONTROLADO POR UN MICROCONTROLADOR PARA EL LABORATORIO DE MANTENIMIENTO ELECTRICO" tiene como objetivo aplicar un sistema automático de ventilación y mejorar la iluminación del laboratorio de mantenimiento eléctrico de la Escuela de Educación Técnica - Facultad FECYT, la metodología que utilizan consta de tres partes, la primera parte está referida a la delimitación de los aspectos teóricos de la investigación, donde se incluyen la

formulación y delimitación de la investigación, definición de los objetivos propuestos, elaboración del marco teórico, entre otros. Esta parte está basada en la revisión bibliográfica de libros, revistas, folletos, informes, tesis, periódicos, entre otros; que permitieron darle mayor definición al trabajo, y donde se usaron técnicas documentales como: la observación documental, presentación resumida, resumen analítico y análisis crítico, de igual forma se utilizaron técnicas como el subrayado, fichaje, bibliografía de citas y notas de referencia bibliográfica y de ampliación de textos, construcción y presentación de índices, presentación de cuadros, gráficos e ilustraciones. La segunda parte está referida a la revisión completa y detallada de todas las instalaciones eléctricas de iluminación y ventilación de la institución, a través de la técnica de observación directa, para así tener una idea de la situación presentada utilizando el instrumento de la lista de cotejo. Se realizaron mediciones en diferentes puntos estratégicos para verificar los parámetros voltaje, corriente y así obtener el consumo de energía por iluminación que presenta la institución, usando instrumentos como Voltímetros, Amperímetros, Vatímetros, etc, llegando a la conclusión que mediante la implementación del sistema automático de ventilación e iluminación, se reduce el impacto ambiental y reducimos costos que beneficiarían al sector eléctrico y por ende al Estado. Aplicando sistemas de automatización se logra maximizar el grado de ahorro energético, por ello es necesario aprovechar los nuevos métodos investigativos que día a día presenta hoy la nueva tecnología y que está al servicio de la colectividad como método principal para la investigación científica; además, es un avance muy sistemático en la educación de los pueblos

De lo expuesto por el autor, es importante resaltar que cada dimensión de espacio ya sea casa, oficina, escuela, industria tienen distintos niveles de iluminación en lux necesarios, para tener una iluminación adecuada de interior.

(Rodríguez Fiallos, 2015) en su tesis "SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL DE ILUMINACIÓN EN LAS SALAS DE PROFESORES DE LA FISEI" tiene como objetivo de implementar un sistema automático de control de iluminación en la sala de 4 profesores 2 de la FISEI, para ello el enfoque y al abarcamiento del proyecto se realizó una investigación de campo, en la que se tomó medidas de iluminación usando un luxómetro, dimensiones del área a estudiar, horarios de

trabajo, etc., las mismas que determinaron los problemas existentes en la sala de profesores, a la vez proporcionó información que fue utilizada para el desarrollo del proyecto y el cumplimiento de los objetivos planteados. De igual manera se realizó una investigación bibliográfica-documental que se llevó a cabo a través de libros, revistas técnicas, papers, tesis, para lograr el conocimiento de las variables a tabular, asignación de los dispositivos apropiados e ilustraciones claras que ayudaron con la recopilación selecta de información, misma que sirvió como sustento científico del proyecto, llegando a la conclusión que el sistema de control implementado permite aprovechar de mejor manera la iluminación y ahorro de energía, debido a que las secciones que no detecten movimiento permanecen apagadas hasta que el sensor o la interfaz sean activado, por ello recomienda temporizar la programación de los sensores para que en determinadas horas el sistema apague y encienda automáticamente las luminarias por tiempos establecidos por los usuarios.

De lo expuesto por el autor, observamos la importancia de tomar medidas con el luxómetro para conocer las necesidades de luminosidad requeridas.

### **2.1.2. Antecedentes: Nacional**

(Urrutia Bones, 2019) en su tesis “DISEÑO DE ILUMINACIÓN LED CON CONTROL DOMOTICO PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y SU IMPLEMENTACIÓN EN LAS OFICINAS CORPORATIVAS DEL PLANTA INDUSTRIAL PLANTA INDUSTRIAL BEGONIAS” para optar por el TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELÉCTRICO Y DE POTENCIA tiene como objetivo diseñar alumbrado de interiores con iluminación LED con control domótico para el ahorro de energía e implementar en las oficinas corporativas de Edificio Planta Industrial Begonias del distrito de San Isidro, departamento de Lima en el año 2019, realizando los cálculos de carga y de consumo de energía, análisis del costo-beneficio mediante VAN, TIR, recuperación de la inversión. Asimismo; simular usando herramientas Dialux cumpliendo las normativas vigentes para ello La Metodología será descriptiva y comparativa, descriptiva porque se describe las características o rasgos de la situación o fenómeno del objeto estudiado y comparativo porque se procederá comparar los resultados matemáticos del

cálculo de iluminación con el software Dialux y el consumo de energía entre las luminarias fluorescentes con tecnología LED con control domótico, llegando a la conclusión que Las lámparas tipo LED con control domótico al ser de material de silicio a comparación de las lámparas fluorescentes, es más eficiente en un 52%. Las luminarias tipo LED al ser de menor potencia, no generan elevadas temperaturas a plena carga, en comparación con las luminarias con tecnología convencional que es mayor en un 48% con potencia activa de 8,9 KW, con esto, logramos un mejor uso de la energía y disminución de pérdidas eléctricas por recalentamiento de la lámpara más aún con la implementación del sistema del control domótico, es por ello que recomienda que en los proyectos similares, se recomienda realizar el estudio de la calidad de energía eléctrica para analizar los parámetros eléctricos del proyecto de iluminación LED con control domótico debido a que la tecnología LED son sistemas electrónicos y podría generar los armónicos que distorsionen la onda fundamental, asimismo; con dicho estudio se analizará la posible generación de potencia reactiva de tipo inductivo o capacitivo para instalar un banco de compensación. Según el resultado de esta evaluación se deberá implementar un filtro de armónicos si amerita el análisis de calidad de energía y el banco de condensadores o inductores según sea la necesidad del resultado del estudio.

De lo expuesto por el autor, se debe resaltar el uso del software Dialux ya que es un software libre que permite realizar diseños de iluminación tanto para interior y exterior. Además, que comparan la eficiencia de luminarias convencionales con luminarias led.

(Lanao Daniel, 2015) en su tesis “DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN AUTOMATIZADO PARA EL HOGAR USANDO TECNOLOGÍA ZIGBEE Y CONTROLADO INALÁMBRICAMENTE DESDE UN SERVIDOR WEB” para optar el Título de Ingeniero Electrónico, tiene como objetivo el diseño y desarrollo del control inalámbrico de un sistema de iluminación en donde se pueda regular la iluminación desde un dispositivo móvil permitiendo que se pueda brindar un mayor confort para el usuario llegando a la conclusión la conectividad entre la aplicación web y las luminarias fue satisfactoria en el sentido que la precisión y fidelidad de los comandos enviados desde la aplicación fueron correctos, por otro

lado, el tiempo de respuesta al envío de comandos directos desde la aplicación tiene un promedio de 1.1 segundos, que para efectos del proyecto es un valor aceptable teniendo en cuenta que se puede reducir este tiempo con una mejor conexión a internet (dispositivo móvil y servidor) y aumentar la frecuencia de consulta del programa en el servidor local que está ajustado en 1Hz, por lo que recomienda integrar al sistema un circuito que tenga la capacidad de comunicarse al ROUTER del hogar, y tenga la capacidad de obtener información de internet (Base de datos en la nube), para no depender de un servidor local que debe estar prendido todo el tiempo como por ejemplo una buena opción para empezar podría ser un Raspberry Pi.

De lo expuesto por el autor, se destaca el uso ZigBee, protocolo de comunicación basada en el estándar 802.15.4, protocolo de uso libre.

(Chavez Rivera, Morales Charaja, 2017) en su trabajo de tesis “PROPUESTA DE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS PARA UN SISTEMA INTELIGENTE DE ILUMINACIÓN PÚBLICA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA” para optar el título profesional de ingeniero de sistemas, tiene como objetivo Proponer un sistema de redes de sensores inalámbricos para una iluminación pública inteligente con ahorro de costos en la Ciudad de Arequipa, para ello diseña de una red de sensores y el autor concluye que para extender la vida útil de las redes inalámbricas de sensores se debe optimizar el consumo de energía en todas las actividades que realizan los nodos sensores, y la comunicación es una de las tareas de mayor consumo energético, la optimización en las comunicaciones depende en gran parte del diseño de los algoritmos de encaminamiento, por lo que han recibido especial atención en la comunidad científica interesada en este tipo de redes durante los últimos años. Estos antecedentes nos ayudaron a fortalecer los conceptos de redes de sensores inalámbricos también nos dieron a conocer que esta tecnología se puede aplicar en diferentes áreas de la vida humana que nos acercara cada vez más al Internet de las Cosas (IoT), por último, recomienda hacer un estudio más minucioso de la zona en donde se implementará, para así no incurrir en errores que puedan afectar al correcto funcionamiento de la Red de Sensores Inalámbricos.

De lo expuestos por los autores, es importante reconocer que el diseño de una red de sensores implica un estudio minucioso del espacio donde vamos a trabajar y el estudio de un protocolo de transporte de data eficiente con la finalidad de implementar una red estable que funcione correctamente.

(Farfán Cienfuegos, Feria Regalado, Saucedo Alvarado, 2019) en su tesis colaborativa que tiene como título “PROTOTIPO DE CONTROL DE ILUMINACIÓN EN ZONAS URBANAS” tienen como objetivo diseñar y construir un prototipo de control de iluminación pública inalámbrica, llegando a la conclusión que después de ver los conceptos sobre las diferentes alternativas de hardware libre que podían ser utilizadas para la realización de este proyecto y haber hecho una comparativa entre ellas se ha elegido Arduino, porque es un micro controlador que permite agregar hardware como la resistencia dependiente de luz, y además es sencilla y de bajo costo, por ello recomiendan instalar correctamente los dispositivos tanto para la implementación de la maqueta y el prototipo, como son los sensores (LDR y FOTOCELDA), el Arduino, etc. Finalmente tener conocimientos sobre electrónica y programación.

De lo expuesto por el autor, se debe resaltar el uso de la tecnología GPRS, un estándar para el transporte de paquetes de datos, que permite controlar inalámbricamente focos por medio de SMS.

## **2.2. Marco**

### **2.2.1 Sistema de distribución eléctrica:**

Las redes de distribución forman una parte muy importante de los sistemas de potencia porque toda la potencia que se genera se tiene que distribuir entre los usuarios y estos se encuentran dispersos en grandes territorios. Así pues, la generación se realiza en grandes bloques concentrados en plantas de grandes territorios con cargas diversas magnitudes. Por esta razón el sistema de distribución resulta todavía más complejo que el sistema de potencia.

El sistema eléctrico de potencia (SEP) es el conjunto de centrales generadoras, líneas de transmisión y sistemas de distribución que operan como un todo. En operación normal todas las maquinas del sistema operan en paralelo y la frecuencia en todo el SEP es constante.

La suma de inversiones en la generación y la distribución supera el 80% de las inversiones totales en el SEP. Es fácil suponer que la mayor repercusión económica se encuentra en el sistema de distribución, ya que la potencia generada en las plantas del sistema se pulveriza entre un gran número de usuarios a costos más elevados. Esto obliga a realizar las inversiones mediante la aplicación de una cuidadosa ingeniería en planificación, diseño, construcción y operación de alta calidad.

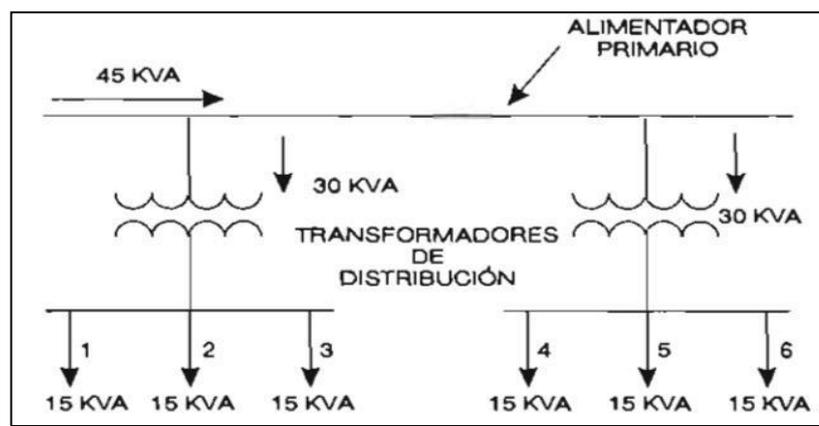
La definición clásica de un sistema de distribución, desde el punto de vista de la ingeniería, incluye lo siguiente:

- a. Subestación principal de potencia
- b. Sistema de subtransmisión
- c. Subestación de distribución
- d. Alimentadores primarios
- e. Transformadores de distribución
- f. Secundarios y servicios

Estos elementos son válidos para cualquier tipo de cargas, tanto en redes aéreas como en las subterráneas. La figura 2 muestra los componentes principales del sistema de potencia y del sistema de distribución.

- a. Subestación principal de potencia. Esta recibe la potencia del sistema de transmisión y la transforma al voltaje de subtransmisión. Los voltajes de transmisión pueden ser de 230 KV, 400V y mayores, pero actualmente existen subestaciones de distribución de 230KV. La potencia de la subestación principal es de normalmente de cientos de MW.
- b. Sistema de subtransmisión. Son las líneas que salen de la subestación (SE) principal para alimentar a las SE de distribución.
- c. El sistema de subtransmisión tiene normalmente potencias de cientos de mega watts.
- d. Subestación de distribución. Se encarga de recibir la potencia de los circuitos de subtransmisión y de transformarla de circuitos de subtransmisión y de transformarla al voltaje de los alimentadores primarios.
- e. Alimentador primario. Son los circuitos que salen de las SE de distribución y llevan el flujo de potencia hasta los transformadores de distribución. La

- potencia de los alimentadores depende del voltaje de distribución.
- f. Transformador de distribución. Reduce el voltaje del alimentador primario. Los voltajes de utilización comunes son de 440V y de 220V entre fases. Los transformadores de distribución para poste tienen potencias normalizadas de hasta 300 KVA y los redes de subterráneas de hasta 7500KVA; en Planta Industrials grandes transformadores del orden de 2000 KVA.
  - g. Secundarios y servicios. Distribuyen la energía del secundario del transformador de distribución a los usuarios o servicios.



**Figura 1.** Diagrama unifilares de alimentador primario para abastecer transformadores de distribución residenciales

En nuestro país se ha establecido niveles de tensión para la distribución de acuerdo al Código Nacional de Distribución (CNE) Tomo IV, lo clasifica en los siguientes:

- a) Red de Distribución Primaria

**Tabla 1.** Niveles de Tensión en red primaria

<u>Tensión Nominal KV</u>
10
1
3.2/7.62

Fuente: Elaboración propia

b) Subestaciones de distribución

**Tabla 2.** Niveles de Transformación

Tensión Mayor KV	Tensión Menor kV
30	13.8
30	10.5
13.2	10.5
13.2	0.40-0.23
13.2	0.23
10	0.40-0.23
10	0.23

Fuente: Elaboración propia

c) Red de Distribución Secundaria

**Tabla 3.** Niveles de tensión en red secundaria

Tensión Nominal Red Trifásica	Red Monofásica (V)
220	220
380/220	440/220

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.2 Sistema de emergencia

Los sistemas de emergencia son generalmente instalados en lugares de reunión donde se necesita alumbrado artificial, tales como Edificaciones ocupadas por gran número de personas, hoteles, teatros, campos de deportes, hospitales e instituciones similares.

Los sistemas de emergencia pueden suministrar energía para funciones como las de refrigeración esencial, operación de aparatos de respiración mecánicas, ventilación cuando sea esencial para el mantenimiento de la vida, iluminación y fuerza para salas de operaciones en hospitales, los sistemas de alarma contra

incendio, las bombas de incendio, los equipos destinados a procesos industriales donde la interrupción de corriente produciría serios peligros, los sistemas de altavoces públicos y equipos similares

a) Aprobación del equipo.

Todos los equipos deberán estar aprobados para ser utilizados en sistemas de emergencia.

b) Capacidad.

Los sistemas de emergencia deberán tener capacidad y régimen adecuados para el funcionamiento de emergencia de todos los equipos conectados al sistema.

c) Suministro de Energía.

El suministro de corriente deberá ser tal que, en caso de falla del suministro normal a la edificación o grupo de Edificaciones, el alumbrado o la fuerza de emergencia o ambos, estén disponibles de inmediato. Debe tenerse en cuenta la clase de servicio que se necesite, si es de corta duración como son las luces de salida de un teatro, o de larga duración como el suministro de emergencia para fuerza y alumbrado debido a la falta de corriente durante un largo período provocado por anomalías dentro o fuera de la edificación como es el caso de un hospital.

d) Circuitos de Emergencia para Alumbrado y Fuerza.

Cargas en circuitos derivados de emergencia Los circuitos de alumbrado de emergencia no deberán alimentar artefactos ni lámparas que no sean los especificados como necesarios para su utilización en servicio de emergencia. Alumbrado de emergencia. El alumbrado de emergencia deberá incluir las luces de salida requeridas y todas las demás luces especificadas como necesarias para obtener un alumbrado suficiente. Los sistemas de emergencia para alumbrado deben ser diseñados e instalados de manera tal que la falla de un elemento individual, como el caso de quemarse el filamento de una bombilla, no deje áreas en completa oscuridad.

Señalización, Donde sea factible deberán instalarse dispositivos de señales

audibles y visibles para los fines siguientes:

- Dar aviso de avería del suministro de emergencia o auxiliar.
- Indicar cuando las baterías de acumuladores o el grupo generador estén suministrando carga.
- Indicar mediante una señal visual que el cargador de baterías está funcionando normalmente.

e) Circuitos para alumbrado de emergencia.

