

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DESARROLLO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DEL CENTRO
INTEGRAL PASEO LA CASTELLANA**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Percy F., Paz F.
para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2012

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DESARROLLO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DEL CENTRO INTEGRAL PASEO LA CASTELLANA

Prof. Guía: Ing. Alexander Cepeda
Tutor Industrial: Ing. Pedro Luis Díaz

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Percy F., Paz F.
para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2012

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 08 de noviembre de 2012

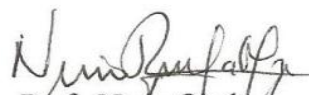
Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Percy F. Paz F., titulado:

“DESARROLLO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO INTEGRAL PASEO LA CASTELLANA”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención Potencia, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.


Prof. Rafael Malpica
Jurado


Prof. Alexander Cepeda
Prof. Guía


Prof. Nereo Ojeda
Jurado

Paz F., Percy F.

DESARROLLO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DEL CENTRO INTEGRAL PASEO LA CASTELLANA

**Prof. Guía: Ing. Alexander Cepeda. Tutor Industrial: Ing. Pedro Luis Díaz.
Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica.
Ingeniero Electricista. Opción: Potencia. Empresa: Electribell, C.A. 2012. 144 h.**

Palabras Claves: Demanda eléctrica, Consumo energético, Canalizaciones.

Resumen. En el año 2010, se realizó un primer estudio de la demanda eléctrica del complejo Paseo La Castellana, obteniendo un total de 18 MVA. Este valor de la demanda eléctrica excedía los valores que, económicamente, los inversionistas consideraron no rentable. Debido a esta razón, el complejo fue rediseñado arquitectónicamente, obteniendo como resultado cinco plantas de sótanos, dos torres de oficinas, un hotel y un centro cultural encargado de establecer la comunicación entre los tres edificios. Al estimar la demanda eléctrica del centro integral se debe verificar que no supere los 10 MVA, por lo que se debe contemplar un buen planteamiento del proyecto y considerar el enlace de todos los sub proyectos involucrados, tales como los mecánicos, sanitarios, incendio, entre otros. La demanda eléctrica estimada cumple con el objetivo específico de no superar los 10 MVA, logrando obtener el suministro eléctrico por parte de la Electricidad de Caracas, C.A. Además se presentaron técnicas de ahorro de consumo energético que pudieran ser empleadas tanto en este como en futuros proyectos y así crear conciencia sobre el consumo energético ya que resulta en un impacto al medio ambiente.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CONSTANCIA DE APROBACION.....	III
RESUMEN.....	IV
INDICE GENERAL.....	V
INDICE DE TABLAS.....	VIII
INDICE DE FIGURAS Y/O GRAFICAS.....	XI
SIGLAS.....	XII
CAPÍTULO I.....	1
1.- Introducción.....	1
1.1.- Introducción.....	1
1.2.- Justificación.....	2
1.3.- Antecedentes.....	2
1.4.- Objetivos.....	3
1.4.1- Objetivo general.....	3
1.4.2- Objetivos específicos.....	3
CAPÍTULO II.....	4
2.- Marco referencial teórico.....	4
2.1.- Estimación de carga.....	4
2.1.1.- Demanda máxima.....	4
2.1.2.- Factor de demanda.....	5
2.1.3.- Factor de diversidad.....	5
2.1.4.- Factor de simultaneidad.....	6

2.1.5.- Factor de reserva.....	7
2.2.- Canalizaciones	7
2.3.- Conductor.....	7
2.3.1.- Conductividad eléctrica	8
2.3.2.- Materiales.....	8
2.3.3.- Características físicas.....	9
2.3.4.- Aislamiento.....	9
2.3.5.- Calibre.....	10
2.3.5.1.- Conductor de fase	12
2.3.5.1.1.- Capacidad de corriente.....	12
2.3.5.1.2.- Caída de tensión.....	14
2.3.5.1.3.- Capacidad de cortocircuito	16
2.3.5.2.- Conductor de neutro.....	17
2.3.5.3.- Conductor de puesta a tierra	17
2.4.- Cajas de paso o de salida	20
2.5.- Tuberías	20
2.5.1.- Tuberías tipo “EMT”	21
2.5.2.- Tuberías tipo “PVC”	22
2.5.3.- Tuberías tipo “IMC”	22
2.6.- Protecciones.....	22
2.6.1.- Criterios de selección de las protecciones	23
2.6.1.1.- Cargas continuas y no continuas.....	23
2.6.1.2.- Motores	23
2.7.- Tableros	25

2.7.1.- Tableros NLAB.....	25
2.7.2.- Tableros NAB	26
2.7.3.- Tableros NHB	27
2.8.- Centros de medición.....	28
CAPÍTULO III.....	29
3.- Metodología.....	29
3.1.- Descripción del caso de estudio.....	29
3.1.1.- Sótanos.....	30
3.1.2.- Torres de oficinas este y oeste	33
3.1.3.- Hotel.....	36
3.1.4.- Centro Cultural.....	37
3.2.- Selección de alimentadores, protecciones y tuberías.....	39
CAPÍTULO IV.....	40
4.- Resultados.....	40
4.1.- Sótanos.....	40
4.2.- Torres de oficinas este y oeste	49
4.3.- Hotel.....	59
4.4.- Centro Cultural	74
4.5.- Demanda del complejo	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82
BIBLIOGRAFÍA.....	83
ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Superficie transversal de conductores AWG.....	11
Tabla 2.2. Superficie transversal de conductores kcmil.....	11
Tabla 2.3. Capacidad de cortocircuito para los conductores derivados.....	16
Tabla 2.4. Conductor del electrodo de puesta a tierra.....	18
Tabla 2.5. Calibre mínimo para conductores de puesta a tierra de canalizaciones y equipos.....	19
Tabla 2.6. Porcentaje de la sección transversal de conductos y tuberías para conductores.....	21
Tabla 2.7. Régimen máximo o ajuste de los dispositivos de protección de cortocircuito y falla a tierra de los circuitos ramales de los motores.....	24
Tabla 3.1. Área de los Sótanos.....	30
Tabla 3.2. Ventiladores utilizados en sótano norte.....	32
Tabla 3.3. Ventiladores utilizados en sótano sur.....	32
Tabla 3.4. Características eléctricas de los ventiladores en los sótanos.....	33
Tabla 3.5. Características eléctricas de las bombas.....	33
Tabla 3.6. Áreas de oficinas por torres.....	34
Tabla 3.7. Especificación de cargas de servicios en torres de oficinas.....	35
Tabla 3.8. Especificación de cargas del hotel.....	37
Tabla 3.9. Especificación de cargas del Centro Cultural.....	38
Tabla 4.1. Iluminación preferencial de los sótanos.....	41
Tabla 4.2. Salida para lámparas de emergencia.....	41
Tabla 4.3. Cargas de tipo motor.....	42

Tabla 4.4. Demanda de los servicios preferenciales de los sótanos.....	42
Tabla 4.5. Demanda total de los tableros principales en sótanos.....	42
Tabla 4.6. Conductores y protecciones de los tableros de los sótanos.....	47
Tabla 4.7. Áreas en m ² de las zonas de la Torre Este.....	49
Tabla 4.8. Áreas en m ² de las oficinas y cantidades en la Torre Este.....	49
Tabla 4.9. Cargas diversas de la Torre Este.....	50
Tabla 4.10. Unidades de manejo de aire en las oficinas de la torre este.....	50
Tabla 4.11. Carga de iluminación de ambientes diversos de la torre este.....	51
Tabla 4.12. Consumo de equipos de oficina.....	52
Tabla 4.13. Carga de tomacorrientes por unidad de área (11 VA/m ²) en torre este.....	52
Tabla 4.14. Total kVA por transformadores en oficinas.....	53
Tabla 4.15. Demanda de tomacorrientes en pasillos de la torre este.....	53
Tabla 4.16. Demanda de los ascensores en torre este.....	54
Tabla 4.17. Unidades de manejo de aire de los pasillos de la torre este.....	54
Tabla 4.18. Demanda del sistema asociado al chiller de la torre este.....	54
Tabla 4.19. Demanda de la Torre Este.....	55
Tabla 4.20. Demanda total Torre Oficinas Este.....	56
Tabla 4.21. Demanda total Torre Oficinas Oeste.....	56
Tabla 4.22. Conductores y protecciones de tableros de la torre este.....	57
Tabla 4.23. Conductores y protecciones de tableros de la torre oeste.....	58
Tabla 4.24. Áreas en m ² de los distintos ambientes del hotel.....	59
Tabla 4.25. Cargas diversas del Hotel.....	60
Tabla 4.26. Carga de iluminación de ambientes diversos del hotel.....	60

Tabla 4.27. Carga de tomacorrientes de las habitaciones del hotel.....	61
Tabla 4.28. Carga de tomacorrientes en pasillos del hotel.....	61
Tabla 4.29. Carga de tomacorrientes de lavandería.....	62
Tabla 4.30. Carga de tomacorrientes en el restaurante.....	62
Tabla 4.31. Demanda de ascensores en el hotel.....	63
Tabla 4.32. Unidades de manejo de aire en habitaciones.....	63
Tabla 4.33. Cargas diversas del restaurante.....	63
Tabla 4.34. Demanda de las cargas en la lavandería.....	64
Tabla 4.35. Demanda del sistema asociado al chiller del hotel.....	64
Tabla 4.36. Demanda del Hotel.....	65
Tabla 4.37. Demanda total del Hotel.....	66
Tabla 4.38. Conductores y protecciones de tableros del hotel.....	67
Tabla 4.39. Consumo de sistema de aire acondicionado (Chiller).....	68
Tabla 4.40. Carga por iluminación de los pasillos del Centro Cultural.....	75
Tabla 4.41. Salidas para iluminación en escaleras del Centro Cultural.....	75
Tabla 4.42. Salidas de lámparas de emergencia del Centro Cultural.....	76
Tabla 4.43. Demanda de los ascensores preferenciales del Centro Cultural.....	76
Tabla 4.44. Demanda de los servicios preferenciales del Centro Cultural.....	76
Tabla 4.45. Demanda total del Centro Cultural.....	77
Tabla 4.46. Demanda total del complejo en kVA.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS Y/O GRAFICAS

Figura 2.1. Circuito de alimentación de una carga.....	15
Figura 4.1. Diagrama vertical de los servicios generales en Sótanos.....	42
Figura 4.2. Diagrama vertical de los servicios preferenciales en Sótanos.....	43
Grafica 4.1. Demanda eléctrica de los sectores del complejo.....	53

SIGLAS

A	Ampere.
A/A	Aire Acondicionado.
AWG	(American Wire Gauge) Normas Americanas de Cableado.
EMT	(Electrical Metallic Tubing). Tubería Metálica Eléctrica.
HP	(Horse Power) Caballo de fuerza.
IMC	(Intermediate Metal Conduit). Tubo metálico intermedio.
kA	Kilo Ampere
kV	Kilo Volt
kVA	Kilo Volt Ampere
kW	Kilo Watt
LED	(Light Emitting Diode) Diodo Emisor de Luz.
MVA	Mega Volt Ampere
PVC	Policloruro de Vinilo
UL	Underwriters Laboratories Inc.
V	Volt
VA	Volt Ampere
W	Watt
ΔV	Caída de tensión

CAPÍTULO I

1.-INTRODUCCIÓN

1.1.- Introducción

Las instalaciones eléctricas forman parte fundamental del desarrollo de cualquier construcción residencial, industrial, comercial, etc. Dichas instalaciones abarcan dos grupos básicos: la iluminación y la fuerza. La iluminación abarca luminarias, postes, entre otras, mientras que la fuerza consiste en motores, tomacorrientes, bombas, equipos de aire acondicionado, entre otras.