Los circuitos derivados para alumbrado de emergencia deberán instalarse de forma tal que entren en funcionamiento cuando el suministro normal de alumbrado se interrumpa; y tal instalación deberá obtenerse por uno de los medios siguientes: Un suministro de alumbrado de emergencia, independiente del sistema general de alumbrado con medios para sistema provea suficiente corriente para el alumbrado de emergencia. A menos que ambos sistemas se utilicen para el alumbrado normal y se mantengan encendidos los dos, deberán proveerse medios automáticos para que cada uno se ponga en marcha cuando falle el otro. Uno u otro sistema o ambos pueden formar parte del sistema general de alumbrado del local protegido, si los circuitos que alimentan las luces para alumbrado de emergencia están instalados de acuerdo con los otros acápites del presente subcapítulo.

f) Circuitos de fuerza para emergencia

Los circuitos derivados que alimentan equipos clasificados como de emergencia, deberán tener una fuente de alimentación de emergencia a la cual deberá transferirse automática e inmediatamente la carga cuando falla el suministro normal.

g) Alambado independiente.

El alambado de los circuitos de emergencia deberá ser completamente independiente de otras Instalaciones y equipos, y no deberá instalarse en la misma canalización, caja o gabinete con otro alambado, a menos que: Sea para interruptores de transferencia.

### **2.2.3 Sistema de Ducto de Barra:**

Para los fines del presente acápite, una canalización de barra colectora está considerada como una cubierta metálica puesta a tierra, la cual contiene conductores aislados o desnudos de cobre, así como barras, varillas o tubos, que son montados en fábrica.

### **2.2.4. Tecnología de fase pareada**

En el diseño del electro barras Electbus modelo DTU se incluye la tecnología de fases pareadas original de ITE, que consiste en dividir cada fase en dos conductores los cuales seorean entre sí.

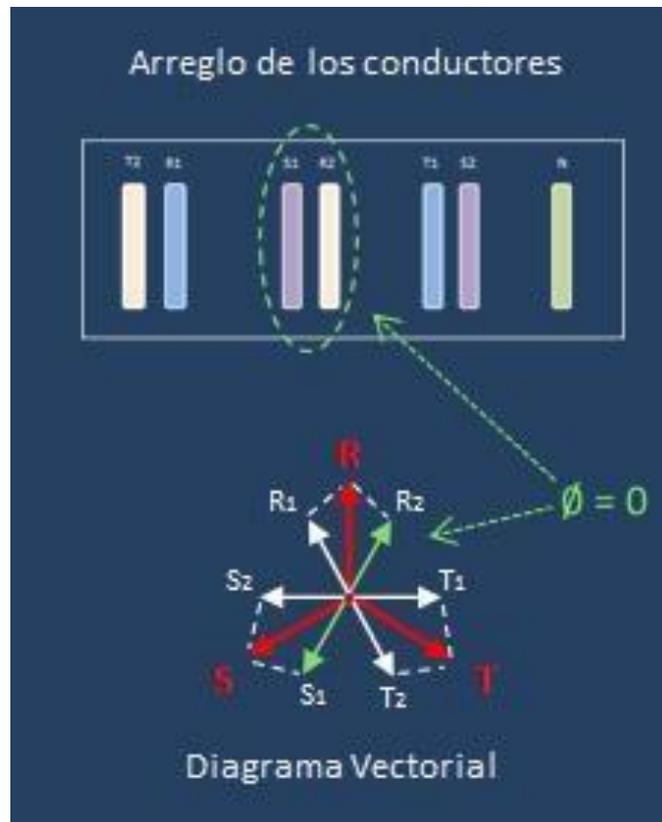
Esta configuración, hace que las corrientes que circulan por ellos sean opuestas en  $180^\circ$  y de magnitud similar, lo cual reduce apreciablemente el campo electromagnético y reduce al mínimo las pérdidas y la caída de voltaje a lo largo de la línea.

Este interesante efecto no solo reduce la impedancia de la línea, sino que corrige además, de manera automática, los desbalances en las corrientes de las fases por efecto de las corrientes inducidas en los pares. De esta manera se logra un sistema trifásico con máxima eficiencia de conducción; con mínima y uniforme caída de voltaje, aun en caso de cargas desbalanceadas.

La tecnología de Fases Pareadas fue patentada a mediados del siglo pasado para resolver los problemas de desbalance en los sistemas eléctricos de la industria automotriz, como consecuencia del elevado número de soldadores monofásicos conectados al sistema trifásico. En esa época, debido a su mayor costo y al poco interés en el tema de la eficiencia energética, su utilización en proyectos de edificaciones no tuvo mayor acogida y su uso se limitó a aplicaciones e instalaciones de grandes empresas industriales y diseños especiales donde sus ventajas técnicas y mayor eficiencia eran requeridas.

En la actualidad su costo es comparable al de los sistemas de Electro Barras de uso común, lo que ha impulsado su utilización en proyectos de edificaciones

comerciales y residenciales, sobre todo ante el incremento de la carga, mayormente monofásica, y mayores distancias en las grandes y altas edificaciones actuales; y en especial por las exigencias ecológicas de mayor eficiencia en el uso y manejo de la energía en estos proyectos



**Figura 2.** Tecnología de fase pareada

### 2.2.5. Funcionalidad del sistema de electrobarra

Los sistemas de electrobarras o también conocidos como sistemas de blindobarras, pueden distribuir energía en bajo o en 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

### 2.2.6. 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:

- **Carcasa de aluminio recubierta con pintura.**- Es la protección general de la electrobarra, es aterrizada y antiestética .Es la parte más extrema de la electrobarra.
- **Pernos de fijación con arandela.** - Es el conjunto de fijación entre las partes de la carcasa.
- **Barras conductoras.** - Es el núcleo de las electrobarra, pueden ser de aluminio o cobre y su tamaño varia de acuerdo a la corriente que deberá soportar. Existen electrobarra con tres, cuatro e inclusive cinco barras montadas
- **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 temperatura de hasta 230° y pueden ser epóxicas, pet (polietileno tereftalato) o de mica.

#### 2.2.7. Tipos de electrobarra

Por su nivel de voltaje de operación, el sistema de electrobarra 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 electro barra de medio voltaje y en electrobarra de bajo voltaje.

- **Sistemas de electrobarra para medio voltaje.** - Estos sistemas de electrobarra 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.

- Electrobarra de fase no segregada.

- Electrobarra tipo conductor.
  - Electrobarra en molde de resina.
- **Sistemas de electrobarra para bajo voltaje.** - Corresponden a los sistemas de electrobarra utilizados para distribución de energía eléctrica que va desde los 25 hasta los 7500 amperios, para sistemas de hasta 690 voltios 50/60 Hz.

Al igual que las electrobarra de medio voltaje, las electrobarra para bajo voltaje, según su aplicación y su constitución, se han clasificado en los siguientes tipos.

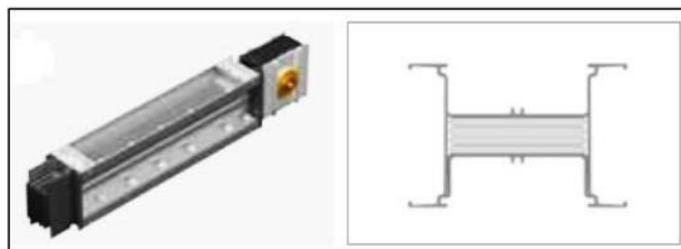
- Electrobarra tipo sánduche
- Electrobarra tipo sánduche mini
- Electrobarra de fase no segregada para bajo voltaje.
- Electrobarra en molde de resina para bajo voltaje.
- Electrobarra de iluminación
- Electrobarra híbrida

**a. 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 epóxicas 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 0amperios.

Esta tipo de barra es el modelo estándar más utilizado.

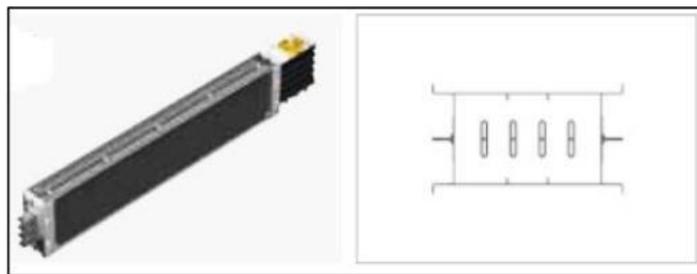


**Figura 3.** Electrobarra tipo sánduche.

**b. Electrobarra tipo sánduche mini**

Electrobarra también de tipo sánduche, el material de las barras es de aluminio. Las barras poseen un aislamiento de aire. Esta electrobarra tiene una carcasa de aluminio, con un IP54. Diseñado para operar con los voltajes inferiores a 1000V CA, entre 160 hasta 800 amperios.

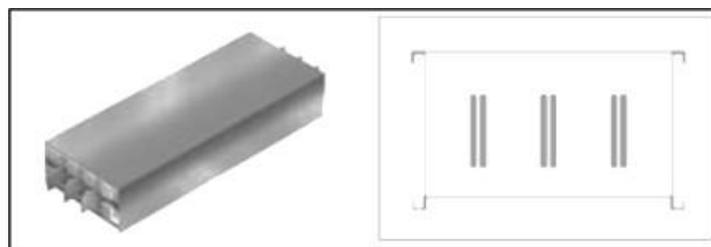
Este tipo de electrobarra es ideal para pequeños sistemas de distribución con múltiples reparticiones de cargas: zona vertical de Planta Industrials, centros de datos, fabricas.



**Figura 4.** Electrobarra tipo sánduche mini.

**c. 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 “indor/ outdoor”. Pueden soportar voltajes de hasta 27 kV AC y corrientes de hasta 4000 A. Estas electrobarra son recomendadas para plantas donde se requieren a la estabilidad.



**Figura 5.** Electrobarra de Fase no segregada NSPB

**d. Electrobarra en molde de resina**

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 epoxico. 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.



**Figura 6.** Electrobarra en resina

#### **e. Electrobarra de iluminación**

Mediante el uso de las ventanas del tomacorriente ubicadas en los elementos rectos, los ductos de barra brindan gran flexibilidad de manejo, cuando se instala (instalador) y cuando se proyecta (ingeniero eléctrico) el sistema; ellas también se utilizan en los inevitables cambios que sufre el sistema eléctrico para adaptarse a las diversas necesidades del usuario final. Las cajas de conexión se pueden insertar y retirar de sus ventanas cuando el ducto está energizado eléctricamente e insertada en otra ventana de unión, para así evitar periodos de inactividad.

### **2.2.8. Ventajas del uso de electrobarra**

- **Instalación de cables alimentadores**

Para poder instalar los cables alimentadores que mayormente son de cable de cobre en las edificaciones, se tiene que llevar mediante cables individuales ya sea trifásico monofásico entre otros. Lo cual se transporta mediante canalizaciones que podrían ser tubería PVC SAP, conduit y/o bandeja portacable. Con un espacio de para la ventilación y reserva para futuros conexiones evitando futuros sobrecalentamiento. De esta manera el costo se elevaría para la instalación del cable.

- **Instalación de ducto barra**

La instalación de ducto barra, por ser una solución versátil, vienen separadas las líneas desde el cuarto de tablero hasta la parte más alta de la edificación, divididas por cada nivel por caja derivación, que contiene un interruptor para la división y protección eficaz de cualquier falla que se presente en el sistema de distribución eléctrica, con ello se podría apreciar las ventajas:

- Eliminación de las bandejas Portacables.
  - Simpleza en la instalación
  - Adaptable a cualquier tipo de entorno
  - Seguridad en la instalación
  - Compacto en todo el trayecto de la instalación
  - Menor tiempo en instalación
  - Mantenimiento con mayor facilidad
  - Flexibilidad
- a. Eliminación de las bandejas portacable. Para las instalaciones de Planta Industrials que mayormente se va desarrollando en nuestra capital son de material de acero, con un proceso de galvanizado tanto en origen o en caliente. La fabricación se va demorando al tipo que requiera, mayor proceso, mayor tiempo en entrega. Pueden ser horizontales verticales y en caso de no ser solamente lineal podría fabricarse accesorios como curvas, Tee, reducciones.

Para la instalación de los cables eléctricos setiene que tener ya instalado las bandejas, luego de acabar con estos dos procesos, recién se instalaría las tapas de las bandejas que en la mayoría y por seguridad se requiere poner una tapa de acero galvanizado. Con el ducto barra se haría con una sola instalación más rápidamente y con espacio reducido y transportando una mayor carga.

De esta manera no se quiere indicar que las bandejas portacable no podría dar un uso, sino que podría ser accesible para otras aplicaciones en la distribución eléctrica, pero podría abstenerse para la instalación de cables de alimentación.

- b. Simpleza en la instalación. Para simplificar la instalación el ducto barra viene ya compacto, quiere decir que ya está las líneas mediante barras de cobre o aluminio, recubierto con una carcasa, se haría una sola instalación.
- c. Adaptable a cualquier tipo de entorno. El sistema de distribución de energía en los ducto barra vienen con unos metros lineales ya fabricados, que varían de acuerdo al requerimiento.  
Ahora como las edificaciones son variables, también se fabrican diversos accesorios como pueden ser codos, codos dobles, elementos especiales T, X, seccionadores conductores de capacidad. Con una correcta instalación no habría ningún problema en el transporte de la energía eléctrica.
- d. Seguridad en la instalación. En caso de incendio tiende a retardar la propagación del fuego, la resistencia de cortocircuito es mucho mayor, de acuerdo al cálculo establecido, tienen interbloques mecánicos que pueden evitar errores en instalación de fase u otra falla y ello puede dar soluciones a la puesta en marcha en el sistema.
- e. Compacto en todo el trayecto de la instalación. Al ser fabricado en conjunto viene a ser con una mayor solidez y a la vez maniobrable para la instalación. Los accesorios también comparte las mismas características y la instalación es fácil y rápida.
- f. Menor tiempo en instalación. Al tener un solo proceso de instalación, viene a ser más rápido que las instalaciones convencionales. En las obras de construcción el tiempo es un factor importante.
- g. Mantenimiento con mayor facilidad. El diseño del sistema de ducto barra da una mayor facilidad en verificar cualquier falla o probabilidad de falla que pueda ocurrir en el sistema eléctrico.  
Si bien es cierto que si ocurre una falla en el sistema de ducto barra, hay la posibilidad de cambiar el tramo que está dañado.
- h. Flexibilidad. Es una elevada potencia con unas dimensiones mínimas. Incluso con poco espacio disponible, los sistemas troncales de la canalización eléctrica prefabricada permiten cualquier tipo de solución

para la instalación; por otra parte, los transformadores secos encapsulados no requieren estructuras de obra adicionales.

La versatilidad supone también la adaptación inmediata a los cambios de congelación o ampliaciones del lugar de instalación.

### **2.2.9 Aplicaciones de Ducto Barra**

Los grandes proyectos que se vienen realizando en nuestro país en los diversos sectores, trae como consecuencia directa un mayor consumo de energía eléctrica, el manejo de esta energía a través de la solución tradicional (bandejas portacables y cables eléctricos) se vuelve también más compleja, por lo tanto, es necesario el uso de otras soluciones que resuelvan estas dificultades de manera más eficiente y económica.

La solución propuesta es a través de los Sistemas de Ductos de Barras o Ductobarras, si bien esta solución no es nueva en el mundo, si lo es en nuestro país; desde hace un poco más de dos años se viene utilizando de manera más intensiva, gracias a la comprensión de la claras ventajas de los ductos de barras por parte de las empresas de ingeniería, empresas contratistas y clientes. En vista de esta importante necesidad, Manelsa logra la representación exclusiva de “*LS Cable & System*” una de las marcas más importantes en el mundo de ductos de barras, gracias a su experiencia de más de 30 años fabricando ductos de barras de MT y BT, y la aplicación de última tecnología en su fabricación, ha logrado desarrollar características sobresalientes frente a otros fabricantes.

Aplicaciones:

- a) Planta Industrials
- b) Centros comerciales
- c) Hoteles
- d) Hospitales
- e) Fábricas textiles
- f) Plantas industriales

### **2.2.10. Canalizaciones de Barras Colectoras**

Para los fines del presente acápite, una canalización de barra colectora está considerada como una cubierta metálica puesta a tierra, la cual contiene conductores aislados o desnudos de cobre, así como barras, varillas o tubos, que son montados en fábrica.

#### **a) Usos permitidos**

- ✓ Las canalizaciones de barras colectoras solamente se pueden utilizar en Instalaciones a la vista, excepto lo permitido en b) a continuación.
- ✓ Las canalizaciones de barras podrán instalarse detrás de los paneles, si se proveen medios de accesos y se cumplen todas las condiciones siguientes:
- ✓ No deberán instalarse en las canalizaciones de barras, dispositivos de sobrecorriente distintos de los que se usan para aparatos individuales.
- ✓ El espacio que está detrás de los paneles no será usado para distribución de aire.
- ✓ Las canalizaciones de barras estén completamente cerradas, del tipo sin ventilación.
- ✓ Las canalizaciones de barras estén instaladas de manera que las uniones entre secciones y accesorios sean accesibles para el mantenimiento.

#### **b) Prohibiciones**

Las canalizaciones de barras no deberán ser instaladas:

- ✓ Donde estén sometidas a severos daños materiales o vapores corrosivos.
- ✓ En pozos de ascensores.
- ✓ En cualquier lugar peligroso, a menos que estén específicamente aprobados para tal uso.
- ✓ En exteriores o en lugares húmedos o mojados, a menos de que esté específicamente aprobado para el uso.

#### **c) Instalación**

- ✓ Las canalizaciones de barras pueden pasar a través de paredes secas, si es que el tramo de la canalización que atraviesa la pared no tiene empalme.