Las instalaciones eléctricas deben distribuir la energía eléctrica a los equipos conectados de una manera segura y eficiente. Para poder realizar esto, existen ciertas normas y criterios (Ejemplo: Código Eléctrico Nacional, CEN [2]) donde se detalla la normativa para la planificación y puesta en servicio de un proyecto. Las características primordiales que debe poseer una instalación eléctrica son:

- **Confiable:** Cumplir con el objetivo para el que fueron diseñados.
- **Eficiente:** Debe ser realizado con el mínimo de recursos posibles.
- **Económica:** El costo final debe ser acorde a las necesidades a satisfacer.
- **Flexible:** Susceptible a modificaciones futuras con la mayor facilidad posible.
- **Simple:** Facilitando la operación y el mantenimiento.
- **Segura:** Garantizando la seguridad de las personas e inmuebles durante su operación.

El Centro Integral Paseo La Castellana será el objetivo de este trabajo, considerando los aspectos anteriormente mencionados, pero también teniendo en cuenta el primer estudio que se realizó al complejo, con el cual se determinó que la demanda eléctrica estimada del complejo superaba, económicamente, la expectativa de los inversionistas. Por esta razón, el complejo fue rediseñado arquitectónicamente, obteniendo como resultado cinco plantas de sótanos, dos torres de oficinas, un hotel y un centro cultural encargado de establecer la comunicación entre los tres edificios.

1.2.- Justificación

El Centro Integral Paseo La Castellana es un desarrollo de oficinas/hotel que será construido entre la Av. Francisco de Miranda con la Av. Eugenio Mendoza o también conocida como Avenida principal de la Urb. La Castellana, Municipio Chacao, Caracas. Consta de una superficie de construcción de 16.000 m².

Desde el punto de vista de ingeniería, para realizar una construcción de esta índole, se debe contemplar un buen planteamiento del proyecto, y considerar el enlace de todos los sub proyectos involucrados, tales como los mecánicos, sanitarios, incendio, entre otros.

1.3.- Antecedentes

En el año 2010, se realizó un primer estudio de la demanda eléctrica del complejo Paseo La Castellana, obteniendo un total de 18 MVA. Este valor de la demanda eléctrica excedía los valores que, económicamente, los inversionistas consideraron no rentable. Debido a esta razón, el complejo fue rediseñado arquitectónicamente.

1.4.- Objetivos

1.4.1- Objetivo general

Desarrollar las instalaciones eléctricas del Centro Integral Paseo La Castellana.

1.4.2- Objetivos específicos

1. Recopilar información técnica de las normas y criterios para el desarrollo de instalaciones eléctricas.
2. Definir los tipos y cantidad de equipos que contendrá el Centro Integral Paseo La Castellana, tales como iluminación, tomacorrientes, bombas, extractores, entre otras.
3. Estimar la demanda eléctrica y verificar que no supere los 10 MVA.
4. Calcular los alimentadores de cada carga y realizar su debida canalización.
5. Organizar los bloques de carga hacia un sistema de control para su verificación y monitoreo de la demanda total del complejo.
6. Seleccionar los tableros y protecciones.

CAPÍTULO II

2.-MARCO REFERENCIAL TEÓRICO

2.1.- Estimación de carga

Es la etapa primordial para el desarrollo de un proyecto de instalaciones eléctricas. Con esto se obtiene una aproximación del comportamiento de la carga conectada al sistema.

Entre los factores que influyen en el diseño para obtener una aproximación de la carga, se tienen:

2.1.1.- Demanda máxima

Representa un valor instantáneo en el tiempo en el que todas las cargas eléctricas conectadas coinciden en operación. Éste el principal valor para la selección de los calibres de los conductores y la capacidad del interruptor.

Ésta generalmente se representa en kilo Volt-Ampere, Ampere o Watt, y en el caso de los motores se puede representar en caballos de fuerza (HP).

2.1.2.- Factor de demanda

Es la relación entre la demanda máxima del sistema y la carga total instalada al mismo sistema.

La expresión para su cálculo es:

$$F_{Dem} = \frac{D_{max}}{D_{inst}}$$

Dónde:

F_{Dem} = Factor de Demanda del sistema

D_{max} = Demanda Máxima del sistema

D_{inst} = Demanda total instalada en el sistema

2.1.3.- Factor de diversidad

Es la relación de la sumatoria de las demandas máximas individuales de un grupo de cargas y la demanda máxima del sistema eléctrico instalado. Éste es un valor adimensional y mayor o igual a uno.

La expresión para su cálculo es:

$$F_{Div} = \frac{\sum D_{Maxind}}{D_{Maxtotal}}$$

Dónde:

F_{Div} = Factor de Diversidad

D_{Maxind} = Demanda máxima de las cargas individuales

$D_{Maxtotal}$ = Demanda máxima total del sistema

2.1.4.- Factor de simultaneidad

La operación simultánea de todas las cargas de un sistema es poco probable que ocurra, por lo que el consumo real es menor al total de las cargas conectadas. Su expresión viene dada por:

$$F_{Sim} = \frac{1}{F_{Div}}$$

Dónde:

F_{Sim} = Factor de Simultaneidad

F_{Div} = Factor de Diversidad

Este factor es utilizado para obtener la demanda máxima del grupo de cargas individuales y poder establecer la capacidad del, o de los transformadores que van a alimentar las cargas específicas de un alimentador.

2.1.5.- Factor de reserva

Este factor debe ser estimado de acuerdo a las extensiones previstas de la instalación, no obstante en caso de no disponerse de información precisa, se recomienda considerar, como mínimo, un 20% de reserva para ampliaciones futuras.

El CEN, en su sección 90.8, establece que al dejar canalizaciones de reserva y otros espacios adicionales en los centros de distribución, se permitirá el incremento del uso de la electricidad, así como la comodidad de operación y accesibilidad.

2.2.- Canalizaciones

Según el CEN, sección 100, se define como el canal cerrado de materiales metálicos o no, diseñado para sostener conductores, cables o barras. Estas pueden ser a la vista, embutidas (no accesible en forma directa), ocultas (accesibles en toda su extensión) o subterráneas.

2.3.- Conductor

Se define como el material metálico adecuado para el transporte de corriente eléctrica. Los conductores pueden tener formas de alambre, cable, varillas, platinas, tubos o barras.

2.3.1.- Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es la propiedad que posee un cuerpo de permitir el paso de la corriente eléctrica a través de sí, y a su vez varía con la temperatura.

La conductividad es la inversa de la resistividad, por lo tanto:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Su unidad es el S/m (siemens por metro).

2.3.2.- Materiales

De acuerdo a los componentes del material de su aleación (Aluminio, cobre, entre otros), el conductor tendrá una conductividad que lo caracteriza.

El uso de uno y otro material como conductor, dependerá de sus características eléctricas (capacidad para transportar la electricidad), mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad), del uso específico que se le quiera dar y del costo del mismo.

2.3.3.- Características físicas

Un conductor puede estar formado por un hilo (unifilar) o varios hilos (multifilar).

Las ventajas de un conductor trenzado (multifilar) es que ofrece una mayor resistencia mecánica y flexibilidad para el manejo. Sin embargo, al trenzarlos aumenta la longitud, y por ende, aumenta la resistencia del mismo.

Actualmente se utilizan cables tipo trenzados para facilitar el manejo en el proceso de instalación.

2.3.4.- Aislamiento

Su función es evitar contactos involuntarios del cable con partes energizadas y encerrar la corriente eléctrica en el conductor. El aislamiento varía según la aplicación que se requiera. En canalizaciones eléctricas, los aislantes más utilizados son TW, THW y TTU. La letra T es un indicativo de que el material es termoplástico.

- a- TW: resistente a la humedad para uso general.
- b- THW: resistente a la humedad y retardante de la llama.
- c- TTU: se utiliza para acometidas residenciales y redes subterráneas con temperaturas de trabajo de 75°C.

Existen otros tipos de aislamiento de polímero que se identifican con la letra R. Ejemplo de estos son: RW, RHW, RH, RHH, entre otros.

El aislamiento a escoger corresponderá de acuerdo a las condiciones a los cuales el conductor estará sometido. Estos aspectos son de tipo mecánico, químico y eléctrico.

Dentro de los aspectos mecánicos nos encontramos con la manipulación del conductor cuando se desempaca, maneja y/o se instala.

La humedad, hidrocarburos, ácidos, entre otros, son agentes químicos a considerar.

Eléctricamente el aislamiento estará determinado por el nivel de tensión al cual el conductor estará sometido en condiciones de operación.

2.3.5.- Calibre

Los conductores se identifican mediante un número (calibre), tomando como referencia la designación AWG (American Wire Gauge). Los tamaños de los conductores se identifican por su sección en milímetros cuadrados, y cada tamaño corresponde a un número específico que va de menor a mayor, siendo el máximo el 4/0 (con un área de 107 mm²). En caso de tener un área mayor, se aplica una unidad denominada “*Circular Mil*” (CM). El Circular Mil (CM) se define como el área de la sección normal de un conductor que posee una milésima de pulgada de diámetro (0,001”).

Tabla 2.1. Superficie trasversal de conductores AWG.

Calibre (AWG)	Área (mm²)
14	2,08
12	3,31
10	5,27
8	8,35
6	13,30
4	21,20
2	33,60
1/0	53,50
2/0	67,40
3/0	85
4/0	107

Tabla 2.2. Superficie trasversal de conductores kcmil.