- ✓ Las canalizaciones de barras pueden extenderse vertical a través de pisos secos si están totalmente cerradas (no ventiladas), cuando pasen a través del piso ya una distancia no menor de 1.80m sobre el piso, de manera que tengan una adecuada protección contra daños materiales.
- ✓ Los terminales muertos de las canalizaciones de barras deberán ser tapados.
- ✓ Las canalizaciones de barras deberán estar firmemente soportadas a intervalos no mayores de 1.50 m, a menos que estén claramente marcadas e indicadas para soportarlas a intervalos mayores, pero estas no sobrepasarán 3 m en el caso de instalación horizontal, y 5m para instalación vertical.

**d) Derivación desde las canalizaciones de barras**

Las derivaciones que parten desde canalizaciones de barras deberán hacerse con canalizaciones de barras, tubo metálico pesado, tubo metálico intermedio, tubo metálico pesado flexible, tubo metálico liviano, canalización metálica de superficie, cable con cubierta metálica o con montaje adecuado de cordones aprobados para servicio pesado en equipos portátiles o para la conexión de equipo fijo con el fin de facilitar su intercambio.

**e) Protección contra sobrecorriente**

- ✓ Capacidad nominal de protección contra sobrecorriente de los alimentadores.
- ✓ Cuando la capacidad de corriente nominal de las canalizaciones de barras no corresponda al valor normalizado del dispositivo de sobrecorriente, puede permitirse el valor nominal inmediato superior.
- ✓ Longitud de las canalizaciones de barras usadas como circuitos derivados.
- ✓ Las canalizaciones de barras utilizadas como circuitos derivados, las cuales están diseñadas para que las cargas puedan conectarse en cualquier punto, deberán ser limitadas a tal longitud que se prevea que en uso normal el circuito no sea sobrecargado.

#### **f) Reducción del tamaño de las barras**

La protección contra sobrecorriente puede ser omitida en los puntos donde las canalizaciones de barras se reduzcan en tamaño, siempre que la canalización más pequeña.

- ✓ No se extienda más de 15 m.
- ✓ Tenga una capacidad de corriente, por lo menos igual a la tercera parte de la capacidad o ajuste del dispositivo de sobre corriente más cercano hacia el suministro.
- ✓ Esté libre de contacto con material combustible.

#### **g) Circuito de derivación**

Cuando las canalizaciones de barras se utilicen como alimentadores, los dispositivos o enchufes de conexión para la derivación de circuitos derivados desde las barras, deberán estar provistos de los dispositivos de sobre corriente requeridos para la protección de los circuitos derivados. El dispositivo de enchufe deberá consistir de un disyuntor o interruptor con fusibles accionables exteriormente. Cuando estos dispositivos están montados fuera del alcance y contengan medios de desconexión, deberán estar provistos de medios de accionamiento tales como cadenas o varas para accionarlos desde el piso.

Se exceptúa lo siguiente:

- Para aparatos de alumbrado fijos o semifijos, donde el dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado forma parte del enchufe del cordón del aparato.
- En los casos de aparatos sin cordón, conectados directamente a las barras, donde el dispositivo de sobrecorriente está montado en el aparato.

#### **h) Marcación**

Las canalizaciones de barras deberán marcarse con la tensión y corriente nominales y con el nombre del fabricante, marca comercial u otro símbolo reconocido de identificación, de manera que sean visibles después de la instalación.

### Cálculos para la determinación de operación de un ducto de barra

Para poder determinar y seleccionar un ducto de barra debemos de tener los siguientes datos:

- Tipo de alimentación de carga; trifásica o monofásica. Tipo de circuito de entrada: a partir de uno de los extremos, desde ambos extremos, el centro de entrada, etc.
- Voltaje nominal de la entrada, potencia y coseno que han de ser alimentadas por las barras:

Factor de diversidad de carga

Factor de carga nominal de utilización

- Corriente de corto circuito en la entrada (alimentación) Temperatura ambiental
- Tipo de instalación de ducto de barra (vertical, plana, costado)
- Cuando se usa alimentación trifásica, la corriente es según el manual de Legrand.

Ecuación (1)

$$I_b = \frac{P_{tot} \cdot \alpha \cdot \beta \cdot d}{\sqrt{3} \cdot U_e \cdot \cos \theta}$$

Donde:

$I_b$ : Corriente de operación (A)

$\alpha$ : Factor de diversidad de carga

$\beta$ : Factor de utilización de carga

$d$ : Factor de alimentación

$P_{tot}$ : Suma de potencia activa de todas las cargas instaladas (W)

$U_e$ : Voltaje de operación

$\cos \theta$ : Factor de potencia de la carga

El factor de entrada “d” tiene un valor 1 cuando el ducto de barra es alimentado en un solo extremo.

Una vez que la corriente de operación ha sido determinada, escoja el ducto de barra inmediatamente superior al valor calculado.

Se tomará también el factor de corrección con respecto a la temperatura ambiente, según la tabla siguiente.

**Tabla 4** Factor de corrección  $K_1$

Temperatura ambiente (°C)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Factor de corrección K	1.15	1.12	1.08	1.05	1.025	1	0.975	0.95	0.93	0.98

Fuente. Elaboración propia

Finalmente, debe considerarse lo siguiente para elección más adecuado de ducto de barra.

Ecuación (2)

$$I_{nt} \geq I_b \quad I_{nt} = K \cdot I_b$$

Donde:

$I_n$  : Representa la máxima corriente en la carga para el ducto de barra definido en un ambiente a temperatura ambiente.

$K_1$ : Factor de corrección.

$I_b$ : Corriente nominal

Para las instalaciones de ducto de barra también se tiene que determinar la caída de tensión. Según la fórmula siguiente

Ecuación (3)

$$\Delta v = \frac{b \cdot k \cdot I_b \cdot L}{V_n} \times 100\%$$

Donde:

$I_b$ : Corriente nominal

$K$ : El coeficiente de caída de tensión

$L$ : longitud de ducto de barra

$b$ : Factor de distribución de la corriente (1 si es alimentado por un extremo)

$V_n$ : Tensión nominal

### 2.2.11. Principales Marcas de Ducto barra en el Perú BT

La variedad de ducto de barra que se distribuyen en el Perú, en el cual ya se viene comercializando e instalando son: Ducto Barra de la marca LS, Zucchini, Schneider y General Electric.



**Figura 7.** Marcas de Ducto de Barra Materiales a Utilizarse

Se escogió la blindo barra de la marca EAE de procedencia italiana y modelo KX, cabe resaltar que la elección del ducto barra se hizo en base a los estándares y normas de calidad que la planta amerita.

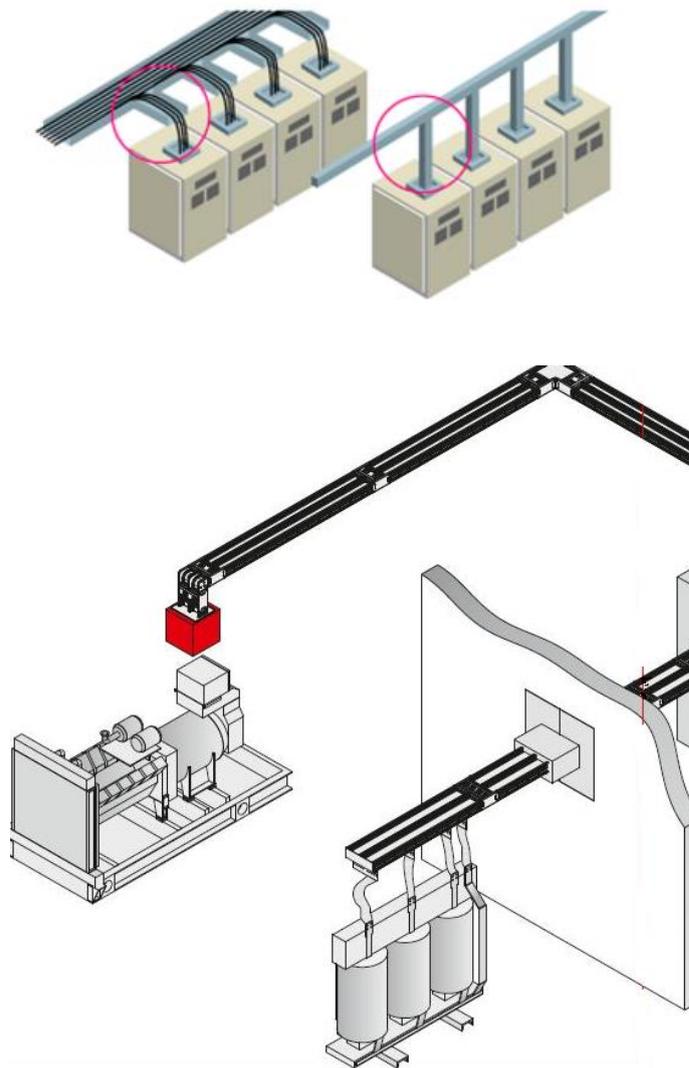
Así también como materiales de sujeción para la misma que también cumplan con los estándares de calidad y seguridad.

Para los tableros de fuerza y distribución, las dimensiones de los tableros serán las que considere el fabricante, materiales que serán necesarios para la culminación de la instalación y posteriormente probarlos y dejarlos aptos para la operación normal.

Se deberá suministrar materiales adicionales faltantes tales como Blindobarra KX para los alimentadores hacia los Tableros TG, T-1, T-2, T-3, T-4, T-5, T-6, T-7, T-8, T-9, y T10 También los que alimentan las cargas del tablero de control de luminarias, materiales que serán necesarios para la culminación de la instalación y posteriormente probarlos y dejarlos aptos para la operación normal.

## Descripción Alcance

Esta especificación cubre los sistemas de ductos de barras incluyendo las conexiones de entrada, los ductos de barras alimentadoras, los ductos de barras con derivaciones enchufables y los accesorios asociados que están disponibles para un sistema de 1000VCA, 1500 VCC o menores, DUCTO DE BARRA TIPO SANDWICH IP55, 630A 3P /4W+GE-ALUMINO. (DB3) KX.



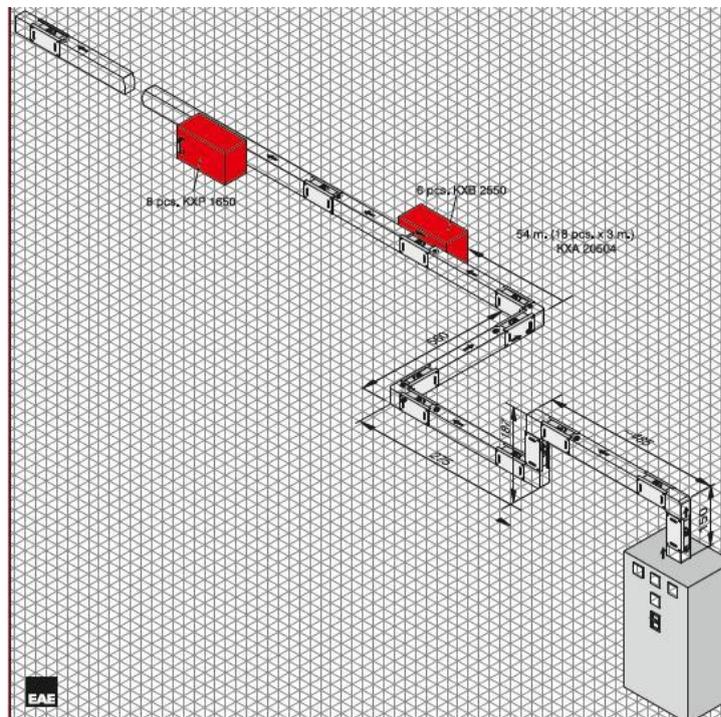
**Figura 8.** Ductos de barra

## Estructura

El ducto de barras deberá ser del tipo “sándwich”. Significa que no debe existir espacios de aire entre barras excepto en los puntos de unión.

La parte de unión de cada ducto de barra alimentadora o ductos de barras con derivaciones, deberá quedar accesible para su mantenimiento luego de la instalación.

El ducto de barras deberá estar diseñado para soportar los esfuerzos de cortocircuito.



**Figura 9.** Ductos de barra los esfuerzos de cortocircuito



**Figura 10.** Instalación

## **Embalaje y Manipuleo**

Los ductos de barras deberán ser empacados en cajas de madera apropiados para el transporte de exportación y facilidad de manipuleo en el sitio. El ducto de barras deberá envolverse en una lámina de polivinilo para su protección contra el agua, antes de empacarse en las cajas de madera.

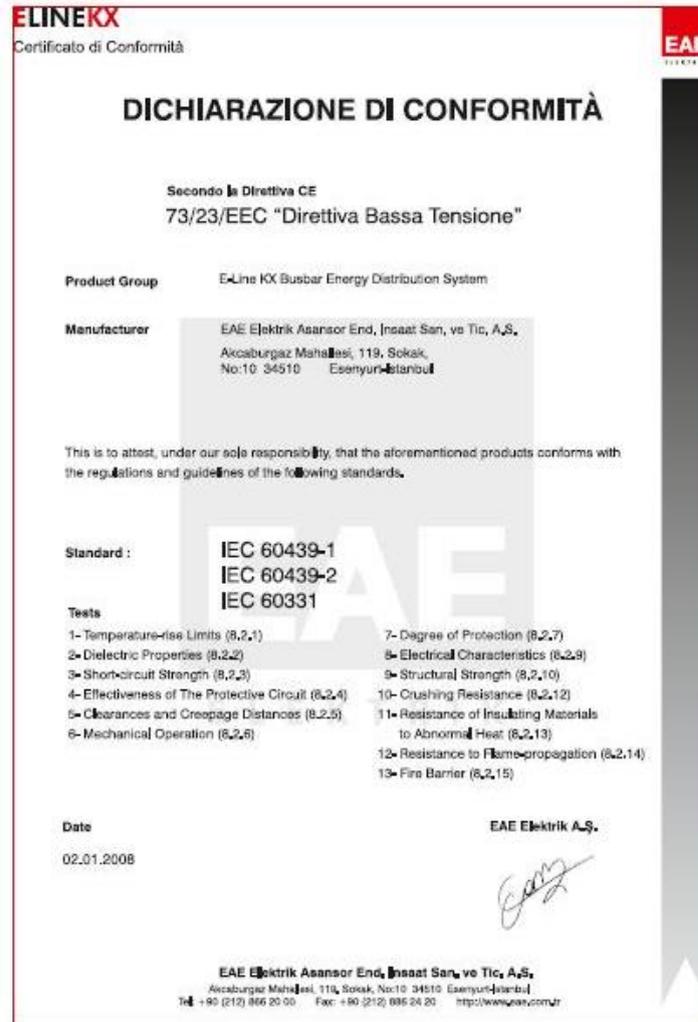
Los ductos de barras deberán ser manipulados cuidadosamente para evitar dañarlos y almacenados en lugares secos y limpios, alejados de un ambiente anormal, suciedad, agua, etc.

## **Normas**

- Todos los ductos de barras serán fabricados bajo un sistema de Calidad de acuerdo a ISO 9001:2000 y registrado por Underwriters Laboratories UL (Opcional).
- Todos los accesorios y elementos enchufables deberán ajustarse a los siguientes códigos y normas:
- IEC60439-1: “Conjunto de aparamenta de baja tensión – Conjunto de serie y conjuntos derivados de serie.”
- IEC60439-2: “Conjunto de aparamenta de baja tensión – Requisitos particulares para las canalizaciones prefabricadas.”
- CNE “Sección 70-2000 – Barras canalizadas y derivadores de barras” UL 857 “Busway”
- IEC60529 “Grados de protección de envoltentes (IP)”

## **Fabricante**

Todos los ductos de barras deberán ser fabricados por empresas que tengan certificados completos ASTA, KEMA. Certificación de cumplimiento sísmico y certificado de entorno verde, teniendo esto en consideración se escogió a la empresa italiana EAE-ELEKTRIK



**Figura 11. Certificación**

## CONSTRUCCIÓN BÁSICA GENERAL

Se suministrará el ducto de barras conforme a la IEC60439, el mismo que corresponderá a un sistema completo de baja impedancia del tipo “sándwich”.

Los niveles de corriente, distancias aproximadas y accesorios de montaje se muestran en los planos. El contratista eléctrico será responsable del recorrido del ducto en coordinación con los demás elementos de la instalación. Las mediciones finales de campo serán hechas por el contratista antes de la aprobación para la fabricación por el fabricante.

**Tabla 5.** *Las mediciones finales de campo*

Voltaje	1000 V
Corriente	630 A ~ 6000 A
Material conductor	Aluminio
Aislamiento	Clase B (130 °C) Epoxy libre de halógenos
Material de la cubierta	Aluminio extruido
Fases y conductores	3P/3W ó 3P/4W
Sistema de tierra	Tierra de la carcasa: +GE
Grado de Protección IP	IP55

Fuente: Elaboración propia

### **Barras**

Las barras serán de aluminio con una conductividad superior al 60%.

Las barras de aluminio serán estañadas adecuadamente en todas las superficies de contacto de unión para asegurar un buen contacto eléctrico y prevenir la corrosión.

La elevación de temperatura en cualquier punto de la barra no deberá exceder los 55 °C sobre la temperatura ambiente cuando está operando a la corriente nominal.

### **Aislamiento**

Con excepción de las uniones, el recorrido total de las barras dentro de la envolvente deberá aislarse.

Cada barra deberá aislarse con un recubrimiento epóxico de Clase 130 °C y deberá ser auto extingible.

El aislamiento deberá ser libre de halógenos.

### **Envolvente**

El ducto de barras será encerrado completamente dentro de una cubierta tipo no ventilada para protección contra daños mecánicos y acumulación de polvo.

Cada una de las cubiertas de los ductos de barras será completamente construida y conectada eléctrica y mecánicamente.

La cubierta del ducto de barras será hecha de aluminio extruido y estará formada solo de dos piezas, pintado con pintura en polvo del tipo epoxy polyester para darle protección contra la corrosión.

La pintura en polvo de epoxy polyester será aplicada por medio de un proceso electrostático automatizado.

### **Color de la pintura: Gris Empalme**

Los empalmes de los tramos de los ductos de barras deberán realizarse a través de un conjunto de unión con ajuste del tipo perno con torque positivo, los pernos deberán ser de acero de alta dureza y una arandela de resorte para mantener la presión adecuada sobre una gran área de contacto.

El perno deberá ser de un diseño de doble cabeza para indicar cuándo se ha aplicado el torque apropiado y requerirá sólo de una llave estándar de mango largo para activarlo adecuadamente.

Será posible retirar cualquier empalme de conexión para permitir el aislamiento eléctrico o el retiro físico de un tramo del ducto de barras sin perturbar los tramos adyacentes.

Se requerirá al acceso a sólo uno de los lados del ducto de barras para el ajuste de los pernos de la unión.

Cada conjunto de unión deberá permitir aproximadamente un ajuste de 10 mm en longitud.

Cada empalme permitirá manejar una elongación interna de 2,5mm en ambos lados por efecto de dilatación de los conductores y ante los posibles movimientos sísmicos.

No deberá ser necesario usar juntas de dilatación cuando la instalación se encuentre en una misma estructura civil, solo deberá ser necesario la junta de dilatación cuando el ducto debe traspasar dicha estructura. El ducto de barras deberá estar preparado para soportar movimientos sísmicos.

## **Unidad con Derivaciones Enchufables**

La construcción será idéntica a los tramos alimentadores normales y uniones

En el punto de derivación existirá una cubierta abisagrada en ambos lados y utilizable simultáneamente.

Estas aberturas serán a prueba de contacto accidental.

## **Unidad Enchufable**

La unidad enchufable constará de un gabinete con un dispositivo interno del tipo interruptor automático, el tipo y los rangos serán indicados en los planos.

El aparato de conmutación deberá contar con interruptor de cierre y apertura rápida y el nivel de interrupción del interruptor automático será de 60 kA RMS amperios simétricos.

Adicionalmente al dispositivo de interrupción, cada gabinete contendrá un medidor multifunción para el monitoreo de los parámetros eléctricos, este a su vez deberá integrarse al sistema de monitoreo general.

La unidad enchufable estará enclavada mecánicamente con la cubierta del ducto de barras para prevenir el retiro de la unidad mientras la unidad enchufable está cerrada.

## **Grado IP**

El ducto de barras estará certificado para un grado de protección IP55 para uso interior a prueba de salpicaduras.

## **Puesta a Tierra**

Los ducto de barras y todas las unidades enchufables de derivación deben estar aterrizadas. Como conductor de tierra se empleará la carcasa de aluminio del ducto de barras.

El sistema debe incluir las barras de las tres fases, la barra de neutro (si está considerado en el proyecto) y la tierra, para la cual el ducto de barras utiliza la envolvente de estas.

### **Soportes de Fijación**

Los soportes de fijación se deberán colocar a lo largo de todo el trayecto del ducto de barras, la fijación de los tramos horizontales deberán tener una separación de 1,5m.

La fijación de cada uno de los tramos verticales deberá ser realizada en cada piso, pero no deberán estar separados más de 4m, el primer soporte en cada tramo vertical será del tipo rígido y los siguientes tendrán soportes del tipo amortiguador antisísmicos.

### **Extremo de Los Ducto De Barras**

Los extremos del ducto de barras que servirán para conectarse a los tableros, celdas de transformación o grupos electrógenos, deberán hacerlo con conductores flexibles, con la finalidad de eliminar la transmisión de vibración de los transformadores o generadores hacia el ducto, además de no tener un sistema extremadamente rígido y pueda tener inconvenientes en alguna falla eléctrica o en caso de sismo.

Los extremos del ducto de barras de una línea final deben estar cerrados, de modo que se evite la entrada de humedad, polvo, partículas e impida el acceso accidental de personas.

## FICHA TECNICA

**Tabla 6. Datos Técnicos**

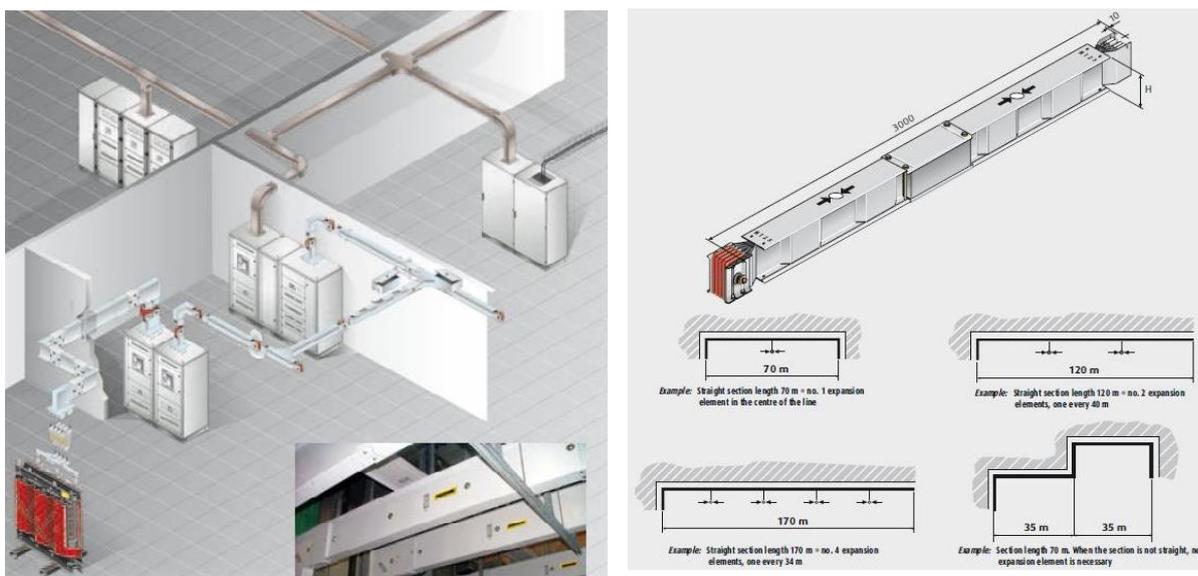
Ítem	Descripción	Especificado
1.0	<b>Características generales</b>	
1.1	Fabricante	
1.2	Procedencia	
1.3	Modelo	
1.4	Marca	
1.5	Material	Ducto de barras
1.6	Normas	IEC 60439-1-2    UL 857
2.0	<b>Características constructivas</b>	
2.1	Tipo constructivo	Tipo sándwich
2.2	Material barras	Aluminio
2.3	Material aislamiento	Epoxi
2.4	Clase recubrimiento	Clase B
2.6	Material carcasa	Aluminio (02 piezas)
2.7	Empalmes	Estañados
3.0	<b>Características Mecánicas</b>	
3.1	Tipo soportes verticales	Antisísmicos
3.2	Grado de Protección	IP 55
4.0	<b>Características eléctricas</b>	
4.1	Tensión de servicio	1000 Vmax.
4.2	Corriente nominal	
4.3	Corriente neutro	100% fase
4.4	Tensión prueba de rigidez dieléctrica	3 kV
4.5	Caída de tensión	
5.0	<b>Certificaciones</b>	
5.1	Calidad ISO 9001-2000	Si
5.2	Certificado ASTA	Si
5.3	Certificado KEMA	Si
5.4	Certificado de conformidad sísmica (Zona 4)	Si

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7. Niveles de Cortocircuito de Fase a Fase (kA)**

Corriente A	Aluminio	
	1 seg	3 seg
630	24	14
800	42	24
1000	50	29
1250	51	36
1600	95	55
2000	121	70
2500	132	76
3200	169	97
4000	200	140
5000	200	150
6000	200	150

Fuente: Elaboración propia



**Figura 12. Niveles de Cortocircuito de Fase a Fase**

### Generalidades

Las presentes especificaciones cubren el material y equipos que deberá suministrar el contratista para las instalaciones eléctricas de la nueva planta de producción.

Se incluye en las presentes especificaciones de varios equipos o materiales, esto se hace solo con el fin de aclarar convenientemente las características del equipo y el nivel mínimo de calidad que se requiere.

Todo el equipo y material que sea necesario suministrar para esta obra deberán ser nuevos de primer uso y de la mejor calidad dentro de su respectiva clase.

En la propuesta que el contratista entregue al Propietario, deberán constar explícitamente las características, dimensiones, modelos, nombre del fabricante, catálogo, etc., de cada uno de los equipos y materiales a ser suministrados.

### **Conductores**

En todas las instalaciones se usará conductores de cobre electrolítico 99.9% de pureza y con una conductibilidad del 96.7% IACS a 20° C expresa en las láminas y/o estas especificaciones, serán del tipo TW de diámetros de 16, 25, y 35 mm<sup>2</sup> según el alimentador.

Las características mecánicas y eléctricas de los conductores deberán ser tales que pasen las pruebas de la norma ASTM-B3 para conductores sólidos y ASTM-B8 para conductores cableados.

### **Material**

En todas las instalaciones se usará conductores de cobre electrolítico 99.9% de pureza y con una conductibilidad del 96.7% IACS a 20° C expresa en las láminas y/o estas especificaciones.

Las características mecánicas y eléctricas de los conductores deberán ser tales que pasen las pruebas de la norma ASTM-B3 para conductores sólidos y ASTM-B8 para conductores cableados.

### **Aislamiento**

Cumplirán las normas CEI 20-14 para el cable tipo NYY Tensión Servicio 1000V tipo NYY

Temperatura de Operación: NYY 80° C.

Los conductores serán de las empresas Ceper o Indeco Peruana, ya que sus productos cumplen con los estándares de calidad y seguridad que el proyecto amerita.

Los alimentadores hacia los tableros y subtableros se especifican en los siguientes cuadros.

## **Bandejas y tuberías**

En todas las instalaciones de esta obra se utilizarán bandejas, siendo las dimensiones, el tipo y modelo de bandeja el que mejor se adecue a la correcta disposición de los conductores, así mismo en algunos puntos se utilizaran tuberías de Material Plástico PVC- SAP.

La tubería será fabricada de Cloruro de Polivinilo debiendo cumplir en lo que a diámetro y espesor se refiere con lo expresado en el acápite 4.5.16.1 del Código Nacional de Electricidad y las Normas 339-006 y 399-007 de ITINTEC.

Las dimensiones de las bandejas se determinarán de acuerdo a la cantidad y el tipo de conductores a utilizar, debiendo considerar los soportes de las mismas con ángulos de acero, las cuales serán sujetados a las estructuras de las columnas, los accesorios necesarios para las derivaciones de las bandejas serán dimensionados de acuerdo al tipo de bandeja.

## **Cajas metálicas**

En las instalaciones del presente proyecto se utilizarán cajas en algunos puntos, se utilizaran tanto cajas de pase como también cajas para los tipos de iluminación especificada en el plano IE-01 las cuales deberán estar elaboradas en planchas de acero galvanizado en caliente del tipo pesado:

Con dos orejas que formen parte integrante de la caja o engrapadas adecuadamente, no se aceptará orejas soldadas. Las orejas tendrán huecos roscados para la fijación de artefactos o tapa ciega.

Traerán huecos ciegos para el ingreso de la tubería en los costados y fondo, de las siguientes características:

- a) Cajas de paso rectangulares de 600x600x150mm.
- b) Cajas rectangulares de 100x50x40mm, con huecos de 15mm y 20mm de diámetro.
- c) Cajas octogonales de 100x40mm de profundidad, huecos de 15mm, 20mm y 25mm de diámetro.

- d) Cajas cuadradas de 100x40mm de profundidad, huecos de 15mm, 20mm y 25mm de diámetro.
- e) No se permite el uso de cajas redondas.
- f) No se permite el uso de cajas de material plástico. CAJAS PARA TOMACORRIENTES.
- g) Se usará cajas rectangulares de 100x50x40mm.
- h) En los tomacorrientes, a donde lleguen más de tres tuberías, se usarán cajas cuadradas de 100x55mm con tapa.

### **Tomacorrientes**

Para las oficinas y el área de producción se utilizaran los siguientes tipos de tomacorrientes.

Se usará tomacorrientes bipolares, dobles, tipo universal con toma a tierra para las oficinas de la planta.

Se usará tomacorrientes industriales tripolares con toma a tierra para las áreas de la parte de producción.

### **Interruptores**

En las instalaciones eléctricas del presente proyecto se usarán los siguientes tipos de interruptores termomagnéticos, se descarta totalmente el uso de llaves cuchillas en la planta de producción.

#### **Interruptores automáticos de protección termomagnética**

Tendrán la capacidad expresada en el Plano IE-1 y serán para 220V, con capacidad de 40KA RMS simétricos como mínimo para los circuitos derivados y 65 KA RMS como mínimo para los interruptores de los circuitos de fuerza.

Deberán tener palancas para operación manual y actuar automáticamente en caso de sobrecarga o corto circuito.

El mecanismo de disparo deberá ser de apertura libre de modo que no pueda permanecer cerrado en condiciones de corto circuito o sobrecarga.

Los interruptores serán bipolares y tripolares del tipo compacto y deberá tener un solo mando colectivo exterior.

Los interruptores automáticos serán del tipo para fijar los tornillos.

### **Interruptores simples**

Se utilizarán los interruptores unipolares simples para el área de oficinas de la planta de producción.

### **Tableros eléctricos**

Las dimensiones de los tableros serán dadas por el fabricante en función del número de circuitos y capacidades de los interruptores a ser considerados según detalla el diagrama unifilar en el Plano IE-1. Serán del tipo autosoportado y adosado según sea el caso, fabricados de chapa de acero de 1.5 mm de espesor aproximado, debiendo tener huecos ciegos en sus cuatro lados de 15mm, 20 mm etc., de acuerdo al alimentador y circuitos que gobiernan.

Deberán tener como mínimo 10 cm, libre en cada lado, para el pase de los conductores. Traerán un marco y tapa del mismo material y deberán estar empernados en la caja. Los marcos llevarán una plancha que cubra las partes vivas, debiendo ser los tableros de frente muerto.

Las barras se instalarán totalmente aisladas del resto del gabinete, serán de cobre electrolítico 99.9% de pureza y con conductibilidad del 96.7% IACS a 20° C.



**Figura 13.** Gabinete

Los tableros serán trifásicos trifilares, debiendo llevar además de las barras de energía una barra de igual sección que las barras indicadas, para conectar todas las líneas de tierra.

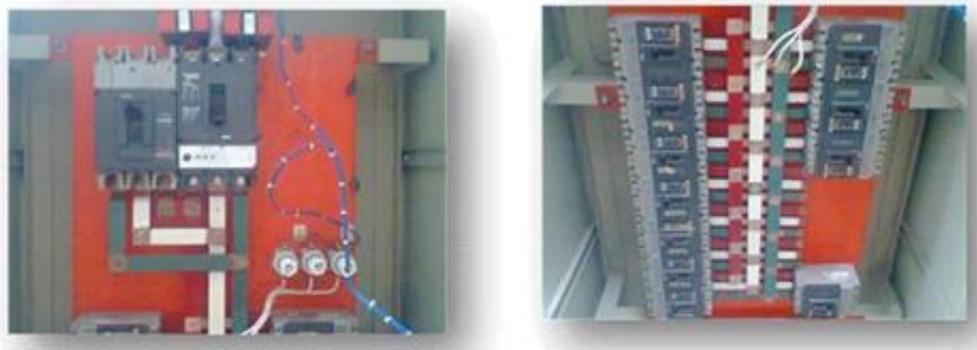
Los tableros estarán equipados con interruptores con protección termo magnético, según lo descrito en 5.1. El equipo y accesorios internos deberán ser íntegramente montados en fábrica.

El diseño deberá permitir el fácil reemplazo de los interruptores individuales sin ocasionar disturbios en los adyacentes ni tener que utilizar taladros para el roscado en las barras.

### Tablero general

Gabinetes metálicos, equipados con interruptores generales y a partir de estos se alimentarán a cada uno de los interruptores principales de los subtableros, ubicados en los respectivos paneles a través de barras de cobre en baja tensión (220V) Dentro de los tableros se tendrán en cuenta las siguientes características:

- Barras colectoras: Cobre electrolítico
- Barra de tierra: Cobre electrolítico
- Aisladores portabarra: Resina 1 Kv



**Figura 14.** Interruptores

**Tabla 8.** *Interruptores*

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS	
TG-220V – 3 $\Phi$	630 A, 65KA (Poder de ruptura)
TG-220V – 3 $\Phi$	100 A, 65KA (Poder de ruptura)
TG-220V – 3 $\Phi$	100 A, 65KA (Poder de ruptura)
TG-220V – 3 $\Phi$	100 A, 65KA (Poder de ruptura)

Deberán tener incorporado un analizador de redes para visualizar los siguientes parámetros: Corriente, Tensión, Energía, Factor de Potencia, frecuencia entre otros.

## 2.3 Definición de términos básicos

Estándares Internacionales BT: 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

### 2.3.1 Términos básicos

- ✓ **Ducto de Barra:** Consiste en un conjunto de elementos conductores de cobre o de 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 carga o cargas individuales en una edificación.
- ✓ **Tensión (de un Circuito):** Es el valor eficaz de la diferencia de potencial entre dos conductores cualesquiera del circuito referido.
- ✓ **Caída de tensión:** Los conductores alimentadores deberán ser dimensionados para que la caída de tensión no sea mayor del 2.5%, para cargas de fuerza, calefacción y alumbrado, o combinación de tales cargas y donde la caída de tensión total máxima en alimentadores y circuitos derivados hasta el punto de utilización.