Calibre (kcmil)	Área (mm²)
250	126,644
350	177,354
500	253,354

Los conductores de los circuitos alimentadores de las diversas cargas conectadas, antes de cumplir con los requisitos de capacidad de corriente, caída de tensión y capacidad de cortocircuito, tendrán una capacidad permisible no menor que la suma de las cargas no continuas más el 125% de las cargas continuas. Esto lo establece el CEN en su sección 215.2(A) (1).

2.3.5.1.- Conductor de fase

El número de calibre a utilizar se realiza mediante tres criterios: Cálculo por capacidad de corriente (ampacidad), cálculo por caída de tensión y cálculo por capacidad de cortocircuito.

2.3.5.1.1.- Capacidad de corriente

Se define como la magnitud de corriente (ampere) que un conductor puede transportar en forma continua, sin exceder su temperatura de operación. A este valor de magnitud de corriente se le conoce como corriente nominal (ampacidad).

La temperatura de funcionamiento de los conductores viene determinada por diversos factores, tales como la temperatura ambiente, el calor disipado debido a la circulación de corriente, la velocidad de liberación del calor del conductor al medio ambiente y la cantidad de conductores contiguos en la canalización.

Para hallar el calibre del conductor por su capacidad de corriente, se debe calcular la corriente nominal de consumo de la carga, por lo que se utilizan las siguientes ecuaciones según sea el caso:

Cargas monofásicas 2 hilos:

$$I = \frac{P}{V_n \cdot \cos(\alpha)} \text{ A}$$

Cargas monofásicas 3 hilos:

$$I = \frac{P}{V_{linea} \cdot \cos(\alpha)} \text{ A}$$

Cargas trifásica 3 o 4 hilos:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_{linea} \cdot \cos(\alpha)} \text{ A}$$

Dónde:

P = Potencia en Watt de la carga a alimentar por el conductor

V = Voltaje

$\cos(\alpha)$ = Factor de Potencia

En la sección de anexos de este informe, se encuentran las tablas 6, 7 y 8, donde se muestran las ampacidades admisibles para los diversos tipos de conductores y factores de corrección. Para utilizar las tablas se procede de la siguiente manera:

Una vez obtenida la ampacidad según las fórmulas y condiciones del CEN, se busca en la tabla 6, un valor igual o superior inmediato de corriente para un conductor de cobre o aluminio dependiendo de las características del aislante, y así se determina la sección o calibre del conductor. No obstante, si la canalización supera los 3 conductores (portadores de corriente) o la temperatura ambiente es distinta, se multiplica la ampacidad obtenida por los factores correspondientes en las tablas 7 y 8, y con este nuevo valor de ampacidad se procede a buscar el conductor en la tabla 6.

2.3.5.1.2.- Caída de tensión

Los conductores poseen una resistencia e inductancia asociadas directamente a los materiales y geometría de fabricación (Tabla 5 en anexos). Esta impedancia del conductor es proporcional a la longitud e inversamente proporcional a la superficie transversal (calibre) del mismo. Por Ley de Ohm, se produce una caída de tensión en el conductor, es decir, a la salida del conductor tendremos una tensión menor que a la entrada, hecho que no conviene debido al daño que pueden sufrir los equipos conectados.

Según el CEN (secciones 210.19 y 215.2), los conductores de circuitos alimentadores y ramales tendrán un calibre que evite una caída de tensión mayor a un 3% para las salidas más lejanas de potencia, calefacción, iluminación o cualquier combinación de estas cargas, y también se debe evitar una caída mayor a un 5% para la salida más lejana.

En la siguiente figura se muestra el circuito de alimentación de una carga con una resistencia (R) y una reactancia (X) del conductor.

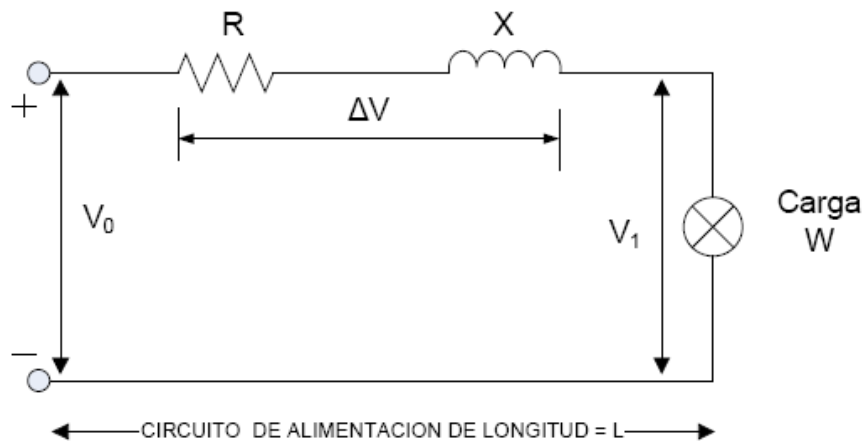


Figura 2.1 Circuito de alimentación de una carga

La caída de tensión en el conductor que se muestra en la figura 2.1, se puede expresar como:

$$\Delta V = I \cdot L \cdot Z_e$$

Dónde:

I = Corriente que circulará por el conductor.

L= Longitud del conductor.

Z_e = Impedancia efectiva. [Ω/km]

La impedancia efectiva viene dada por la siguiente expresión:

$$Z_e = \sqrt{(R \cdot F_p)^2 + (X_l \cdot \text{Sen}(\arccos F_p))^2}$$

Dónde:

R= Resistencia.

X_l = Reactancia.

F_p = Factor de potencia.

Los valores de resistencia y reactancia (ohmios por km), dependiendo del calibre del conductor, se encuentran en el CEN en la tabla 9, capítulo 9. La tabla la podremos conseguir en la sección de anexos (Tabla 5).

2.3.5.1.3.- Capacidad de cortocircuito

Al presentarse un cortocircuito, se produce un aumento considerable de la corriente que circula por los conductores. Las protecciones al detectar este aumento de corriente, actuarán después de un tiempo “t”, despejando la falla. El conductor se debe seleccionar de tal forma que soporte esta corriente de cortocircuito durante el tiempo “t”.

A continuación en la tabla 2.3, se presentan las formulas asociadas a este método, según CEN (tabla 240.92 (B)).

Tabla 2.3. Capacidad de cortocircuito para los conductores derivados.

Fórmula para conductores de cobre	Fórmula para conductores de aluminio
$(I^2/A^2)T=0.0297\log[(T2+234)/(T1+234)]$	$(I^2/A^2)T=0.0125\log[(T2+234)/(T1+234)]$

Donde:

I= Corriente de cortocircuito en amperios.

A=Área del conductor en circular mil.

T=Tiempo del cortocircuito en segundos.

T1=Temperatura de operación del conductor en grados Celsius.

T2=Temperatura final del conductor en grados Celsius.

La temperatura final (T2) del conductor, con aislante tipo termoplástico, es de 150 grados Celsius, según el CEN (tabla 240.92 (B)). El aislante termoplástico es el más utilizado en las canalizaciones residenciales e industriales.

2.3.5.2.- Conductor de neutro

Para circuitos de 2 hilos (fase y neutro) y 3 hilos (2 fases y neutro), el calibre de los conductores de fase y neutro serán iguales, mientras que para los circuitos trifásicos (4 hilos), según el CEN en su sección 220.61, el calibre del neutro será un calibre menor al calibre de las fases, hasta una corriente de 200 A. Si la corriente de las fases sobrepasa los 200 A, se tomará como corriente de neutro la sumatoria de los primeros 200 A al 100% y el resto al 70%. Esta corriente será utilizada tanto para la selección del calibre por capacidad de corriente como por caída de tensión.

El CEN, en su sección 310.15 establece que la capacidad de corriente del neutro será la misma que la del conductor de fase para la parte de carga que corresponda a cargas no lineales alimentadas desde un sistema trifásico de cuatro hilos conectados en estrella.

2.3.5.3.- Conductor de puesta a tierra

El CEN, en su sección 250.66, hace referencia a una tabla que establece el calibre del conductor de puesta a tierra según el calibre del conductor activo. En la tabla 2.4 se expresa este contenido.

En la sección 250.122 del CEN, se establecen los calibres de los conductores de puesta a tierra de los equipos o circuitos ramales, pero en ningún caso estos conductores tendrán un calibre mayor que el conductor de fase. En la tabla 2.5 se refleja lo anteriormente mencionado.

Tabla 2.4. Conductor del electrodo de puesta a tierra

Calibre del mayor conductor activo de la acometida o área equivalente de conductores en paralelo (AWG/kcmil)		Calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra (AWG/kcmil)	
Cobre	Aluminio o aluminio revestido en cobre	Cobre	Aluminio o aluminio revestido en cobre
2 ó menor	1/0 ó menor	8	6
1 ó 1/0	2/0 ó 3/0	6	4
2/0 ó 3/0	4/0 ó 250	4	2
Sobre 3/0 hasta 350	Sobre 250 hasta 500	2	1/0
Sobre 350 hasta 600	Sobre 500 hasta 900	1/0	3/0
Sobre 600 hasta 1100	Sobre 900 hasta 1750	2/0	4/0
Sobre 1100	Sobre 1750	3/0	250

Tabla 2.5. Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.

Capacidad nominal o ajuste del dispositivo automático de sobrecorriente ubicado del lado de la alimentación no mayor de: (A)	CALIBRE DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA	
	ALAMBRE DE COBRE NRO.	ALAMBRE DE ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE NRO.
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250
1600	4/0	350
2000	250	400
2500	350	600
3000	400	600
4000	500	800
5000	700	1200
6000	800	1200

2.4.- Cajas de paso o de salida

Son ubicadas intercaladamente en el recorrido del circuito eléctrico, o al final del mismo, con el propósito de realizar derivaciones, empalmes, o la conexión de los mismos a dispositivos de protección o maniobra. Los métodos y cálculos necesarios para dimensionarlas se encuentran en la sección 314 del CEN.

2.5.- Tuberías

Se encargan de llevar y proteger los conductores. Sus dimensiones dependen del número de conductores que protege, además del espacio libre, ya que ha de disiparse el calor de los conductores. Debido a esto se establece la relación entre la sección de los conductores y la tubería, llamada factor de relleno:

$$F_R = \frac{Ac}{A} \quad 3.7$$

Donde:

F_R : Factor de Relleno

Ac : Área total de los conductores

A : Área interior de la tubería

En la tabla 1 del Capítulo 9 del CEN, se tiene el porcentaje de sección transversal de conductos y tuberías para conductores, es decir el factor de relleno multiplicado por 100%. A continuación se presenta la tabla.

Tabla 2.6. Porcentaje de la sección transversal de conductos y tuberías para conductores.

Número de Conductores	Porcentaje para todos los Tipos de conductores (%)
1	53
2	31
Más de 2	40

En los anexos (Tablas 8, 9 y 10) podremos encontrar el número máximo de conductores permitidos para las distintas medidas estándar de conductos y tuberías según el CEN.

A continuación se presentan los tipos de tuberías generalmente utilizadas en las canalizaciones eléctricas.

2.5.1.- Tuberías tipo “EMT”

Las tuberías EMT (electric metallic tubing) o tubería metálica eléctrica, están pintadas con esmalte al horno o galvanizadas. Se emplean en las canalizaciones embutidas, aunque también pueden utilizarse tuberías no metálicas (generalmente PVC) recubiertas en concreto. El capítulo 358 del CEN presenta todas las estipulaciones relacionadas con este tipo de tubería.

2.5.2.- Tuberías tipo “PVC”

Las tuberías PVC (de sus siglas en inglés) o cloruro de polivinilo, también se utilizan para canalizaciones embutidas. Este tipo de tubería es clasificada como no metálica, y debe ser auto extingible, resistente al aplastamiento, a la humedad y a ciertos agentes químicos. El capítulo 352 del CEN presenta todas las consideraciones especiales respecto a este tipo de tuberías.

2.5.3.- Tuberías tipo “IMC”

Estas tuberías IMC (de sus siglas en inglés) o conductor metálico intermedio, se emplean generalmente para instalaciones a la vista, en paredes o techos. El artículo 342 del CEN explica todas las disposiciones generales respecto a este tipo de tuberías, tales como su uso, instalación y especificaciones de fabricación.

2.6.- Protecciones

Tienen como finalidad proteger los equipos y conductores ante fallas que pudieran ocurrir tanto en los equipos como en otra parte del sistema. Las protecciones más utilizadas en una instalación eléctrica son las protecciones de sobrecorriente.

La protección de sobrecorriente tiene como objetivo abrir el circuito eléctrico cuando la corriente alcanza un valor que pudiera causar una temperatura peligrosa en los conductores. Dentro de las protecciones de sobrecorriente nos encontramos con los interruptores termomagnéticos y los fusibles, siendo los más utilizados los interruptores termomagnéticos.

2.6.1.- Criterios de selección de las protecciones

2.6.1.1.- Cargas continuas y no continuas

La protección de sobrecorriente para el circuito que alimente cargas continuas y no continuas, tendrá una capacidad no menor a la suma de las cargas no continuas más el 125% de las cargas continuas.

2.6.1.2.- Motores

Según el CEN, en su sección 430.62, cuando se trata de proteger el circuito ramal encargado de alimentar a diversas cargas de tipo motor, la corriente de diseño de protección se determina como la suma de la corriente de la protección del motor mayor, más la suma de las corrientes nominales del resto de los motores.

La protección de sobrecorriente de un motor, se calculara según lo establecido en el CEN, tabla 430.52, que expresa en tanto por ciento de la corriente nominal, la corriente instantánea de disparo y la corriente de tiempo inverso, conociendo el tipo de motor. En la tabla 2.7 se refleja lo anteriormente mencionado.

También se puede calcular la protección de sobrecorriente de un motor sabiendo el valor de la corriente de rotor bloqueado.

Tabla 2.7. Régimen máximo o ajuste de los dispositivos de protección de cortocircuito y falla a tierra de los circuitos ramales de los motores.

Tipo de Motor	Porcentaje de la corriente a plena carga			
	Fusibles		Interruptores Automáticos	
	No retardado	De dos elementos (tiempo retardado)	Disparo instantáneo	De tiempo inverso
Motores Monofásicos	300	175	800	250
Polifásicos ca, distintos de rotor bobinado	300	175	800	250
Jaula de ardilla que no sea de diseño B eficiente de energía	300	175	800	250
Diseños B eficiente de energía	300	175	1100	250
Síncronos	300	175	800	250
Rotor Bobinado	150	150	800	150
Corriente continua (tensión constante)	150	150	250	150

2.7.- Tableros

Se define como el panel o un ensamblaje de paneles que contienen un sistema de barras, el cual se divide en una cierta cantidad de circuitos, con la finalidad de distribuir la energía eléctrica a cada uno de ellos, controlados éstos por interruptores.

Los tableros pueden contener un interruptor principal, con la finalidad de desconectar la alimentación de energía eléctrica a todos los circuitos conectados en él.

Generalmente están encerrados en láminas de metal con aberturas para ventilación e inspección, y su acceso al interior se hace mediante puertas o cubiertas removibles. Estos tableros pueden incluir dispositivos de control.

Algunos tipos de tableros utilizados para alumbrado y distribución son los siguientes (fuente: <http://www.tecnocircuitoalfa.com.ve/>):

2.7.1.- Tableros NLAB

El uso principal es residencial, comercial, industrial para pequeñas cargas, protección y corte de circuitos de iluminación, tomacorrientes y cargas menores tales como: pequeños equipos de aire acondicionado, máquinas de oficinas y otros.

Características Principales:

- Interruptor Principal: Con o sin este dispositivo (400 A Máximo).
- Barras Principales de cobre electrolítico: 400 A Máximo, Desnudas o aisladas, estañadas o plateadas.
- Voltaje de Trabajo: 240-120 VAC. Máxima 60 Hz
- Servicio: 02 Fases, 03 Hilos; 02 Fases, 04 Hilos; 03 Fases, 03 Hilos; 03 Fases, 04 Hilos y 03 Fases, 05 Hilos
- Capacidad de Interrupción Máxima: 10 kA I_{cc} (rms) en 240 VAC, limitados por los circuitos ramales.
- Número de Circuitos: Desde 04 hasta 42 circuitos
- Montaje: Superficial o Embutido (empotrado)
- Protección: Nema según uso intemperie, interior o prueba de polvo.

2.7.2.- Tableros NAB

Su uso principal es industrial y comercial, protección y corte de circuitos de iluminación y pequeñas cargas de alimentadores que posteriormente son protegidos por otros dispositivos tales como: guarda motores, seccionadores y otros.

Normalmente alimentan circuitos ramales de maquinarias de pequeñas potencias las cuales poseen en forma integrada su panel de control.

Características Principales:

- Interruptor Principal: Con o sin este dispositivo (600 Amp Máxima).
- Barras Principales de cobre electrolítico: 600 Amp. Máxima, Desnudas o aisladas, estañadas o plateadas.
- Voltaje de Trabajo: 240-120 VAC. Máxima 60 Hz
- Servicio: 02 Fases, 02 Hilos; 02 Fases, 03 Hilos; 03 Fases, 03 Hilos; 03 Fases, 04 Hilos y 03 Fases, 05 Hilos
- Capacidad de Interrupción Máxima: 14 kA I_{cc} (rms) en 240 VAC, limitados por los circuitos ramales.
- Número de Circuitos: Desde 04 hasta 42 circuitos
- Montaje: Superficial o Embutido
- Protección: Nema según uso intemperie, interior o prueba de polvo.

2.7.3.- Tableros NHB

Su función principal es de protección y corte de circuitos de iluminación y pequeñas cargas de alimentadores. Normalmente alimentan circuitos ramales de alumbrado y máquinas de pequeñas potencias las cuales poseen en forma integrada su panel de control.

Características Principales:

- Interruptor Principal: Con o sin este dispositivo (600 Amp Máxima).
- Barras Principales de cobre electrolítico: 600 Amp. Máxima, Desnudas o aisladas, estañadas o plateadas.
- Voltaje de Trabajo: 480-277 VAC. Máxima 60 Hz.
- Voltaje de Aislamiento: 600 VAC, 60 Hz
- Servicio: 02 Fases, 03 Hilos; 02 Fases, 04 Hilos; 03 Fases, 03 Hilos; 04 Fases, 04 Hilos y 03 Fases, 05 Hilos
- Capacidad de Interrupción Máxima: 25 kA I_{cc} (rms) en 480 VAC, y 18 kA I_{cc} en 600 VAC limitados por los circuitos ramales.
- Número de Circuitos: Desde 04 hasta 42 circuitos
- Montaje: Superficial o Embutido (empotrado)

2.8.- Centros de medición

Los centros de medición son los espacios utilizados para la ubicación de los módulos de medición, que a su vez incluyen todos los equipos del sistema de medición y de protecciones necesarias del sistema eléctrico. Se debe garantizar libre acceso para la compañía eléctrica encargada de realizar la medición.

El CEN en su sección 110, parte IV y V, establece los criterios para el dimensionamiento de los espacios encerrados en los cuales se requiere entrada de personal para su inspección y mantenimiento.

CAPÍTULO III

3.-METODOLOGÍA

3.1.- Descripción del caso de estudio

El conjunto paseo la castellana estará alimentado mediante un arreglo de circuito doble preferencial con respaldo, a una tensión de 12,47 kV, provista por la Electricidad de Caracas. Los dos circuitos llegaran por la parte norte del complejo, derivándose hacia los transformadores de la parte sureste y suroeste. Estas acometidas provienen desde las subestaciones El Rosal y La Castellana, los cuales aportarán dos circuitos cada subestación, un circuito general y uno de respaldo.

El motivo por el cual el suministro de energía eléctrica por parte de la Electricidad de Caracas se realizará mediante 2 circuitos generales y 2 circuitos de respaldo, se debe a la normativa de la misma, ya que para una carga eléctrica superior a los 2 MVA, cada circuito de suministro de energía eléctrica debe estar acompañado de un circuito de respaldo acoplado a través de un interruptor de transferencia. Cada circuito aporta una potencia aproximada de 5 MVA.

La tensión seleccionada para suministrar la energía dentro del complejo para las cargas de iluminación, equipos de aires acondicionados, bombas, entre otras, será de 480/277V (estrella con neutro), ya que de esta forma el consumo en amperes es menor al que se tendría con un nivel de tensión de 208/120V, lo que se traduce en conductores de calibre más pequeños, protecciones de menor rango y en general un menor costo.

Se emplearan unidades de transformación de tipo seco de 480/277V a 208/120V, para alimentar los tomacorrientes y equipos que así lo requieran.

Para el desarrollo de las instalaciones eléctricas del complejo, se dividirá el proyecto en cuatro partes. Estas partes serán: sótanos, torres de oficinas, hotel y centro cultural.

3.1.1.- Sótanos

El complejo contará con 5 plantas de sótanos. El espacio de los sótanos está repartido en servicios y estacionamiento, donde los servicios abarcan depósitos y oficinas, núcleo de ascensores, tanque de agua, cuarto de servicios e instalaciones, mientras que el espacio de estacionamiento contiene puestos, rampas y circulación.