**Potencia:** La potencia es la energía por unidad de tiempo y es igual al producto de la tensión y de la corriente en los terminales; en el SI, las unidades correspondientes son los vatios.

- ✓ **Baja tensión:** Se denomina así a la tensión de utilización inferior a 1 kV.
- ✓ **Alimentador:** Conductores de un circuito entre los bornes de salida del equipo de conexión o el cuadro eléctrico del generador de una planta aislada, y el dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado.
- ✓ **Alimentador de fuerza:** Alimentador que sirve principalmente a una carga de fuerza.
- ✓ **Barra colectora:** Es un conductor o grupo de conductores que se utiliza como una conexión común para dos o más circuitos.
- ✓ **Cable:** Conductor de alma retorcida, trenzada o cableada con aislante y otras cubiertas o sin ellas (cable unipolar) o combinación de conductores aislados entre sí (cable multipolar).
- ✓ **Sobrecarga:** Exceso de carga sobre el valor nominal de plena carga de un equipo o sobre la capacidad de corriente de un conductor, la cual cuando persiste por un tiempo suficientemente prolongado puede causar daño o sobrecalentamiento peligroso. No se incluyen cortocircuitos ni fallas a tierra.
- ✓ **Tablero:** Un panel o grupo de paneles diseñado para montarlos en forma de un único panel, incluyendo barras colectoras, dispositivos automáticos contra sobrecorrientes y con o sin interruptores para el control de circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza; diseñado para ser colocado dentro de un gabinete o caja de desconexión, adosados o empotrados en la pared o tabique y accesible sólo por su parte frontal.
- ✓ **Resina Epoxi:** La Resina Epoxi (Epoxy en inglés) es un polímero termoestable que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador.
- ✓ **Clases de Protección IP:** Los equipos electrónicos son utilizados en diversas aplicaciones y tienen que trabajar de una manera segura durante un largo período de tiempo y bajo condiciones ambientales adversas. Las distintas clases de protección fijan, en qué medida se puede exponer un aparato eléctrico en condiciones ambientales adversas, sin ser dañado o sin representar un riesgo de seguridad o para la salud. Es precisamente en las áreas críticas de los hospitales, donde la seguridad de estos aparatos y de los pacientes debe cobrar una mayor importancia.
- ✓ **Bandeja de cables:** Estructura metálica abierta que se emplea para sostener conductores eléctricos aislados.

- ✓ **Bandeja metálica:** Loseta anti sonora formada por una bandeja metálica perforada cuyo interior contiene un metal absorbente [6]. Tereftalato de polietileno: El PET es un tipo de materia prima plástica derivada del petróleo, correspondiendo su fórmula a la de un poliéster aromático. Su denominación técnica es polietilén tereftalato o politereftalato de etileno y forma parte del grupo de los termoplásticos, razón por la cual es posible reciclarlo.
- ✓ **Sistema S10 ERP MC:** Este es un programa para elaborar presupuestos de todo tipo de obras a partir de metrado. Permite elaborar hasta tres tipos de presupuesto por obra, el Venta, Meta y Línea Base, los que son asignados a los proyectos que serán utilizados para planificar, ejecutar, controlar y valorizar labores que se realizan en el módulo de Gerencia de proyectos del S10.

## **CAPÍTULO III: HIPÓTESIS**

### **3.1 Hipótesis**

#### **3.1.1 Hipótesis General:**

HG: la Implementación de la tecnología de blindo-barras a todo el sistema eléctrico de la planta mejorará la eficiencia de la misma creando el concepto de uso eficiente de la energía eléctrica a través del correcto dimensionamiento de cargas así también como el de utilizar equipos y dispositivos que cumplan con los estándares y normas de seguridad y calidad que el ambiente amerita.

H0: la Implementación de la tecnología de blindo-barras a todo el sistema eléctrico de la planta NO mejorará la eficiencia de la misma creando el concepto de uso eficiente de la energía eléctrica a través del correcto dimensionamiento de cargas así también como el de utilizar equipos y dispositivos que cumplan con los estándares y normas de seguridad y calidad que el ambiente amerita.

#### **3.1.2 Hipótesis Específicas:**

HE1: se podrá Determinar la capacidad del consumo de la energía eléctrica del sistema de distribución de emergencia.

HE2: se podrá Dimensionar el cable para la potencia requerida del sistema de distribución de emergencia.

HE3: Se podrá dimensionar el ducto de barra para la potencia requerida del sistema de distribución de emergencia.

HE4: se podrá evaluar la eficiencia técnica y económica del sistema de distribución eléctrica con la implementación de ducto de barra del sistema de emergencia.

HE5: se podrá definir la ruta optima de las blindobarras para los tableros eléctricos así también como a las cargas de la planta industrial.

### 3.2. Definición conceptual de variables.

Relacionando las variables relevantes que intervienen en el presente problema objeto de estudio, que conllevarán a la explicación, demostración y probación de la formulada hipótesis, se han identificado las siguientes variables:

- a. Variable X = Tecnología de Blindobarras.  
Sistema Eléctrico de Baja Tensión.
- b. Variable Y = Eficiencia del sistema de distribución.  
Perdidas por caída de tensión.
- c. Variable Z = Disminución de costos a raíz del buen manejo de la energía eléctrica.

### 3.3. Operacionalización de variables

El grado más elevado de los referentes empíricos la determinamos operacionalizando, las variables que se simbolizan con sus propiedades concretas con las letras X, Y y Z, de igual manera, se obtiene los siguientes indicadores:

#### 3.3.1 Variable X: Indicadores.

- ✓ Calidad de energía..... X1
- ✓ Norma IEC-600-27..... X2
- ✓ Norma IEC-600-28..... X3
- ✓ Norma IEC-60309.....X4
- ✓ Norma IEEE-519.....X5
- ✓ Norma de Calidad de Servicios Eléctricos-OSINERG.....X6
- ✓ Seguridad en el manejo de la electricidad.....X7
- ✓ Perdidas en el conductor.....X8
- ✓ Código Nacional de Electricidad.....X9
- ✓ Ambiente altamente corrosivo.....X10
- ✓ Consumos de energía elevados .....X11

**Variable Y: Indicadores.**

- ✓ Recibos de energía.....Y1
- ✓ Analizador de redes.....Y2
- ✓ Sobrecarga de equipos.....Y3
- ✓ Capacidad Máxima de conductores.....Y4
- ✓ Dimensionamiento de Dispositivos Eléctricos.....Y5
- ✓ Selección de dispositivos.....Y6
- ✓ ITM.....Y7
- ✓ Poder de Ruptura.....Y8
- ✓ Arco Eléctrico.....Y9
- ✓ Nomenclatura Eléctrica.....Y10
- ✓ Máximos y Mínimos permitidos.....Y11
- ✓ Representación esquemática de los circuitos.....Y12

**Variable Z: Indicadores.**

- ✓ Niveles de tensión.....Y1
- ✓ Tensión Nominal.....Y2

## **CAPÍTULO IV: DISEÑO MÉTODOLÓGICO**

### **4.1. Tipo y diseño de investigación.**

Por la naturaleza de esta investigación corresponde a la del tipo: Investigación Científica Aplicada-Transversal, además es Experimental-Tecnológica, cuyo inicio corresponde al mes de NOVIEMBRE del año 2020 y termina en ENERO 2021 del mismo año.

### **4.2. Método de investigación**

- ✓ La primera etapa para dar solución al problema objeto de investigación, es diseñar y construir el nuevo sistema de blindobarras de la planta con apoyo de softwares, catálogos y guías, para el diseño.
- ✓ La segunda etapa es la aplicación del modelo diseñado, llevar a cabo mediante los esquemas ya definidos y predeterminados.
- ✓ La tercera etapa es la disminución de costos por ahorro de energía y reducción de costos por pérdidas de sistemas eléctricos deficientes como era el caso anterior de la planta.

Para alcanzar los objetivos, explicar, demostrar, probar y plantear la solución al problema objeto de estudio formulado en la hipótesis, es prioritario desarrollar las actividades principales siguientes:

- Concepción ontológica y formulación de sobre la calidad de los servicios eléctricos
- Construcción del nuevo diseño con apoyo multidisciplinario de profesionales afines al problema objeto de investigación, prioritariamente con materiales confiables y que cumplan con las normas y las condiciones de trabajo.

### **4.3. Población y muestra**

Conjunto total finito o infinito de elementos o unidades de observación que se consideran en un estudio, o sea que el universo de la investigación sobre el cual se pretende generalizar los resultados.

De lo expuesto por los autores, la población para el presente trabajo de investigación son todos los alumnos vigentes según registro generado por el área estadístico de la

Universidad Nacional del Callao hasta el ciclo regular 2019 – b, se cuenta con una población estudiantil de 13 397.

A partir del tamaño de la población, se determina la muestra cuando no es posible medir cada una de las entidades de la población, la misma, se considera representativa de la población”

#### **4.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información**

##### **4.4.1 Técnicas**

“La elección de técnicas e instrumentos para la recopilación de los datos de estar en función de las características del estudio que se pretende realizar.”

De lo expuesto por el autor se interpreta que los resultados deben ser acordes a las expectativas que se tiene de la o las variables de estudio del proyecto.

##### **Observación**

Según (Ly, y otros, 2015) La observación de campo no experimental “Con frecuencia se usa esta técnica para profundizar en el conocimiento del comportamiento de exploración. Por ejemplo, si en una investigación exploratoria se ha encontrado que los clientes de una empresa no están conformes con el tiempo que deben esperar para ser atendidos, se puede planear la recolección de datos sobre los tiempos de espera y de servicio de una muestra representativa de clientes.”

En cuanto a la observación experimental “La observación experimental se diferencia de la no experimental porque elabora los datos en condiciones relativamente controladas por el investigador, particularmente porque este puede manipular la o las variables.”

De lo expuesto por el autor podemos indicar que el enfoque experimental de la observación nos va permitir manipular los datos, es decir acoplarlos al plano de investigación que estamos planteando.

## Encuesta

Las encuestas de opinión son investigaciones no experimentales transversales o transeccionales descriptivas o correlacionales-causales, ya que a veces tienen los propósitos de unos u otros diseños y a veces de ambos.

De lo expuesto por el autor el uso de la encuesta como técnica de recolección de datos establece resultados en investigaciones no experimentales que es el método del presente proyecto.

## Instrumentos

El momento de aplicar los instrumentos de medición y recolectar los datos representa la oportunidad para el investigador de confrontar el trabajo conceptual y de planeación con los hechos.

Recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente, tres cuestiones básicas respecto a las variables que deben considerarse al momento de construir un instrumento:

- a) La operacionalización se fundamenta en la definición conceptual y operacional de la variable.
- b) La codificar los datos significa asignarles un valor numérico o símbolo que los represente. Es decir, a las categorías (opciones de respuesta o valores) de cada ítem o variable se les asignan valores numéricos o signos que tienen un significado.

- c) Establecer los niveles de medición.

Existen cuatro niveles de medición ampliamente conocidos.

- **Nivel de medición nominal.** En este nivel hay dos o más categorías del ítem o la variable. Las categorías no tienen orden ni jerarquía.
- **Nivel de medición ordinal.** En este nivel hay varias categorías, pero además mantienen un orden de mayor a menor. Las etiquetas o los símbolos de las categorías sí indican jerarquía.
- **Nivel de medición por intervalos.** Además del orden o la jerarquía entre categorías, se establecen intervalos iguales en la medición. Las distancias entre categorías son las mismas a lo largo de toda la escala, por lo que hay un intervalo constante, una unidad de medida.

- **Nivel de medición de razón.** En este nivel, además de tenerse todas las características del nivel de intervalos (unidad de medida común, intervalos iguales entre las categorías y aplicación de operaciones aritméticas básicas y sus derivaciones).

### **Cuestionarios**

En fenómenos sociales, tal vez el instrumento más utilizado para recolectar los datos es el cuestionario. Un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto de una o más variables a medir.

El contenido de las preguntas de un cuestionario es tan variado como los aspectos que mide. Básicamente se consideran dos tipos de preguntas: cerradas y abiertas.

- **Preguntas cerradas.** Son aquellas que contienen opciones de respuesta previamente delimitadas. Resultan más fáciles de codificar y analizar.
- **Preguntas abiertas.** No delimitan las alternativas de respuesta. Son útiles cuando no hay suficiente información sobre las posibles respuestas de las personas.

De lo expuesto por el autor determinamos como nuestro instrumento de medición es la encuesta, en la cual apelaremos a usar preguntas cerradas.

### **Validez**

“La validez, en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir. Por ejemplo, un instrumento válido para medir la inteligencia debe medir la inteligencia y no la memoria.”

De lo expuesto por el autor podemos determinar la validez de los indicadores en cuanto al instrumento para medir nuestra variable, esto es evaluando el nivel de confianza que nos da nuestros datos recolectados por el instrumento de medición.

## **Confiabilidad**

“La confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales.”

De lo expuesto por el autor podemos inferir que la confiabilidad del instrumento tomará más validez según las veces en que es aplicada.

## **4.5. Análisis y procesamiento de datos**

Al analizar los datos cuantitativos debemos recordar dos cuestiones: primero, que los modelos estadísticos son representaciones de la realidad, no la realidad misma; y segundo, los resultados numéricos siempre se interpretan en contexto.

### **Descriptivo**

El análisis descriptivo nos informa acerca de las cualidades básicas de los datos.

El análisis descriptivo incluye estadígrafos (o estadísticos) como el rango, el mínimo, el máximo y la frecuencia.

También incluye medidas de tendencia central como la media, mediana, moda, desviación estándar, y algunos otros que nos dicen acerca de la forma que tienen nuestros datos.

Hay muchas maneras de describir los datos, y podemos usar el análisis descriptivo para que nos diga cómo son esos datos.

### **Inferencial**

Acabamos de revisar el análisis descriptivo, que incluye estadígrafos como rango, mínimo, máximo y frecuencia.

También incluye medidas de tendencia central como la media, mediana, moda, desviación estándar, y nos dice lo que nuestros datos parecen ser.

Una vez que hayas descrito adecuadamente tus datos, puedes pasar a hacer inferencias basadas en ellos.

El análisis estadístico de datos inferencial utiliza pruebas estadísticas para ver si un patrón que observamos, se debe al azar o a los efectos de una intervención.

La investigación a menudo utiliza el análisis inferencial para determinar si existe una relación entre una intervención y un resultado, así como la fuerza de esa relación. Esta sección proporciona una descripción general de las cosas a considerar antes de comenzar el análisis inferencial.

Para la presente investigación la herramienta principal a utilizar será la hoja de cálculo Microsoft Excel, representando la información de manera gráfica, histogramas, tablas dinámicas. En adición se usará el software SPSS.

## **CAPÍTULO V: RESULTADOS**

### **5.1 Resultados descriptivos**

Para el cálculo de la máxima demanda se requiere el dimensionamiento de ducto de barra. Para lo cual se va a considerar el proyecto desarrollado con la empresa proyectista GRUPO INGENIERÍA, Quien tiene a su cargo la realización de diseño del sistema eléctrico.

En conjunto con el proyectista se ha determinado las características técnicas del ducto de barra las cuales se indican: El Ducto de barras deberá ser del tipo “sándwich”; significa que no debe existir espacios de aire entre barras excepto en los puntos de unión.

La parte de unión de cada ducto de barra alimentadora o ductos de barras con derivaciones, esta accesible para su mantenimiento luego de la instalación.

El ducto de barras está diseñado para soportar los esfuerzos de cortocircuito.

Los ductos de barras están empacados en cajas de madera apropiados para el transporte de exportación y facilidad de manipuleo en el sitio. El ducto de barras está envuelto en una lámina de polivinilo para su protección contra el agua, antes de empacarse en las cajas de madera.

Los ductos de barras están manipulados cuidadosamente para evitar dañarlos y almacenados en lugares secos y limpios, alejados de un ambiente anormal, suciedad, agua, etc

Para el estudio del Planta Industrial de oficinas, nos centralizamos en los cuadro de cargas donde se requiere la alimentación de ducto de barra. Se realizó el cálculo de la máxima demanda de las 58 oficinas, que estarán divididas en T- OF1, T-OF2, T-OF3 y T-OF4.