Para estimar la demanda del complejo en lo que respecta a carga de iluminación, se tendrá en consideración lo estipulado por el CEN, el cual define la cantidad de carga por unidad de área (Tabla 1 en anexos). La Tabla 14 en anexos expresa de forma detallada el área de cada zona de los sótanos. A continuación se presentan los subtotales de los mismos.

Tabla 3.1. Área de los Sótanos.

	Sótano 1	Sótano 2	Sótano 3	Sótano 4	Sótano 5
Área (m ²)	11.090,79	12.215,09	11.931	11.764,24	11.764,24

Los circuitos de iluminación se repartirán en general y preferencial, esto debido a un caso de emergencia, se desconectan los servicios generales quedando los preferenciales, y como rutas de escape, han de estar iluminados. Debido a este motivo se intercalaran en el recorrido de iluminación los circuitos correspondientes.

Para el control de los circuitos de iluminación se utilizaran contactores controlados por reloj o por sistemas computarizados.

Las luminarias a utilizar en los sótanos serán de tipo fluorescente 2x32W, 277V, las cuales consumen un total de 75 W, debido al balasto de tipo magnético.

Los principales tableros que se encargan de alimentar las cargas encontradas en los sótanos serán:

- Tablero de sótanos de servicio general (T-S-SG).
- Tablero de sótanos de servicio preferencial (T-S-SP).

Estos tableros estarán alimentados directamente desde el centro de medición y estarán ubicados en la parte noreste del complejo. Estos serán los encargados de alimentar al resto de los tableros en los sótanos.

Los sótanos estarán divididos en sótano norte y sótano sur. De esta manera resulta más fácil el desarrollo de las instalaciones eléctricas y de las canalizaciones.

En cada uno de los niveles de los sótanos existen dos tableros de iluminación y dos tableros de fuerza. Cada zona de los sótanos contará con un tablero de iluminación y uno de fuerza. Del tablero de sótano de servicio preferencial se alimenta el tablero de iluminación preferencial (T-IL-SP) y el tablero de Fuerza preferencial (T-F-SP).

El mayor consumo de energía en los sótanos se deberá a los inyectores de aire fresco, extractores, bombas de achique y agua potable. Los inyectores y extractores se encargan de mantener la ventilación forzada en los sótanos, mientras que las bombas de achique se encargan de mantener el nivel freático por debajo del sótano 5, que originalmente se encuentra a nivel del segundo sótano. Es indispensable que estas bombas se mantengan continuamente encendidas para evitar inundaciones en los niveles inferiores.

En las tablas 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5 se presentan la cantidad de motores y bombas, ubicación y características. Esto según valores suministrados por la empresa.

Tabla 3.2 Ventiladores utilizados
en Sótano Norte

Tipo	Función	Ubicación	Cantidad
VS-1	Inyección	Sótanos (2-5)	8
VS-2	Inyección	Sótanos (2-5)	8
VS-3	Inyección	Sótano 1	10
VS-4	Inyección	Sótano 1	5
ES-1	Extracción	Sótanos (2-5)	8
ES-2	Extracción	Sótanos (2-5)	8
ES-3	Extracción	Sótano 1	2
ES-4	Extracción	Sótano 1	2
VS-5	Inyección	Sótano 5	1
ES-5	Extracción	Sótano 5	1
EBS-1	Extracción	Sótanos (2-5)	4
EBS-2	Extracción	Sótano 1	1
ESS-1	Extracción	Sótano 1	1
VAF-1	Inyección	Sótano 1	1

Tabla 3.3 Ventiladores utilizados
en Sótano Sur

Tipo	Función	Ubicación	Cantidad
VS-1	Inyección	Sótanos (2-5)	8
VS-2	Inyección	Sótanos (2-5)	8
VS-3	Inyección	Sótano 1	10
VS-4	Inyección	Sótano 1	5
ES-1	Extracción	Sótanos (2-5)	8
ES-2	Extracción	Sótanos (2-5)	8
ES-3	Extracción	Sótano 1	2
ES-4	Extracción	Sótano 1	2
VS-5	Inyección	Sótano 5	1
ES-5	Extracción	Sótano 5	1
EBS-1	Extracción	Sótanos (2-5)	4
EBS-2	Extracción	Sótano 1	1
ESS-1	Extracción	Sótano 1	1
VAF-1	Inyección	Sótano 1	1

Tabla 3.4 Características eléctricas de los ventiladores en los sótanos

Tipo	Voltaje (V)	Fases	HP
VS-1	460	3	35
VS-2	460	3	35
VS-3	460	3	2
VS-4	460	3	2
ES-1	460	3	38
ES-2	460	3	35
ES-3	460	3	25
ES-4	460	3	20
VSB	460	3	0,25
ESB	460	3	0,25
EBS-1	120	1	0,02
EBS-2	460	3	0,75
ESS-1	460	3	5
VAF-1	460	3	1

Tabla 3.5 Características eléctricas de las bombas

Tipo	Voltaje (V)	Fases	HP	Cantidad
Bombas Incendio	460	3	150	2
Bombas de Aguas Blancas	460	3	20	8
Bombas de Achique	460	3	5	21

3.1.2.- Torres de oficinas este y oeste

La torre este contará con 11 pisos, 3 oficinas en el primer piso y 6 oficinas en los pisos restantes, sumando un total de 63 oficinas, mientras que la torre oeste contará con 7 pisos, 3 oficinas en el primer piso y 6 oficinas en los pisos restantes, sumando un total de 39 oficinas.

Las áreas de las oficinas por piso en metros cuadrados es la siguiente:

Tabla 3.6. Áreas de oficinas por torres

Oficina	Torre Este	Torre Oeste
A	180 m ²	160 m ²
B	150 m ²	160 m ²
C	170 m ²	150 m ²
D	140 m ²	200 m ²
E	160 m ²	165 m ²
F	210 m ²	100 m ²

La alimentación de las oficinas será directamente de la Electricidad de Caracas a través de los centros de medición ubicados en el sótano 1, y se realizará a una tensión de 480V/277V. Las oficinas tendrán un tablero (en 480V/277V) y un subtablero (208V/120V), este último alimentado a través de un transformador seco trifásico de 15 kVA. El cálculo asociado a los transformadores secos se presentará más adelante en el capítulo IV.

Para la iluminación (lámparas fluorescentes tipo T8 3x32 W, 277 V) se tendrá en consideración la cantidad de carga por unidad de área (Tabla 1 en anexos). La carga de tomacorrientes de oficinas se calculará tomando 11 VA/m² (sección 220.14 del CEN). El aire acondicionado oscila entre 2 y 3 kVA según el tipo de oficina (valores calculados y suministrados por el ingeniero mecánico). Las tablas 15 y 16 en anexos expresan el área de las zonas de este sector.

En cada planta de las torres existirán cuartos donde se dispondrán los tableros y transformadores para la alimentación de las oficinas. Cada torre tendrá un tablero de servicios generales y uno de servicios preferenciales, los cuales alimentarán los servicios de cada torre: ascensores (2 preferenciales y 4 generales), ventiladores (generales), chillers y bombas de chillers (generales), iluminación (preferencial y general) y tomacorrientes (generales).

Tabla 3.7. Especificación de cargas de servicios en torres de oficina

Carga	Voltaje (V)	Fases	Cantidad	Demanda
Ascensores	460	3	6 c/torre	30 HP c/u
Bomba Chiller Torre Este	460	3	4	35 HP c/u
Bomba Chiller Torre Oeste	460	3	4	27 HP c/u
Chiller Torre Oeste	460	3	3	280 kW c/u
Chiller Torre Este	460	3	3	370 kW c/u
Ventiladores	277	1	6 c/torre	0,5 kVA c/u

Los valores de los ventiladores, chillers y bombas fueron suministrados por la empresa. La potencia de los motores de los ascensores fue calculada tomando en cuenta velocidad, distancia del recorrido y cantidad de personas (energía potencial). Este cálculo se encuentra en el capítulo IV.

3.1.3.- Hotel

El hotel contará con un total de 18 pisos más planta baja, siendo la última planta el restaurant del mismo. Habrá en total 202 habitaciones, es decir, 12 cuartos por piso, excepto el piso 17 que contiene 10 habitaciones.

La alimentación del hotel se hará por dos tableros, el tablero principal general y el tablero principal preferencial, por lo que el hotel dispondrá de dos medidores eléctricos. Cada piso de habitaciones del hotel contendrá un transformador de 30 kVA de 480V/277V a 208V/120V, encargado de alimentar un tablero de fuerza en 208V/120V, que a su vez este tablero alimentará un tablero de iluminación. El tablero de fuerza alimentará los tomacorrientes de todas las habitaciones, mientras que el tablero de iluminación alimentará toda la carga de iluminación de las mismas.

Dentro de las cargas generales encontramos: el restaurante, la lavandería, las habitaciones, tomacorrientes de pasillos, 3 ascensores, los aires acondicionados de las habitaciones y el sistema de chiller del hotel. Mientras que en las cargas preferenciales tenemos: 2 ascensores, iluminación de las escaleras y pasillos. En la tabla 3.8 podremos encontrar las especificaciones de estas cargas.

Para estimar la carga, se tendrá en consideración la cantidad de carga por unidad de área (Tabla 1 en anexos). La tabla 17 en anexos expresa las áreas de cada zona de este sector.

Tanto en la lavandería como en el restaurante se requieren ciertos equipos. Para el restaurante se requieren 2 cocinas y una cava de 5 kVA c/u, mientras que en la lavandería se requieren 4 lavadoras/secadoras de 7,5 HP c/u.

En la siguiente tabla se puede apreciar las cargas asociadas al hotel:

Tabla 3.8 Especificaciones de cargas del Hotel

Carga	Voltaje (V)	Fases	Cantidad	Demanda
Ascensores	460	3	5	25 HP c/u
A/A Habitaciones	277	1	206	0,15 kVA c/u
Chiller	460	3	4	215 kW c/u
Bombas Chiller	460	3	5	30 HP c/u
Ventiladores	277	1	5	0,5 kVA c/u
Trasformadores Pisos Habitaciones	460	3	17	30 kVA c/u
Transformador Restaurant	480/277	3	1	30 kVA
Transformador Lavandería	480/277	3	1	50 kVA

Los valores de los A/A, chiller y ventiladores fueron suministrados por la empresa, mientras que el resto de las cargas fueron calculadas de acuerdo a la carga que tienen que suplir. Estos cálculos se presentan en la estimación de la demanda en el capítulo IV.