**Tabla 9. Calculo de Máxima Demanda de oficina T-OF1**

	T-OF1 TABLERO DE OFICINA TIPO 1 - 01 UND.	Densidad (W/m2)	Área (m2)	Carga unitaria (kW)	Cantidad	P. Instalada (kW)	F.D. (%)	M. Demanda (kW)
1.00	Alumbrado y Tomacorrientes (Sección 50-202(3)(d) CNE-U)							
1.01	Área de Oficina (396.71 m2 x 50W/m2)	50.00	396.71	19.84	1.00	19.84	100%	19.84
2.00	Equipos de Aire Acondicionado							
2.01	Fancoils Carga Básica			0.40	9.00	3.60	100%	3.60
3.00	Equipos Electrónicos							
3.01	Computadoras (Proy.) (200 W)			0.20	44.00	8.80	100%	8.80
Máxima Demanda : 32.50 kW Intensidad Máxima: 99.52 A Factor de Potencia promedio: 0,85 Suministro: 220 V / 3Ø / 60 Hz						Total :	32.24	32.24
Nota: Acometida de emergencia diseñado al 30% de la carga								9.67

Fuente Proyectista GRUPO INGENIERÍA

**Tabla 10. Calculo de Máxima Demanda de oficina T-OF2**

	T-OF2 TABLERO DE OFICINA TIPO 2 - 01 UND.	Densidad (W/m2)	Área (m2)	Carga unitaria (kW)	Cantidad	P. Instalada (kW)	F.D. (%)	M. Demanda (kW)
1.00	Alumbrado y Tomacorrientes (Sección 50-202(3)(d) CNE-U)							
1.01	Área de Oficina (368.67 m2 x 50W/m2)	50.00	368.67	18.43	1.00	18.43	100%	18.43
2.00	Equipos de Aire Acondicionado							
2.01	Fancoils Carga Básica			0.40	9.00	3.60	100%	3.60
3.00	Equipos Electrónicos							
3.01	Computadoras (Proy.) (200 W)			0.20	40.00	8.00	100%	8.00
Máxima Demanda : 30.00 kW Intensidad Máxima: 92.73 A Factor de Potencia promedio: 0,85 Suministro: 220 V / 3Ø / 60 Hz						Total:	30.03	30.03
Nota: Acometida de emergencia diseñado al 30% de la carga								9.01

Fuente Proyectista GRUPO INGENIERÍA

**Tabla 11. Calculo de Máxima Demanda de oficina T-OF3**

	<b>T-OF3 TABLERO DE OFICINA TIPO 3 - 28 UND.</b>	<b>Densidad (W/m2)</b>	<b>Área (m2)</b>	<b>Carga unitaria (kW)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Instalada (kW)</b>	<b>F.D. (%)</b>	<b>M. Demanda (kW)</b>
1.00	Alumbrado y Tomacorrientes (Sección 50-202(3)(d) CNE-U)							
1.01	Área de Oficina (276.42 m2 x 50W/m2)	50.00	276.42	13.82	1.00	13.82	100%	13.82
2.00	Equipos de Aire Acondicionado							
2.01	Fancoils Carga Básica			0.40	7.00	2.80	100%	2.80
3.00	Equipos Electrónicos							
3.01	Computadoras (Proy.) (200 W)			0.20	30.00	6.00	100%	6.00
Máxima Demanda : 23.00 kW Intensidad Máxima: 69.84 A Factor de Potencia promedio: 0,85 Suministro: 220 V / 3Ø / 60 Hz						Total :	22.62	22.62
Nota: Acometida de emergencia diseñado al 30% de la carga								6.79

Fuente Proyectista GRUPO INGENIERÍA

**Tabla 12. Calculo de Máxima Demanda de oficina T-OF4**

	<b>T-OF4 TABLERO DE OFICINA TIPO 4 - 28 UND.</b>	<b>Densidad (W/m2)</b>	<b>Área (m2)</b>	<b>Carga unitaria (kW)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Instalada (kW)</b>	<b>F.D. (%)</b>	<b>M. Demanda (kW)</b>
1.00	Alumbrado y Tomacorrientes (Sección 50-202(3)(d) CNE-U)							
1.01	Area de Oficina (273.96 m2 x 50W/m2)	50.00	273.96	13.70	1.00	13.70	100%	13.70
2.00	Equipos de Aire Acondicionado							
2.01	Fancoils Carga Basica			0.40	7.00	2.80	100%	2.80
3.00	Equipos Electrónicos							
3.01	Computadoras (Proy.) (200 W)			0.20	30.00	6.00	100%	6.00
Máxima Demanda : 22.50 kW Intensidad Máxima: 69.46 A Factor de Potencia promedio: 0,85 Suministro: 220 V / 3Ø / 60 Hz						Total :	22.50	22.50
Nota: Acometida de emergencia diseñado al 30% de la carga								6.75

Fuente Proyectista GRUPO INGENIERÍA

Una vez calculado la máxima demanda de cada oficina y considerando un diseño al 30% de la carga lo agrupamos. Agrupamos los tableros de oficinas de cada nivel en un tablero T-D2 y T-D3 al T-D30, que a continuación se muestra en las siguientes tablas.

**Tabla 13. Calculo de Máxima Demanda de oficina T-D3 AL T-D30**

	<b>T-D30 al T-D3 EMERGENCIA - 30° al 3° PISO (TABLERO DE DISTRIBUCIÓN)</b>	<b>Densidad (W/m2)</b>	<b>Área (m2)</b>	<b>Carga unitaria (kW)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Instalada (kW)</b>	<b>F.D. (%)</b>	<b>M. Demanda (kW)</b>
1.00	Carga de Emergencia de Piso 30 al Piso 3							
1.01	T-OF3 (Tablero) - Oficina 301 al 3001			6.79	1.00	6.79	100%	6.79
1.02	T-OF4 (Tablero) - Oficina 302 al 3002			6.75	1.00	6.75	100%	6.75
Total						13.54		13.54

Fuente Projectista GRUPO INGENIERÍA

**Tabla 14. Calculo de Máxima Demanda de oficina T-D2**

	<b>T-D2 EMERGENCIA - 2° PISO (TABLERO DE DISTRIBUCIÓN)</b>	<b>Densidad (W/m2)</b>	<b>Área (m2)</b>	<b>Carga unitaria (kW)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Instalada (kW)</b>	<b>F.D. (%)</b>	<b>M. Demanda (kW)</b>
1.00	Carga de Emergencia de 2° Piso							
1.01	T-OF1 (Tablero) - Oficina 201			9.67	1.00	9.67	100%	9.67
1.01	T-OF2 (Tablero) - Oficina 202			9.01	1.00	9.01	100%	9.01
Total						18.68		18.68

Fuente Projectista GRUPO INGENIERÍA

**Tabla 15. Cuadro de carga de Tableros de Emergencia**

<b>CUADRO DE CARGAS</b>		
TABLERO TE-D2	18.68	KW
TABLERO TE-D3	13.54	KW
TABLERO TE-D4	13.54	KW
TABLERO TE-D5	13.54	KW
TABLERO TE-D6	13.54	KW
TABLERO TE-D7	13.54	KW
TABLERO TE-D8	13.54	KW
TABLERO TE-D9	13.54	KW
TABLERO TE-D10	13.54	KW
TABLERO TE-D11	13.54	KW
TABLERO TE-D12	13.54	KW
TABLERO TE-D13	13.54	KW
TABLERO TE-D14	13.54	KW
TABLERO TE-D15	13.54	KW
TABLERO TE-D16	13.54	KW
TABLERO TE-D17	13.54	KW
TABLERO TE-D18	13.54	KW
TABLERO TE-D19	13.54	KW
TABLERO TE-D20	13.54	KW
TABLERO TE-D21	13.54	KW
TABLERO TE-D22	13.54	KW
TABLERO TE-D23	13.54	KW
TABLERO TE-D24	13.54	KW
TABLERO TE-D25	13.54	KW
TABLERO TE-D26	13.54	KW
TABLERO TE-D27	13.54	KW
TABLERO TE-D28	13.54	KW
TABLERO TE-D29	13.54	KW
TABLERO TE-D30	13.54	KW
	<b>397.8</b>	<b>KW</b>
<b>FACTOR DE POTENCIA 0.85</b>	<b>468</b>	<b>KVA</b>

Fuente Elaboración propia

Con la potencia asignada para cada tablero de emergencia, se realiza los cálculos con el método tradicional con cable, así poder energizar cada oficina. Teniendo en cuenta los parámetros del nivel de tensión, factor de potencia, corriente nominal, corriente de diseño y también seleccionaremos interruptores termo magnéticos,

numero de ternas, el metrado lineal y por último el cálculo de caída de tensión.

Luego realizaremos los cálculos para determinar el ducto de barra, teniendo en cuenta sus parámetros, tipo de alimentación de carga, tipo de circuito de entrada, factor de diversidad de carga, factor de carga nominal de utilización, corriente de corto circuito en la entrada (alimentación).

## 5.2. Resultados inferenciales

Ahora calculamos el ducto de barra, teniendo en cuenta según la siguiente la ecuación:

$$I_b = \frac{PTOT \cdot \alpha \cdot \beta \cdot d}{\sqrt{3} \cdot U_e \cdot \cos \theta}$$

Ahora en este caso el factor de alimentación sería 1 por que el ducto de barra es alimentado en un solo extremo.

El factor de diversidad de carga es uno por que el cálculo es de una sola carga calculada y el factor de utilización lo consideramos como 1 al ser el tablero general y que va a trabajar a plena carga continuamente. El resultado sería el siguiente:

$$I_b(A) = \frac{397.8 \times 1.1 \cdot 1}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.85} = 1228.18A$$

Ahora según tabla y teniendo en cuenta la temperatura ambiente del lugar, se considera una temperatura de 40°, de esta manera el factor es K=1, entonces según la ecuación de (2) tendríamos el siguiente resultado.

$$I_m = k \cdot I_b$$
$$I_m = 1 \times 1228.18 = 1228.18A$$

Para la selección del ducto de barra según la intensidad máxima, se fracciono en 2 circuitos, es decir que un ducto de barra que alimenta a los tableros del piso 11 al piso 30 y el otro ducto de barra que alimenta a los tableros del piso 2 al piso 10. A continuación se muestra en la tabla N° la capacidad de amperios.

**Tabla 16. Capacidad de corriente nominal por pisos**

NUMEROS DE PISOS	Int (A)	
PISO 11 - PISO 30	836.08	A
PISO 02 - PISO 10	392.10	A

Fuente Elaboración propia

Luego se considera un factor de diseño de un 25%. Por lo tanto, en la tabla 12 tendríamos esta nueva capacidad de corriente en ambos casos.

**Tabla 17. Capacidad de corriente de diseño**

NUMEROS DE PISOS	Int (A)	
PISO 11 - PISO 30	1045.10	A
PISO 02 - PISO 10	490.13	A

Fuente Elaboración propia

Para mejor manejo y reconocimiento del sistema en estudio hacemos las siguientes denominaciones:

- Ducto de barra del piso 11 al piso 30 de 1600 amperios, lo llamaremos un ducto de barra 01.
- Ducto de barra del piso 02 al piso 15 de 800 amperios, lo llamaremos un ducto de barra 02.
- Ahora verificaremos la caída de tensión para ducto de barra 01 de acuerdo a la ecuación.

$$\Delta V\% = \frac{b.k.I_b.L}{V_n} \times 100\%$$

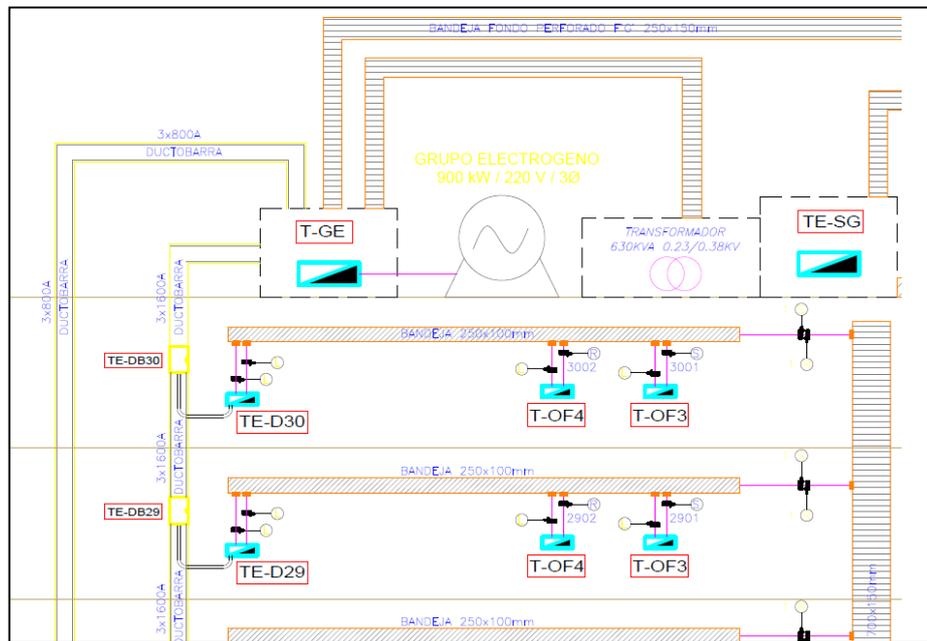
$$\Delta V\% = \frac{1 \times 36.6 \times 836 \times 80 \times 100}{220 \times 1000000} \times 1.1\%$$

Ahora verificaremos la caída de tensión para ducto de barra 02 con la formula siguiente

$$\Delta V\% = \frac{b.k.I_b.L}{V_n} \times 100\%$$

$$\Delta V\% = \frac{1 \times 55.1 \times 392 \times 10 \times 140 \times 100}{220 \times 1000000} \times 1.37\%$$

Una vez determinados los ducto de barra, representamos en un esquema de montante.



**Figura 15.** Montante de Ducto de barra 1 3x1600A y Ducto de Barra 2 3x800A

## **CAPÍTULO VI: DISCUSION DE RESULTADOS**

### **6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados**

#### **Descripción del Proyecto**

El Complejo contempla la construcción de 01 Planta Industrial de oficinas (piso 2-30), 01 Comercio (mezanine) y zonas de estacionamiento (12 sótanos y cisterna).

Para los suministros en baja tensión el complejo tiene proyectado alimentarse desde el banco de medidores ubicados en el primer piso de la edificación, desde los cuales se alimentarán a cada una de las oficinas.

A partir de la subestación convencional proyectada como punto de diseño, se alimentará en media tensión los servicios generales derivándose a dos tableros de servicio generales T- SG1 y T-SG2 una tensión de 380/220V. De los cuales son para la alimentación de circuitos de alumbrado y tomacorriente de sótanos y áreas comunes de oficinas, aire acondicionado, ascensores, extracción de sótanos, bombas de agua y bomba de desagüe.

Para las 58 oficinas se alimenta mediante los bancos de medidores con una tensión de 220V, trifásico. De los cuales hay un tablero de transferencia para el sistema de emergencia de cada oficina, estos se alimentarán mediante sistema de ducto de barra.

En el sistema de emergencia se va a tener un grupo electrógeno de 900KVA con tensión de 220v f.p.=0.8 para brindar energía a las oficinas y servicios generales. Los puntos que tendría que alimentar son de 50% de la carga de la iluminación, 50% de los ascensores (solo evacuación), cuarto de control, sistema de extracción de sótanos, sistema de bombas de agua y bombas de sumidero, sistema de detección y alarma de incendio.

El sistema de puesta a tierra, se desarrolla con mallas de cobre y pozos. Se dividirá estos sistemas en sub estaciones, ascensores y para los servicios generales.

En este trabajo se enfocará en el sistema de emergencia en la alimentación de los tableros de emergencia para brindar energía a las oficinas. Que serán mediante sistema de ducto de barra.



**Figura 16.** Planta Industrial de Oficina, en construcción y maqueta.

### **Dimensionamiento de Conductores Eléctricos**

Una vez obtenido las cargas requeridas, procedemos hallar los siguientes parámetros (Intensidad nominal, Intensidad de diseño, ITM, número de ternas, sección de cable, tubería y caída de tensión).

Para hallar la intensidad del tablero de emergencia del piso 30. (T-DB30) usamos la siguiente formula:

Ecuación

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot \cos \alpha}$$

Donde:

In: Intensidad Nominal (A)

P: Potencia (W)

Cos  $\alpha$ : Factor de potencia 0.85

Entonces

$$I_n = \frac{13.54 \times 1000}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.85} = 41.79 A$$

Intensidad de diseño

$$I_d = I_n \times 1.25 = 52.24 A$$

Para considerar un ITM se procede al de 63 Amperios por ser comercial.

Calculamos la caída de tensión de todos los circuitos que van a ser cambiado.

Realizamos un pequeño cálculo, teniendo en cuenta la fórmula de caída de tensión:

Ecuación

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot \phi \cdot L \cdot I}{S \cdot U \cdot T} \times 100\%$$

Donde:

$\Delta V$ : Variación de tensión

$\Phi$ : Resistividad para cobre: 0.0175

L: Longitud del conductor (m)

I: Intensidad nominal (A)

S: sección del cable (mm<sup>2</sup>)

U: Nivel de tensión (v)

T: Numero de ternas

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times 0.0175 \times 40.92 \times 41.8}{25 \times 220 \times 1} \times 100\% = 0.94\%$$

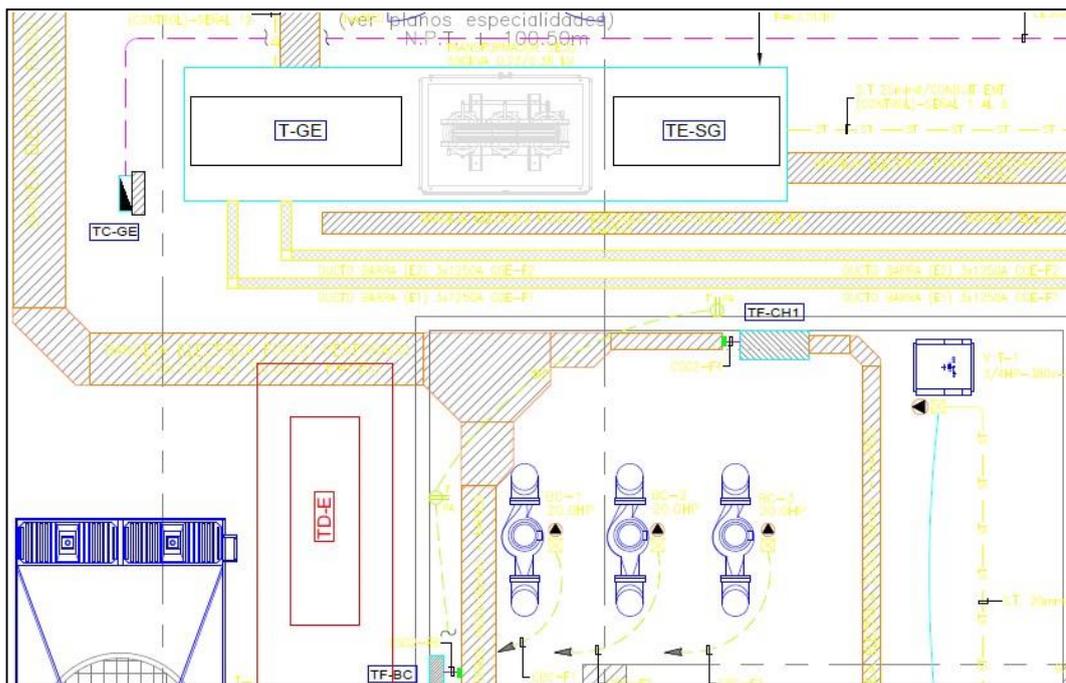
Considerando de ser menor 2 % la caída de tensión, si cumple, establecemos que la sección de cable es de 25 mm<sup>2</sup>.