3.1.4.- Centro Cultural

Con un total de 4 plantas más la planta baja, es el que se encargará de realizar la comunicación de todo el complejo. Dentro del centro cultural encontramos 71 locales comerciales, sala de usos múltiples, sala de conciertos, salas de cine y áreas complementarias al hotel.

Cada local comercial tendrá un tablero principal alimentado por La Electricidad de Caracas en 480V/277V desde el centro de medición, y un subtablero en 208V/120V alimentado por el tablero principal a través de un transformador. La potencia de estos transformadores varía dependiendo del local.

El centro cultural dispondrá de un tablero de servicios preferenciales y uno de servicios generales para las áreas comunes de los locales, ubicados estos en cuartos de electricidad por piso y zonas (oeste, este y norte).

Para estimar la carga, se tendrá en consideración la cantidad de carga por unidad de área, tanto en iluminación (Tabla 1 en anexos) como de tomacorrientes. En la sección de anexos encontramos las tablas 18, 19, 20, 21 y 22, las cuales expresan las áreas de cada zona de este sector.

Tabla 3.9 Especificaciones de cargas del Centro Cultural

Carga	Voltaje (V)	Fases	Cantidad	Demanda
Ascensores	460	3	6	20 HP c/u
Escaleras Mecánicas	460	3	8	10 HP c/u
Proyectores Cine	460	3	4	10 kW c/u
Bomba Piscina	460	3	1	5 HP
Presurizadores	460	3	2	3 HP

3.2.- Selección de alimentadores, protecciones y tuberías.

Una vez determinadas y definidas las cargas a alimentar, se procederá a seleccionar el calibre de los alimentadores de fases, neutro y tierra, tuberías y protecciones siguiendo los procedimientos descritos en el capítulo 2 de este informe. En la sección de anexos de este informe encontraremos algunos ejemplos de cálculos tipo relacionados a esta parte.

CAPÍTULO IV

4.-RESULTADOS

4.1.- Sótanos

Como cálculo tipo se presentará la demanda asociada a los servicios preferenciales. Ésta demanda está representada por las siguientes cargas:

- Las bombas encargadas de mantener el nivel freático por debajo del sótano 5.
- Iluminación de escaleras y de los circuitos que están intercalados con los de iluminación general en las zonas de circulación peatonal y vehicular. (Ver detalles en sección de planos en anexos)
- Las salidas para lámparas de emergencia y tomacorrientes del cuarto de medición.
- Las bombas de incendio.
- Los presurizadores de las escaleras.

Tabla 4.1. Iluminación preferencial de los sótanos.

	Sector	Salidas de iluminación (*)	Total (kVA)
S1	NORTE	24	1,80
	SUR	38	2,85
S2	NORTE	30	2,25
	SUR	39	2,93
S3	NORTE	30	2,25
	SUR	39	2,93
S4	NORTE	30	2,25
	SUR	39	2,93
S5	NORTE	30	2,25
	SUR	39	2,93
Escaleras	NORTE	41	3,08
	SUR	36	2,70
			31,13

*Lámparas 2x32W (75 W por lámpara)

Tabla 4.2. Salidas para lámparas de emergencia.

	Cant.	Total (kVA)
S1	13	2,34
S2	14	2,52
S3	13	2,34
S4	13	2,34
S5	13	2,34
Cuarto de Electricidad (*)	6	1,08
		12,96

*Solo tomacorrientes en pared.

Tabla 4.3. Cargas de tipo motor.

	HP	Cant.	Total (kVA)
Presurizadores	7,5	6	45
Bombas Incendio	150	2	300
Bombas Achique	5	21	105
			450

Tabla 4.4. Demanda de lo servicios preferenciales de los sótanos.

	Total (kVA)
Tomacorrientes	12,96
Cargas tipo Motor	450
Iluminación	31,13
DEMANDA SERVICIOS PREFERENCIALES	494,09

La demanda de los servicios preferenciales es de 494,09 kVA. Se pueden apreciar los kVA de consumo de los tableros principales así como el consumo total de los sótanos en la tabla 4.5.

Tabla 4.5. Demanda total de los tableros principales en sótanos

TABLEROS	DEMANDA (kVA)
T-S-SG	2.175,63
T-S-SP	494,09
Total	2.669,72

La mayor demanda de servicios preferenciales se encuentra en el sótano 5, debido a la gran cantidad de bombas de achique y de agua encargadas de bombear toda el agua producida por el nivel freático. Adicionalmente, la ventilación forzada influye en este valor tan alto. La ventilación se realizará inyectando aire fresco por el lado este, mientras que del lado oeste se expulsará mediante extractores. Estas cargas no se encontrarán funcionando al mismo tiempo en todo momento, presentando así un factor de simultaneidad (tabla 11 en anexos).

El tablero que alimenta los circuitos de las bombas encargadas de extraer el agua para mantener el nivel freático contará con una conexión especial para una planta eléctrica de emergencia en caso tal de que fallen tanto los circuitos de emergencia de La Electricidad de Caracas, C.A. como la propia planta del complejo, la cual tendrá una capacidad de generación del 10% del consumo del complejo (requerimientos de La Electricidad de Caracas, C.A.).

Las plantas de generación se encontrarán ubicadas en los puntos de llegada de los circuitos de alimentación del complejo, es decir, al norte, sureste y suroeste del mismo. Estas plantas estarán encargadas de alimentar los módulos de servicios preferenciales que, según el proyecto de La Electricidad de Caracas, C.A., están organizados de la siguiente manera:

- Los servicios preferenciales de los sótanos y del hotel están alimentados por el mismo transformador en la zona norte del complejo. La carga en los sótanos (mayoritariamente carga reactiva) es de 494,09 kVA, mientras que en el Hotel tenemos 70 kVA (mayoritariamente carga activa). La suma de estas cargas da como resultado un valor aproximado de 564,09 kVA. El valor comercial inmediatamente superior de la planta es de 750kVA.

- Los servicios preferenciales de la torre este y el centro cultural, al igual que los sótanos y el hotel, estarán alimentados por el mismo transformador pero en la zona este del complejo. La planta tendrá una capacidad nominal de (siguiendo las premisas anteriores):

$$\begin{aligned} 64,49 \text{ kVA (Torre Este)} + 99,33 \text{ kVA (Centro Cultural)} = \\ 163,82 \text{ kVA (Total)} \end{aligned}$$

El valor comercial inmediatamente superior es el de 200 kVA.

- Los servicios preferenciales restantes son los de la torre oeste (62,01 kVA), por lo que la capacidad nominal de la planta será de 100 kVA, ubicada en la zona oeste del complejo.

En las figuras 4.1 y 4.2 se muestran los diagramas verticales de la disposición de los tableros de servicios general y preferencial de los sótanos. En la tabla 4.6 se tiene un resumen de los resultados obtenidos para cálculo de alimentadores con su respectiva caída de tensión, conductores de neutro, tierra, protecciones a utilizar y tuberías.