Para la longitud requerida solo se está tomando la consideración de cable dentro del tablero TD-E (considerado para este método tradicional), tramo horizontal en nivel de azotea y en tramo vertical.

## Realización de metrado con cable

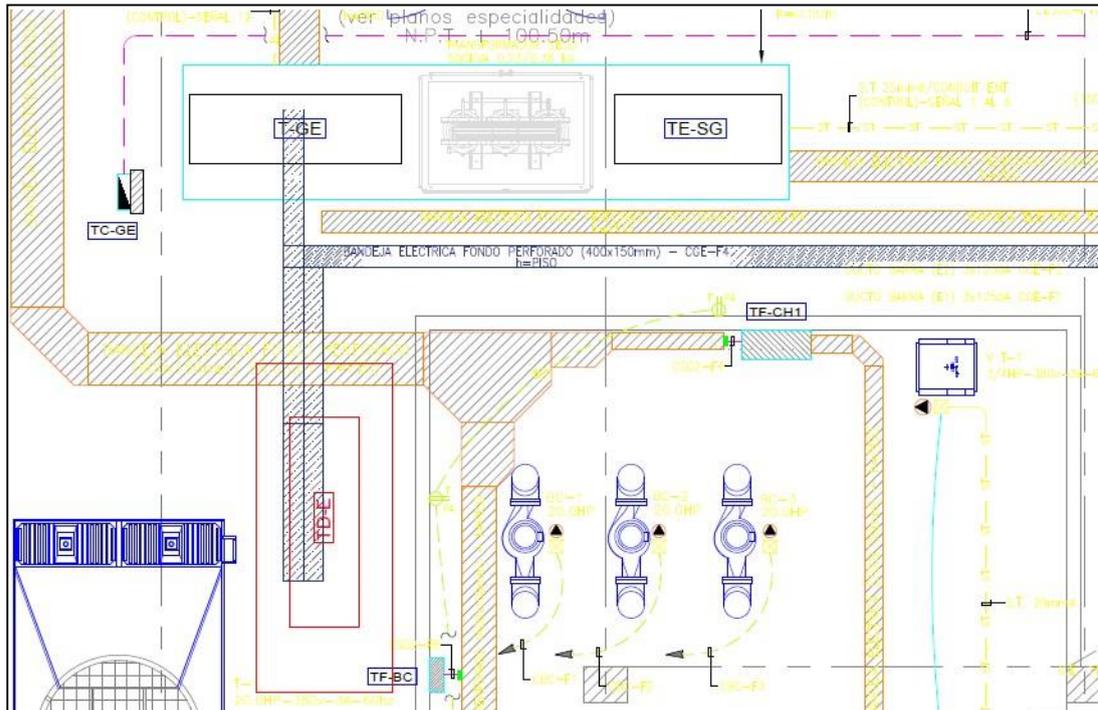
Al tener el metrado total tanto de cables y ducto barra procedemos a realizar los costos tanto de materiales y de su instalación.

En el caso de ser instalar mediante cables en el sistema de emergencia, se tendrá que dimensionar un tablero eléctrico donde pueda tener los circuitos para la alimentación de los tableros de distribución de emergencia, es decir desde el tablero TE-D02 hasta el tablero TE-D30.



**Figura 17.** Ubicación del Tablero TD-E

El tablero TD-E tendrá que considerarse unos cables alimentadores, que solo para este comparativo, se ha considerado dos circuitos de ternas al tener dos ducto de barra (ducto de barra 01 y ducto de barra 02). Estos conductores vendrán desde el tablero T-GE hasta el tablero TD-E. Una vez obtenido energizado el tablero TD-E, se tendrá que transportar los cables hacia todos los tableros de emergencia de cada piso. Por ello en el punto 3.1.3 se realizó el dimensionamiento para un tablero (en ese caso fue para el tablero TE-D30), su recorrido será mediante una canalización de bandeja metálica tipo ranurada que partirá desde el tablero TD-E, que está ubicado en la planta azotea, considerando 4 desvíos (dos curvas horizontales y dos curvas verticales) luego bajara por el eje E-3, así hasta llegar al piso 02.



**Figura 18.** Figura 12 Recorrido de bandeja metálica Tipo Ranurada de 400x150

### Realización de metrado con Ducto de Barra

Para los ducto de barra, lo hemos separado en dos (ducto de barra 01 y ducto de barra 02). El ducto de barra 01 que va alimentar los tableros desde el piso 11 al piso 30, el ducto de barra 01 se instalara desde el tablero T- GE (según el diagrama unifilar) que se puede visualizar según la figura 11, ubicado en la planta azotea, que luego tiene un trazo horizontal con 3 desvíos, en este caso se adicionara tres accesorios, dos curvas horizontales y una curva vertical que bajara por el ducto eléctrico del eje E-3 hasta el piso 11. De esta manera poder alimentar los tableros de emergencia. Por ejemplo para el piso 30 el tablero TE-D30, se debe poner una caja de derivación para su distribución, para este nivel lo llamaremos TE-DB30. De igual manera se realiza para el ducto de barra 02, que en este caso será con un mayor trazo vertical ya que llegara hasta el piso 02 para alimentar hasta el tablero TE-D02.

**Tabla 18. Accesorios para instalación de Ducto de Barra 01**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Ducto de barra 2000A	135	Mt
Curva vertical	2	Pz
Curva horizontal	2	Pz
Terminal de conexión a tablero	1	Pz
Tapa final	1	Pz
Derivadores	10	Pz
Caja de Derivación c/int. 3x63A	8	Pz
Caja de Derivación c/int. 3x80A	1	Pz
Caja de Derivación c/int. 3x400A	1	Pz
Soportes verticales rígidos	4	Set
Soportes verticales con muelles	27	Set
Flexibles.	1	Set

Fuente Elaboración propia

**Tabla 19. Accesorios para instalación de Ducto de Barra 02**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Ducto de barra 1600A	92	Mt
Curva vertical	2	Pz
Curva horizontal	2	Pz
Terminal de conexión a tablero	1	Pz
Tapa final	1	Pz
Derivadores	20	Pz
Caja de Derivación c/int. 3x63A	20	Pz
Soportes verticales rígidos	18	Set
Soportes verticales con muelles	3	Set
Flexibles.	1	Set

Fuente Elaboración propia

### Costo de cable y ducto de Barra

De esta manera ya realizad el metrado, se procede a determinar el costo del material tanto para el diseño por conductores eléctricos y por ducto de barra. Para este comparativo también se requiere la instalación (mano de obra). Por ello se ha considerado por la experiencia laboral de ingenieros residentes en obras de construcción y el sistema S10 ERP para la elaboración el presupuesto. Obteniendo un precio por el diseño por conductores eléctricos de S/.198, 807.32 soles y por el diseño por ducto de barra da un monto de S/. 169,818.19 soles.

**Tabla 20** Costo Total de sistema de ducto de barra y Sistema convencional

COSTO TOTAL	
Ducto de barra	S/. 169,818.89
Cable Tablero	
Bandeja	S/. 198,807.32

Fuente Elaboración propia

Mediante el sistema S10 ERP se puede separar la mano de obra que corresponde a la instalación y el suministro de ducto de barra y conductores eléctricos.

Para el diseño con el sistema convencional de conductores eléctricos, se tiene que considerar para el suministro el cable, bandeja y tablero eléctrico. Para el diseño con el sistema de ducto de barra se considera solo el suministro de ducto de barra.

**Tabla 21.** Costo de Suministro de cable, bandeja y tableros

COSTO MATERIAL	
Cable	S/. 113,286.64
Bandeja	S/.22,141.48
Tablero	S/. 26,166.32

Fuente Elaboración propia

**Tabla 22.** *Costo de suministro de Ducto de Barra*

<b>COSTO MATERIAL</b>	
Ducto de barra	S/. 165,518.89

Fuente Elaboración propia

La instalación por el sistema convencional se tiene que realizar en doble proceso, lo cual es la instalación de la canalización en todo el recorrido de la azotea luego llega hacia el ducto eléctrico para poder bajar por la montante. Una vez realizado la canalización se empieza al cableado para cada tablero de emergencia en cada piso. Para la instalación de ducto de barra solo se tomara solo el primer proceso que es la canalización, ya que el ducto de barra es un sistema compacto. Para este comparativo solo se está consideran el mismo recorrido que el ducto de barra, es decir en todo el recorrido del vertical de la azotea y la montante (no incluye el la derivación hasta el tablero exactamente). Así tener un mejor comparativo, lo cual es notorio que la diferencia por el doble proceso de instalación que se realiza.

**Tabla 23.** *Costo de instalación de Tablero, Bandeja y Cable*

<b>COSTO MANO DE OBRA</b>	
Cable	S/. 27,907.56
Bandeja	S/.3,561.48
Tablero	S/. 5,743.83

Fuente Elaboración propia

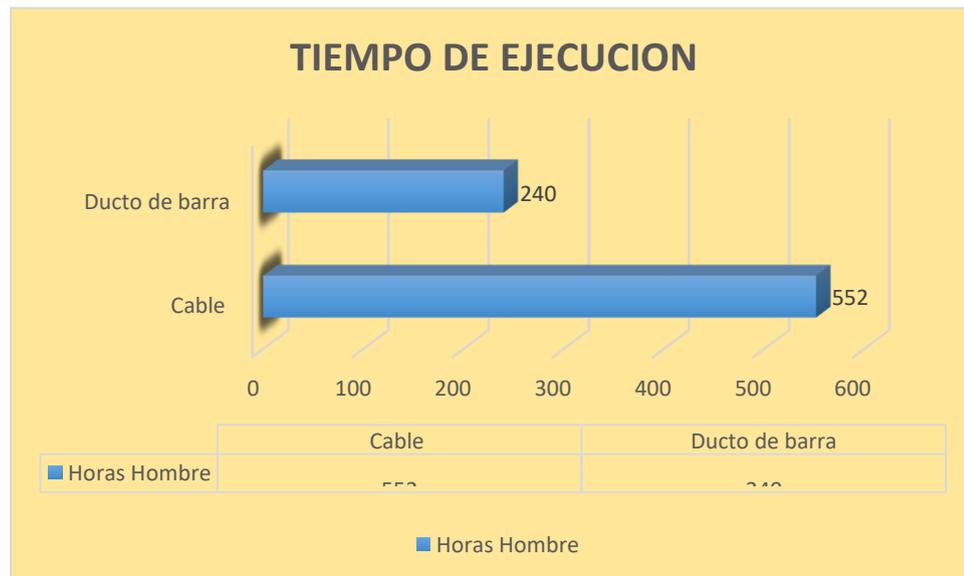
**Tabla 24.** *Costo de instalación de Ducto de Barra*

<b>COSTO MANO DE OBRA</b>	
Ducto de barra	S/. 4,300.00

Fuente Elaboración propia

En las instalaciones de ambos sistemas, es también importante mencionar que la ejecución de la obra los tiempos en instalación es vital, porque esto determina el cronograma total de actividades de la obra. Por ello mientras menos tiempo se demore en instalar podremos acortar el tiempo de ejecución

de la obra. Por ello consultando con los ingenieros residentes, se obtiene estos datos del tiempo de ejecución de instalaciones por el sistema convencional y con el sistema de ducto de barra. Con respecto a las horas hombre se tomará 8 horas laborables por día.



**Figura 19.** Tiempo de ejecución de instalaciones por Cable y por el sistema de Ducto de Barra

Gracias a este cuadro nos indica que habrá que hay una diferencia en tiempo de ejecución muy notorio, estos datos lo trasladamos a horas hombre que vendría ser que una simple resta, dando como resultado 312 horas hombre (h/h). Este dato nos servirá para un el comparativo final y toma de decisiones. Para la adquisición de los materiales, los cables tienen una fecha de entrega corta, es decir que en la mayoría de las secciones de cables siempre hay en stock por los diferentes proveedores. Por otro lado el equipamiento ducto de barra tiene un periodo de entrega muy largo. Los cual uno tiene que solicitar con anticipación y respetando el cronograma de obra para que pueda llegar en su momento propicio.

**Tabla 25. Tiempo de entrega de Material –Equipamiento**

<b>TIEMPO DE INSTALACIÓN (días)</b>	
Cable	135 días
Ducto de barra	30 días

Fuente Elaboración propia

El tiempo de vida útil del cable y ducto de barra, consultando a las diferentes proveedoras se ha establecido una la siguiente tabla.

**Tabla 26. Comparativo de tiempo de vida**

<b>VIDA ÚTIL</b>	
Cable	20 días
Ducto de barra	45 días

Fuente Elaboración propia

De esta manera el valor de depreciar en base al costo de adquisición pierde su vida útil a través del tiempo. Para el sistema convencional con cable alimentador representa un costo de S/. 56, 643.32 soles que llega ser un 50% de su costo actual. Mientras la depreciación con ducto de barra tiene llega a ser S/. 128, 736.91 soles 78%.

**Tabla 27. Depreciación de cable**

**Vida Útil**

Cable		S/. 113,286.64	20
AÑO	DEPRECIACIÓN	DEPRECIACIÓN ACUMULADA	VALOR NETO
1	S/. 5,664.33	S/. 5,664.33	S/. 107,622.31
2	S/. 5,664.33	S/. 11,328.66	S/. 101,957.98
3	S/. 5,664.33	S/. 16,993.00	S/. 96,293.65
4	S/. 5,664.33	S/. 22,657.33	S/. 90,629.31
5	S/. 5,664.33	S/. 28,321.66	S/. 84,964.98
6	S/. 5,664.33	S/. 33,985.99	S/. 79,300.65
7	S/. 5,664.33	S/. 39,650.33	S/. 73,636.32
8	S/. 5,664.33	S/. 45,314.66	S/. 67,971.99
9	S/. 5,664.33	S/. 50,978.99	S/. 62,307.65
10	S/. 5,664.33	S/. 56,643.32	S/. 56,643.32

Fuente Elaboración propia

**Tabla 28. Depreciación de Ducto de Barra**

Ducto de barra		S/. 165,518.89	45
AÑO	DEPRECIACIÓN	DEPRECIACIÓN ACUMULADA	VALOR NETO
1	S/. 3,678.20	S/. 3,678.20	S/. 161,840.69
2	S/. 3,678.20	S/. 7,356.40	S/. 158,162.49
3	S/. 3,678.20	S/. 11,034.59	S/. 154,484.30
4	S/. 3,678.20	S/. 14,712.79	S/. 150,806.10
5	S/. 3,678.20	S/. 18,390.99	S/. 147,127.90
6	S/. 3,678.20	S/. 22,069.19	S/. 143,449.70
7	S/. 3,678.20	S/. 25,747.38	S/. 139,771.51
8	S/. 3,678.20	S/. 29,425.58	S/. 136,093.31
9	S/. 3,678.20	S/. 33,103.78	S/. 132,415.11
10	S/. 3,678.20	S/. 36,781.98	S/. 128,736.91

Ducto de barra		S/. 165,518.89	45
AÑO	DEPRECIACIÓN	DEPRECIACIÓN ACUMULADA	VALOR NETO
1	S/. 3,678.20	S/. 3,678.20	S/. 161,840.69
2	S/. 3,678.20	S/. 7,356.40	S/. 158,162.49
3	S/. 3,678.20	S/. 11,034.59	S/. 154,484.30
4	S/. 3,678.20	S/. 14,712.79	S/. 150,806.10
5	S/. 3,678.20	S/. 18,390.99	S/. 147,127.90
6	S/. 3,678.20	S/. 22,069.19	S/. 143,449.70
7	S/. 3,678.20	S/. 25,747.38	S/. 139,771.51
8	S/. 3,678.20	S/. 29,425.58	S/. 136,093.31
9	S/. 3,678.20	S/. 33,103.78	S/. 132,415.11
10	S/. 3,678.20	S/. 36,781.98	S/. 128,736.91

Fuente Elaboración propia

En ambos casos hay pérdida de energía, que se hallara mediante la caída de tensión, la corriente promedio consumida y el tiempo. Con respecto a este perdido se tendría que evaluar para cada tablero, es decir hallar la caída de tensión en cada tablero de emergencia de cada piso, teniendo en cuenta para el comparativo es desde la tablero TD-E para el diseño convencional y T-GE para sistema de ducto de barra hasta la llegada de cada caja de derivación de cada piso.

**Tabla 29. Caída de tensión con cable alimentador a cada nivel de piso**

Piso	Potencia (W)	Tensión (V)	f.p	In (A)	Id (A)	ITM	N. Ternas	L (m)	S (mm <sup>2</sup> )	LT (mm <sup>2</sup> )	Caída (V%)
TE-D2	18.68	220	0.85	57.67	72.09	3x80A	1	131.92	70	16	1.50%
TE-D3	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	128.67	50	10	1.48%
TE-D4	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	125.42	50	10	1.44%
TE-D5	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	122.17	50	10	1.41%
TE-D6	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	118.92	35	10	1.96%
TE-D7	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	115.67	35	10	1.90%
TE-D8	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	112.42	35	10	1.85%
TE-D9	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	109.17	35	10	1.80%
TE-D10	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	105.92	35	10	1.74%
TE-D11	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	102.67	35	10	1.69%
TE-D12	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	99.42	35	10	1.64%
TE-D13	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	96.17	35	10	1.58%
TE-D14	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	92.92	35	10	1.53%
TE-D15	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	89.67	35	10	1.48%
TE-D16	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	86.42	25	10	1.99%
TE-D17	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	83.17	25	10	1.92%
TE-D18	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	79.92	25	10	1.84%
TE-D19	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	76.67	25	10	1.77%
TE-D20	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	73.42	25	10	1.69%
TE-D21	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	70.17	25	10	1.62%
TE-D22	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	66.92	25	10	1.54%
TE-D23	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	63.67	25	10	1.47%
TE-D24	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	60.42	25	10	1.39%
TE-D25	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	57.17	25	10	1.32%
TE-D26	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	53.92	25	10	1.24%
TE-D27	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	50.67	25	10	1.17%
TE-D28	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	47.42	25	10	1.09%
TE-D29	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	44.17	25	10	1.02%
TE-D30	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	1	40.92	25	10	0.94%

Fuente Elaboración propia

La caída de tensión total para el sistema convencional de cable desde cada nivel de cada piso desde el tablero TE- D2 al tablero TE-D30 es de 45.00 % y la corriente promedio es de 42.35. Con ello la Potencia de perdida vendría a ser es de 4, 192.51 W.