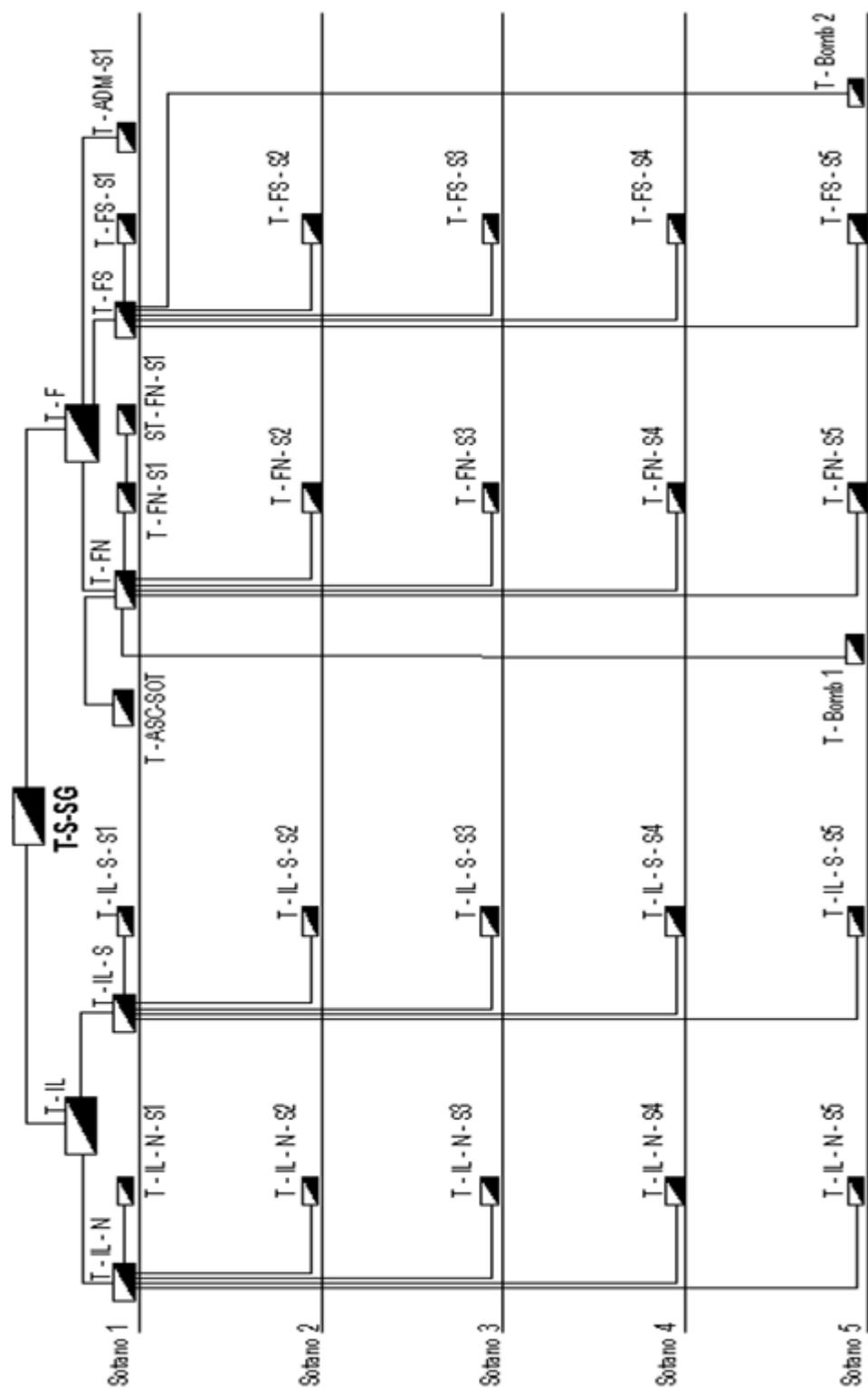


Figura 4.1 Diagrama vertical de los servicios generales en Sótanos

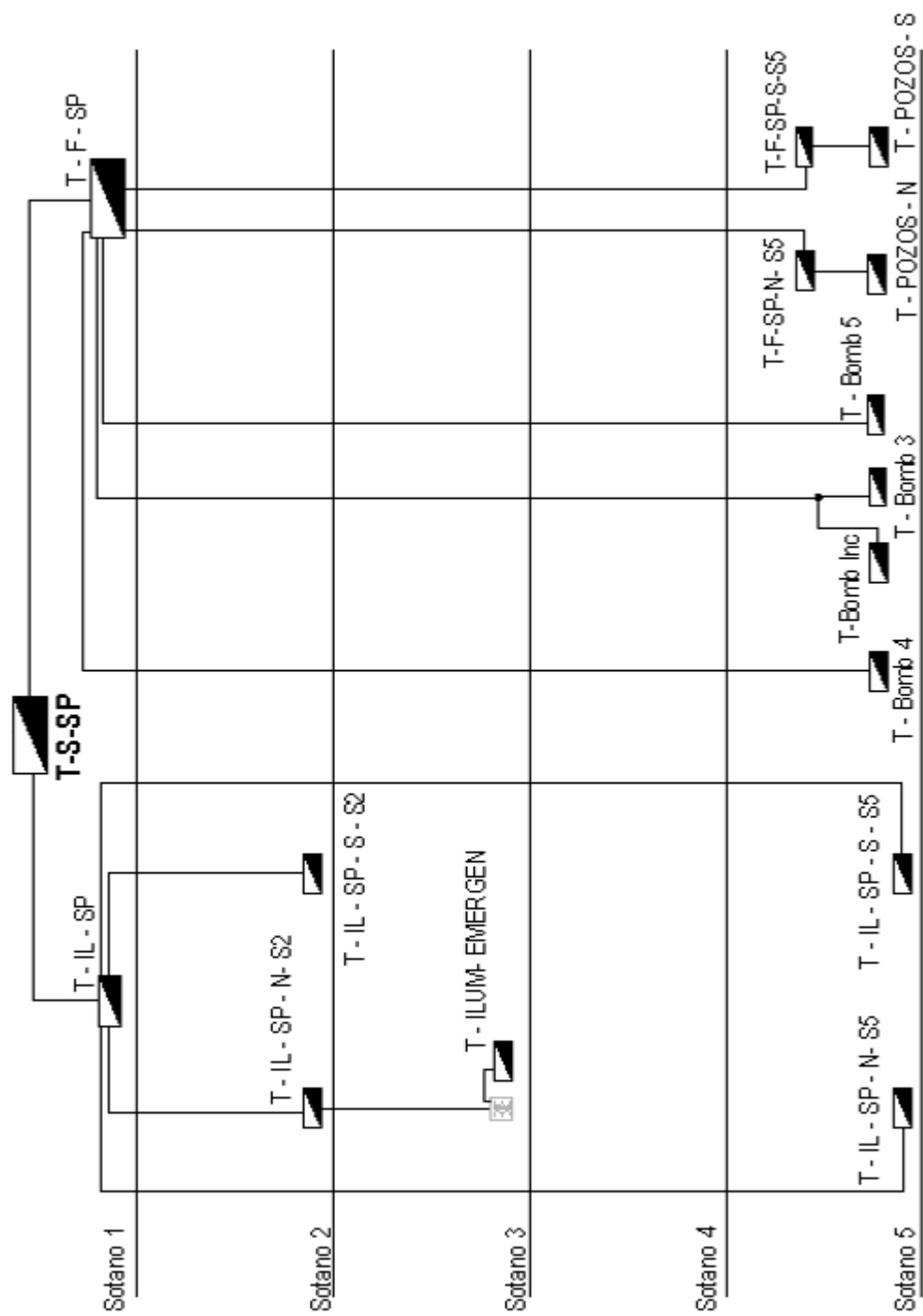


Figura 4.2 Diagrama vertical de los servicios preferenciales en Sótanos

Tabla 4.6. Conductores y protecciones de los tableros de los sótanos

DESDE	HASTA	L (m)	kVA	CORRIENTE (A)	PROT. (A)	CONDUCTORES	ΔV (%)	Φ
T-S-SG	T-IL	5,00	160,25	192,98	300	4#500kcmil + 1#1/0(t)	0,03	4"
T-IL	T-IL-N	5,00	69,1	83,21	125	4#1/0 + 1#6(t)	0,06	2"
T-IL-N	T-IL-N-S1	5,00	15,98	19,24	30	4 #10 + 1 #12(t)	0,14	3/4"
T-IL-N	T-IL-N-S2	50,00	13,28	15,99	30	4 #8 + 1 #10(t)	0,77	1½"
T-IL-N	T-IL-N-S3	55,00	13,28	15,99	30	4 #8 + 1 #10(t)	0,84	1½"
T-IL-N	T-IL-N-S4	60,00	13,28	15,99	30	4 #8 + 1 #10(t)	0,92	1½"
T-IL-N	T-IL-N-S5	65,00	13,28	15,99	30	4 #8 + 1 #10(t)	1,00	1½"
T-IL	T-IL-S	180,00	91,15	109,77	150	4#350kcmil + #2(t)	0,96	4"
T-IL-S	T-IL-S-S1	15,00	12,23	14,73	30	4 #10 + 1 #12(t)	0,33	3/4"
T-IL-S	T-IL-S-S2	10,00	19,73	23,76	40	4 #8 + 1 #10(t)	0,23	1½"
T-IL-S	T-IL-S-S3	15,00	19,73	23,76	40	4 #8 + 1 #10(t)	0,34	1½"
T-IL-S	T-IL-S-S4	20,00	19,73	23,76	40	4 #8 + 1 #10(t)	0,46	1½"
T-IL-S	T-IL-S-S5	25,00	19,73	23,76	40	4 #8 + 1 #10(t)	0,57	1½"
T-S-SP	T-IL-SP	5,00	31,13	37,49	50	4#1/0 + 1#6(t)	0,03	2"
T-IL-SP	T-IL-SP-N-S2	50,00	9,38	11,30	30	4 #4 + 1 #8(t)	0,21	2"
T-IL-SP	T-IL-SP-N-S5	60,00	4,5	5,42	30	4 #8 + 1 #10(t)	0,31	1½"
T-IL-SP	T-IL-SP-S-S2	140,00	11,4	13,73	30	4 #2 + 1 #8(t)	0,46	2"
T-IL-SP	T-IL-SP-S-S5	160,00	5,85	7,04	30	4 #4 + 1 #8(t)	0,43	2"
T-S-SG	T-F	5,00	1567,55	1887,70	2500	12x[3#500kcmil + 1#350kcmil] + #350kcmil(t)	0,05	12X4"
T-F	T-ADM-S1	60,00	16	19,27	30	4 #4 + 1 #8(t)	0,40	2"
T-F	T-FN	5,00	1051,55	1266,32	1600	6x[3#500kcmil + 1#350kcmil] + 1#4/0(t)	0,06	6X4"
T-FN	T-ASC-SOT	50,00	94,8	114,16	200	4#250 + 2# 2(t)	0,48	4"
T-FN	T-FN-S1	5,00	86,75	104,47	200	4 #4/0 + 1 #2(t)	0,05	4"
T-FN-S1	ST-FN-S1	5,00	10	12,04	30	4 #10 + 1 #12(t)	0,08	3/4"
T-FN	T-FN-S2	50,00	210	252,89	400	2x[3#500kcmil + 1#250kcmil] + 1# 2/0(t)	0,37	2X4"
T-FN	T-FN-S3	55,00	210	252,89	400	2x[3#500kcmil + 1#250kcmil] + 1# 2/0(t)	0,40	2X4"
T-FN	T-FN-S4	60,00	210	252,89	400	2x[3#500kcmil + 1#250kcmil] + 1# 2/0(t)	0,44	2X4"
T-FN	T-FN-S5	65,00	210	252,89	400	2x[3#500kcmil + 1#250kcmil] + 1# 2/0(t)	0,48	2X4"
T-F	T-FS	180,00	500	602,12	1000	7x[3#500kcmil + 1#350kcmil] + 1# 4/0(t)	0,90	7X4"
T-FS	T-FS-S1	5,00	60	72,25	150	4 #1/0 + 1 #6(t)	0,06	2"
T-FS	T-FS-S2	10,00	70	84,30	200	4 #4/0 + 1 #2(t)	0,08	4"

Continuación Tabla 4.6. Conductores y protecciones de los tableros de los sótanos

DESDE	HASTA	L (m)	kVA	CORRIENTE (A)	PROT. (A)	CONDUCTOR	ΔV (%)	Φ
T-FS	T-FS-S3	15	70	84,30	200	4 #4/0 + 1 #2(t)	0,12	4"
T-FS	T-FS-S4	20	70	84,30	200	4 #4/0 + 1 #2(t)	0,16	4"
T-FS	T-FS-S5	25	70	84,30	200	4 #4/0 + 1 #2(t)	0,20	4"
T-FS	T-BOMB 2	200	160	192,68	300	2x[3#500kcmil + 1#350kcmil] + 1#2/0(t)	1,12	2X4"
T-S-SP	T-F-SP	5	450	541,91	1000	3x[3#500kcmil + 1#350kcmil] + 1#4/0(t)	0,05	3X4"
T-SP-N	T-BOMB INC	150	300	361,27	600	2x[3#500kcmil + 1#350kcmil] + 1# 2/0(t)	1,57	2X4"
T-F-SP	T-F-SP-S-S5	210	62,5	75,26	150	4#350 + 1#2(t)	1,10	4"
T-SP-S-S5	T-POZOS-S	15	40	48,17	100	4#2 + 1#8(t)	0,17	2"
T-F-SP	T-F-SP-N-S5	55	57,5	69,24	110	4# 3/0 + 1#2(t)	0,42	3"
T-F-SP-N-S5	T-POZOS-N	10	35	42,15	70	4#2 + 1#8(t)	0,10	2"
T-F-SP	T-BOMB 3	115	8,76	10,55	25	4#6 + 1#8(t)	0,65	1½"
T-F-SP	T-BOMB 4	90	13,88	16,71	30	4#6 + 1#8(t)	0,80	1½"
T-F-SP	T-BOMB 5	150	13,88	16,71	30	4#4 + 1#8(t)	0,87	1½"
CM	T-S-SG	25	2175,6 3	2619,98	3500	15x[3#500kcmil + 1#350kcmil] + 1#500kcmil(t)	0,25	15X4 "
T-FN	T-BOMB 1	85	30	36,13	70	4#1/0 + 1#6(t)	0,48	2"
T-S-SP	T-IL EMERG	15	12,96	36,00	50*	4#1/0 + 1#6(t)	0,08	2"
CM	T-S-SP	25	494,09	595,00	1200	3x[3#500kcmil + 1#350kcmil] + 1# 4/0(t)	0,29	3X4"

*La protección es del lado de alta del transformador

Se puede observar que los valores obtenidos para la caída de tensión, ninguno supera el valor estipulado del 3% en el CEN, por lo que el conductor seleccionado es el indicado para cada ocasión.