**Tabla 30. Caída de tensión con sistema de ducto de barra**

Piso	Potencia (W)	Tensión (V)	f.p	In (A)	Id (A)	ITM	L (m)	Ducto de Barra	f.c.t K	Caída (V%)
TE-D2	18.68	220	0.85	57.67	72.09	3x80A	123.75	800 A	55.1	1.22%
TE-D3	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	120.5	800 A	55.1	1.18%
TE-D4	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	117.25	800 A	55.1	1.15%
TE-D5	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	114	800 A	55.1	1.12%
TE-D6	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	110.75	800 A	55.1	1.09%
TE-D7	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	107.5	800 A	55.1	1.06%
TE-D8	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	104.25	800 A	55.1	1.02%
TE-D9	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	101	800 A	55.1	0.99%
TE-D10	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	97.75	800 A	55.1	0.96%
TE-D11	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	94.5	1600 A	36.6	0.62%
TE-D12	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	91.25	1600 A	36.6	0.60%
TE-D13	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	88	1600 A	36.6	0.57%
TE-D14	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	84.75	1600 A	36.6	0.55%
TE-D15	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	81.5	1600 A	36.6	0.53%
TE-D16	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	78.25	1600 A	36.6	0.51%
TE-D17	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	75	1600 A	36.6	0.49%
TE-D18	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	71.75	1600 A	36.6	0.47%
TE-D19	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	68.5	1600 A	36.6	0.45%
TE-D20	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	65.25	1600 A	36.6	0.43%
TE-D21	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	62	1600 A	36.6	0.40%
TE-D22	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	58.75	1600 A	36.6	0.38%
TE-D23	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	55.5	1600 A	36.6	0.36%
TE-D24	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	52.25	1600 A	36.6	0.34%
TE-D25	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	49	1600 A	36.6	0.32%
TE-D26	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	45.75	1600 A	36.6	0.30%
TE-D27	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	42.5	1600 A	36.6	0.28%
TE-D28	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	39.25	1600 A	36.6	0.26%
TE-D29	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	36	1600 A	36.6	0.23%
TE-D30	13.54	220	0.85	41.80	52.25	3x60A	32.75	1600 A	36.6	0.21%

Fuente Elaboración propia

La caída de tensión total para el sistema de ducto de barra desde cada nivel de cada piso desde el tablero TE- D2 al tablero TE-D30 es de 18.09 % y la corriente promedio es de 42.35 A. La potencia de perdida vendría a ser es de 1, 695.84 W.

Para el sistema de emergencia entrara en funcionamiento en un corto tiempo, por ello lo estamos estableciendo una duración de dos semanas, 8 horas al día. Teniendo en cuenta la potencia calculado según la empresa proyectista de consumo inicial y un aumento en cargas futuras de 2%.

El costo de perdida en energía en 10 años en el sistema convencional con cable es de S/. 2, 857.68 soles y con el sistema de ducto de barra llega a un monto de S/. 1,155.91 soles. Se está considerando un consumo de energía de S/. 0.5558 el precio unitario.

**Tabla 31.** *Perdida de energía por caída de tensión con el sistema de ducto de barra y cable alimentador convencional*

Año	Pérdida de voltaje (V)		Potencia (kW)		Energía (kW/h)		Costo (S/.)	
	Ducto de barra	Cable	Ducto de barra	Cable	Ducto de barra	Cable	Ducto de barra	Cable
2017	19.90	98.99	1.70	4.19	189.93	469.56	105.57	260.98
2018	19.90	98.99	1.73	4.28	193.73	478.95	107.68	266.20
2019	19.90	98.99	1.76	4.36	197.61	488.53	109.83	271.53
2020	19.90	98.99	1.80	4.45	201.56	498.30	112.03	276.96
2021	19.90	98.99	1.84	4.54	205.59	508.27	114.27	282.50
2022	19.90	98.99	1.87	4.63	209.70	518.43	116.55	288.15
2023	19.90	98.99	1.91	4.72	213.90	528.80	118.88	293.91
2024	19.90	98.99	1.95	4.82	218.17	539.38	121.26	299.79
2025	19.90	98.99	1.99	4.91	222.54	550.17	123.69	305.78
2026	19.90	98.99	2.03	5.01	226.99	561.17	126.16	311.90

Fuente Elaboración propia

**Tabla 32.** Costo Total de energía en 10 años por caída de tensión

Costo (S/.)	
Ducto de barra	Cable
1,155.92	2,857.65

Fuente Elaboración propia

El espacio que se requiere en los recorridos para alimentar los tableros de emergencia tanto para el sistema de cables y sistema de ducto de barra genera una disminución de área en venta. En los 29 pisos se está generando en el sistema de cables se usará un área de 1.16 m<sup>2</sup> y sistema de ducto de barra en 0.49 m<sup>2</sup>. Las ventas de oficinas son variables de acuerdo a la zona donde se ubique, que en este caso para la zona de San Isidro están en \$ 2,390.00 dólares americanos (un sato obtenido de urbania, tipo de cambio S/. 3.27) que vendría ser aproximadamente S/. 7,815.30 por m<sup>2</sup>. El costo para sistema de cable y sistema de ducto de barra es de S/. 9,065.75 y S/. 3,830.28 respectivamente.

**Tabla 33.** Costo total de m<sup>2</sup> por sistema de ducto de barra y sistema con cable

Precio por m <sup>2</sup>	
Ducto de barra	S/. 3,830.28
Cable (bandeja)	S/. 9,065.75

Fuente Elaboración propia

El mantenimiento donde solo se revise ajustes, limpieza e informe del estado de funcionamiento, sería una vez al año como mínimo, conlleva a tener un costo. Con el sistema convencional de cable daría un costo aproximado de S/. 2,500.00 soles y para el sistema de ducto de barra da un costo menor que es S/ 1,500.00 soles. Esto es importante para incluir el costo beneficio que lo explicaremos después.

El diseño para un sistema de ducto de barra se realiza un corto tiempo, por otro lado para el sistema convencional de cable es más laborioso ya que tiendes que particularizar para cada tablero, luego realizar el

dimensionamiento de la canalización y del tablero general de emergencia para la protección y derivación de dichos circuitos alimentadores. Por estos dos casos lo vendría a realizar un Ingeniero Electricista con un salario mensual de S/. 6, 000.00 soles, es decir /. 31.25 soles la hora. El tiempo que le demandaría en realizar el diseño por el sistema convencional sería de 5 días (40 horas laborales), que vendría ser un costo de S/.1,250.00 soles y para la realización del sistema de ducto de barra le demandaría un tiempo de 2 días ( 16 horas laborales), que vendría a ser un costo de S/. 500.00 soles.

Todos estos datos nos servirán para poder realizar una tabla de resumen donde indicaremos el costo beneficio que puede traer tanto el sistema convencional por cable y el sistema de ducto de barra. Estos datos que influyen son el diseño, el material (para el sistema convencional viene a ser cable, bandeja y tableros TD-E), la instalación de mano de obra, el espacio físico que ocuparía ambos sistemas en la edificación, las pérdidas de energía que se generaría por la caída de tensión, el mantenimiento anual y la depreciación.

**Tabla 34. Costo beneficio en 10 años mediante sistema convencional con Cable**

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	TOTAL
Diseño	1250.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S/. 1,250.00
Material	161594.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S/. 161,594.45
Instalación (mano de obra)	37212.87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S/. 37,212.87
Espacio físico	9065.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S/. 9,065.75
Perdida de energía por c.d.t.	260.98	266.20	271.53	276.96	282.50	293.91	293.91	299.79	305.78	311.90	S/. 2,857.68
Mantenimiento	2500.00	2500.00	2500.00	2500.00	2500.00	2500.00	2500.00	2500.00	2500.00	2500.00	S/. 25,000.00
Depreciación Cable	107622.31	101957.98	96293.65	90629.31	84964.98	79300.65	73636.32	67971.99	62307.65	56643.32	S/. 56,643.32
	<b>319506.36</b>	<b>104724.18</b>	<b>99065.17</b>	<b>93406.27</b>	<b>87747.18</b>	<b>82094.56</b>	<b>76430.23</b>	<b>70771.77</b>	<b>65113.44</b>	<b>5955.22</b>	<b>S/. 293,629.83</b>

Fuente Elaboración propia

**Tabla 35. Costo beneficio en 10 años mediante sistema de ducto de barra**

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	TOTAL
Diseño	500.00										S/. 500.00
Material	165518.89										S/. 165,518.89
Instalación (mano de obra)	4300.00										S/. 4,300.00
Espacio físico	3830.28										S/. 3,830.28
Perdida de energía por c.d.t.	105.57	107.68	109.83	112.03	114.27	116.55	118.88	121.26	123.69	126.16	S/. 1,155.91
Mantenimiento	1500.00	1500.00	1500.00	1500.00	1500.00	1500.00	1500.00	1500.00	1500.00	1500.00	S/. 15,000.00
Depreciación Ducto de Barra	161840.69	158162.49	154484.30	150806.10	147127.90	143449.70	139771.51	136093.31	132415.11	128736.91	S/. 128,736.91
	<b>337,584.42</b>	<b>159770.17</b>	<b>156094.13</b>	<b>152418.12</b>	<b>148742.17</b>	<b>145066.26</b>	<b>141390.39</b>	<b>137714.57</b>	<b>134036.80</b>	<b>130363.07</b>	<b>S/. 319,041.99</b>

Fuente Elaboración propia

De acuerdo a las tablas 33 y 34 se puede apreciar que hay una diferencia a favor al implementar el sistema de ducto de barra. Para poder tener un beneficio al implementar el sistema de ducto de barra en el Planta Industrial de oficinas haremos una diferencia de ambas tablas con respecto a los costos que me generan.

**Tabla 36. Beneficio de ahorro mediante el sistema de ducto de barra**

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	TOTAL
Disminución por Diseño	750.00										750.00
Disminución por Material	-3924.44										-3,924.4
Disminución por Instalación	32912.8										32,912.8
Disminución por Espacio físico	5235.47										5,235.47
Disminución de Energía porc.d.t.	155.42	158.52	161.70	164.93	168.23	177.36	175.02	178.52	182.10	185.74	1,707.53
Disminución por Mantenimiento	1000.00	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	10,000.0
Disminución por depreciación	1986.13	1986.1	1986.1	1986.1	1986.1	1986.1	1986.1	1986.1	1986.1	1986.1	19,861.3
	<b>36129.32</b>	<b>1158.52</b>	<b>1161.70</b>	<b>1164.93</b>	<b>1168.23</b>	<b>1177.36</b>	<b>1175.02</b>	<b>1178.52</b>	<b>1182.10</b>	<b>1185.74</b>	<b>66,542.77</b>

Fuente Elaboración propia

La disminución del costo por diseño es por el tiempo que se demora realizando los cálculos los cual genera un beneficio de S/. 750.00 soles. En el material tenemos un costo que me genera un monto negativo de S/3, 924.44 soles, es decir que hasta la actualidad el suministro de ducto de barra todavía es más costoso con respecto a la sumatoria del costo de suministro de cables de cobre, bandeja metálica porta cable y el tablero de emergencia.

La instalación nos da un monto de S/. 32, 912.87 soles, esto indicaría que es más beneficioso el instalar el sistema de ducto de barra por su ahorro en mano de obra, que parte de ello está involucrado el tiempo de instalación que sería beneficioso para realizar otras actividades en ese tiempo ahorrado. De esta manera sería compensado el costo del suministro de ducto de barra ya que se compensaría en el momento de la instalación. En ambos sistemas habrá una caída de tensión que ellos conllevan un costo por la pérdida de tensión, que para este tipo de edificación es relevante este parámetro. El consumo de energía por la caída de tensión generada viene a ser un ahorro importante que en 10 años generara un monto de S/. 1, 707.53 soles. También se ahorra de S/. 10,000.00 soles en 10 años por parte del mantenimiento. La depreciación del de ducto de barra es mayor en 28% que cable en diez años se tendría un costo beneficio de S/. 19, 861.35. Esto conlleva a tener un beneficio total de S/ 66, 292.70 soles en un tiempo de 10 años implementando el sistema de ducto de barra.

## CONCLUSIONES

- ✓ La capacidad de consumo de energía eléctrica de las oficinas desde el piso 2 al piso 30 de la Planta Industrial, han sido calculadas considerando las diferentes cargas y las fórmulas correspondientes para el cálculo de la máxima demanda, cuyos resultados se muestran en las tablas del 4 al 10; siendo una constante de consumo el valor de: **397.8 KW**.
  
- ✓ Es necesario resaltar que las cargas trabajan con un factor de simultaneidad de 0.3.
  
- ✓ Dimensionamiento de conductores eléctricos se explica todos los criterios y normas para determinar la sección de los conductores para la potencia requerida del tablero T-DB30 y en la tabla 24 se detalla para cada tablero de emergencia del piso 2 al piso 30, teniendo como sección mínima de  $25 \text{ mm}^2$  y máxima de  $70 \text{ mm}^2$ .
  
- ✓ De la misma manera los criterios para dimensionar el sistema de ducto de barra consideran la potencia requerida para los tableros de emergencia desde el piso 2 al piso 30 emergencia para lo cual se ha considerado dos circuitos Ducto de Barra 01 y Ducto de Barra 02

con capacidad de 1600 A y 800 A La elección de dos sistemas de ducto de barra es por una mejor dimensionamiento y costo. En consecuencia la implementación del sistema de ducto de barra en el sistema de emergencia es más eficiente técnica y económicamente frente al sistema convencional con cable.

- ✓ Finalmente se ha logrado mejorar el sistema de distribución de eléctrica en el sistema de emergencia. Obteniendo mejores características técnicas en el sistema, además de mejorar la eficiencia energética y los costos con la implementación del sistema de ducto de barra en el sistema de emergencia. De esta manera la implementación de ducto de barra en la Planta Industrial ha llegado a ser una mejora, por su simpleza de instalación, seguridad al ser compacto, menor tiempo en instalación, flexibilidad de cargas futuras y menor costo total.

## RECOMENDACIONES

- En la Planta Industrial y sus diversas áreas, se puede determinar la energía requerida para el sistema de emergencia. De esta manera energizar con el sistema de ducto de barra.
- La Urbanización está en crecimiento en la capital, por ello la demanda de la energía tiende a crecer. Para ello la distribución eléctrica no tendría que ser ajeno, por lo cual los ductos de barra dan esa factibilidad para considerar esas cargas futuras teniendo en cuenta la capacidad de amperaje que pueda transportar y son una menor caída de tensión.
- Para un mantenimiento o alguna falla en el sistema, podrían ser difícil de encontrar y dar pronto la solución, debido a sus largos recorridos refiriendo a los alimentadores principales, los ductos de barra podrían determinar en menor tiempo las fallas.
- Las Plantas Industriales en la capital buscan maximizar el área para que se pueda alquilar o comprar el sistema de ducto de barra se transporta sin perjudicar los estándares de calidad, seguridad y capacidad de carga a considerar.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ❖ Código Nacional de Electricidad Tomo V.(2011). Sistema de Utilización. [distribucion-de-energia](#)
- ❖ Fecora. (2017).Recuperado <http://www.feroca.com/es/8-resinas-epoxi>
- ❖ Juárez J.D. (1995). Sistema de distribución de Energía. México. Editorial San Serif Editores 1 Edición.
- ❖ Legrand (2016), sistema de Ducto de barras-Múltiples soluciones para distribución de energía.
- ❖ Litis. (2017). Traducciones de términos arquitectónicos y de construcción.
- ❖ Liyuen M. (2014).Especificaciones técnicas Edificio de Oficina Planta Industrial Fórum REv.0.
- ❖ Manelsa, ducto de barra, encontrado el 2 de febrero 2017. Recuperado de <http://manelsa.com.pe/noticias/ducto-barra-bus-way-sistema-de->
- ❖ Mariano. (2011). Tecnologías de Pasticos. Recuperado <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.pe/2011/05/pet.html>
- ❖ Merentes M. Karla V. (2012). Instalaciones en ductos de barra para la distribución eléctrica en baja tensión por la empresa ductobarra. Tesis para el Título de Ingeniero Electricista, Universidad Simón Bolívar, Sartenejas.

- ❖ Nilsson W.J, Riedel, S.A. (2005). Libro circuitos eléctricos. Madrid. Editorial Pearson, 7 ediciones. [proteccion-ip.html](#)
- ❖ Recuperado <http://www.parro.com.ar/definicion-de-bandeja+de+cables>
- ❖ Rein Medical. (2016).Recuperado <http://www.reinmedical.com/es/conocimientos-tecnologia/clases-de>
- ❖ Sistema S10 (S10). (2010). Recuperado de <https://www.s10peru.com/presupuestos.html>
- ❖ Solano Vacas Roberto Alexander (2015). Modelo de una normativa para el uso de electrobarras como sistema de distribución de energía eléctrica en Planta Industrial corporativos y de viviendas. Tesis para el Título de Ingeniero Eléctrico, Universidad Politécnica Salesiana, Quito.