4.2.- Torres de oficinas este y oeste

Como cálculo tipo se presentará la estimación de la demanda de la torre este:

Tabla 4.7. Áreas en m² de las zonas de la Torre Este.

PISO	Pasillos	Escaleras	Cuartos
1	71,21	41,09	73,02
2	70,55	40,55	59,35
3	70,55	40,57	59,36
4	70,58	40,58	59,28
5	70,58	40,58	59,28
6	70,58	40,63	59,25
7	70,58	40,63	59,25
8	70,59	40,69	59,21
9	70,59	40,69	59,21
10	70,59	40,69	59,19
11	70,60	40,69	59,19

Tabla 4.8. Áreas en m² de las oficinas y cantidades en la Torre Este.

Tipo de oficina	Áreas (m²)	Cant. de oficinas en la torre
A	180	11
B	150	11
C	170	11
D	140	10
E	160	10
F	100	10

Tabla 4.9. Cargas diversas de la Torre Este.

Carga	Voltaje (V)	Fases	Cantidad	Demanda
Ascensores	460	3	6	30 HP c/u
Chiller	460	3	3	370 kW c/u
Bombas Chiller	460	3	4	35 HP c/u
Ventiladores	277	1	6	0,5 kVA c/u
A/A Pasillos	277	1	14	0,75 kVA c/u

Tabla 4.10. Unidades de manejo de aire en las oficinas de la torre este.

Oficina	A/A (kVA)
A	3
B	2
C	2
D	2
E	2
F	3

*Estas unidades operan a una tensión de 277 V.

Carga Iluminación:

En la tabla 4.11 encontraremos los m², la carga por unidad de área y los kVA resultantes de iluminación. Cabe destacar que las únicas cargas de iluminación preferencial son las de los pasillos y escaleras (rutas de escape).

La demanda de las oficinas asciende a 158,7 kVA de acuerdo a la organización de las luminarias dentro de las mismas. (Ver planos en anexos).

La cantidad de salidas de iluminación para oficinas se deduce de:

$$158,7 \text{ kVA} / (100 \text{ W por lámpara}) = 1587 \text{ Salidas aproximadamente.}$$

Tabla 4.11. Carga de iluminación de ambientes diversos de la torre este.

	VA/m ²	m ²	kVA	Salidas de Luminarias (*)
Pasillos	6	777,00	4,66	47
Escaleras	6	471,54	2,83	24
Cuartos de Servicio	3	665,59	2,00	20

*Se dividen los kVA entre el consumo de las lámparas (100 w por lámpara).

Carga Tomacorrientes:

- Oficinas:

Ya que en las oficinas la iluminación y equipos de aire acondicionado operan con un nivel de tensión de 277 V, los tomacorrientes serán los únicos que trabajen en 120 V, por lo que estos estarán alimentados por un transformador seco de 480/277 V a 208/120V. La tabla de transformadores secos disponibles la podemos encontrar en la sección de anexos.

Según el CEN, sección 220.14 (K), la carga de tomacorrientes se calculará tomando la mayor de (1) o (2):

1. Salidas de tomacorrientes.
2. Carga por unidad de área (11 VA/m²).

Hay que tener en cuenta que una oficina puede contener diversos equipos. A continuación se muestran algunos equipos y cantidades posibles en una oficina (Ver detalles de los equipos en anexos):

Tabla 4.12. Consumo de equipos de oficina tipo.

	Potencia (W)	Cantidad	Total (W)
Computador	100	10	1.000
Impresora	500	10	5.000
Fotocopiadora	1.000	1	1.000
Microondas	800	1	800
Cafetera	900	1	900
Dispensador de Agua	100	1	100
Nevera Ejecutiva	500	1	500
			9.300 W

Tabla 4.13. Carga de tomacorrientes por unidad de área (11 VA/m²) en torre este.

Oficina	m²	Tomacorrientes (kVA)
A	180	1,98
B	150	1,65
C	170	1,87
D	140	1,54
E	160	1,76
F	100	2,31

Se puede notar que la mayor demanda de la carga de tomacorrientes se presenta por cálculo de salidas de los mismos, es decir, método (1) según el CEN. También se puede observar en la tabla 4.12 la cantidad de salidas de tomacorrientes por oficina.

Ya que la demanda por oficina tipo ronda los 10 kVA, el transformador seco ventilado, comercialmente cercano, es el de 15 kVA (Ver tabla de transformadores secos en anexos).

Tabla 4.14. Total kVA por transformadores en oficinas.

Cant. Oficinas	Transf. Secos (kVA)	kVA Netos	F.D. (*)	Total (kVA)
63	15	945	10 kVA+935kVAx0,5	477,5

*Tabla 3 anexos. Ya que las cargas que alimentan estos transformadores son tomacorrientes.

- Pasillos:

Para los pasillos tendremos 3 puntos de tomacorrientes y 2 puntos en techo para alimentar las lámparas de emergencia.

Tabla 4.15. Demanda de tomacorrientes en pasillos de la torre este.

Cant. Tomacorrientes	kVA / Piso	Cant. Pisos	kVA
3	0,54	11	5,94
2	0,36	11	3,96
			9,9

Resto de cargas:

- Ascensores:

En ésta torre se encuentran dos grupos de 6 ascensores c/u. Por normativa de bomberos cada grupo de ascensores debe tener uno preferencial, por lo que nos da como resultado 2 ascensores preferenciales y 4 generales.

Tabla 4.16. Demanda de los ascensores en torre este.

	Cant.	kVA	kVA Netos	F.D.(*)	Total (kVA)
Generales	4	30 c/u	120	0,85	102
Preferenciales	2	30 c/u	60	0,95	57

* Tabla de Factor de diversidad de ascensores en anexos.

- A/A pasillos:

Tabla 4.17. Unidades de manejo de aire de los pasillos de la torre este.

	kVA	Cant.	Total (kVA)
A/A	0,75	22	16,5

- Sistema aire acondicionado (chiller):

Tabla 4.18. Demanda del sistema asociado al chiller de la torre este.

	kVA c/u	Cant.	Total (kVA)
Chiller	370	3	1.110
Bombas	35	3 + 1 de reserva	105
Ventiladores	0,5	6	3
			1.218

- Demanda de la torre este:

Se clasificarán las cargas de acuerdo a los tableros que los alimentarán en el centro de medición (general y preferencial). Las oficinas estarán alimentadas también dentro del grupo de servicios generales pero dispondrán de módulos independientes.

Tabla 4.19. Demanda de la Torre Este.

	Tipos de Cargas	kVA	Subtotal (kVA)
Servicios Generales	Grupo de Ascensores Generales	102	1.348,40
	Tomacorrientes (pasillos)	9,9	
	Iluminación Cuartos de Servicio	2	
	A/A Pasillos	16,5	
	Sistema de A/A (Chiller)	1.218	
Servicios Preferenciales	Grupo de Ascensores preferenciales	57	64,49
	Iluminación Pasillos	4,66	
	Iluminación Escaleras	2,83	
Oficinas	Iluminación Oficinas	158,7	782,2
	A/A Oficinas	146	
	Transformadores	477,5	
Demanda Total de la Torre Este (kVA)			2.195,09

Las tablas 4.20 y 4.21 expresan la demanda total de las torres este y oeste respectivamente. Se hace referencia a los tableros generales y preferenciales, y a la demanda de las oficinas existentes en las torres este y oeste.

Tabla 4.20. Demanda total Torre Oficinas Este

TABLEROS	DEMANDA (kVA)
T-PPL-SG-E	1.348,40
T-PPL-SP-E	64,49
Demanda Oficinas	782,2
Total	2.195,09

Tabla 4.21. Demanda total Torre Oficinas Oeste

TABLEROS	DEMANDA (kVA)
T-PPL-SG-O	1.044,09
T-PPL-SP-O	62,01
Demanda Oficinas	464,30
Total	1.570,40

La carga de los tableros de servicios generales de ambas torres es tan elevada debido a la demanda eléctrica del sistema de aire acondicionado (chiller).

Adicionalmente existen oficinas que no llegan a consumir toda la potencia que les proporciona el transformador, por lo que la demanda estimada suma un valor mayor.

En las tablas 4.22 y 4.23 se presentan los valores de alimentadores, tuberías y protecciones calculadas para las torres de oficina este y oeste. Se hará referencia a las oficinas tipo de un solo piso y a los tableros principales de cada torre.

Tabla 4.22. Conductores y protecciones de tableros de la torre este.

DESDE	HASTA	L (m)	kVA	CORRIENTE (A)	PROT. (A)	CONDUCTOR	ΔV (%)	Φ
CM	T-Of A P11	75	22,0 2	26,52	40	4#2 + 1#8(t)	0,46	2"
T-Of A P3	ST-Of A P11	4	15	41,67	20*	4#6 + 1#8(t)	0,20	1 ½"
CM	T-Of B P11	75	20,8 5	25,11	40	4#2 + 1#8(t)	0,43	2"
T-Of B P3	ST-Of B P11	4	15	41,67	20*	4#6 + 1#8(t)	0,20	1 ½"
CM	T-Of C P11	75	21,6 3	26,05	40	4#2 + 1#8(t)	0,45	2"
T-Of C P3	ST-Of C P11	4	15	41,67	20*	4#6 + 1#8(t)	0,20	1 ½"
CM	T-Of D P11	75	20,4 6	24,64	40	4#2 + 1#8(t)	0,42	2"
T-Of D P3	ST-Of D P11	4	15	41,67	20*	4#6 + 1#8(t)	0,20	1 ½"
CM	T-Of E P11	75	21,2 4	25,58	40	4#2 + 1#8(t)	0,44	2"
T-Of E P3	ST-Of E P11	4	15	41,67	20*	4#6 + 1#8(t)	0,20	1 ½"
CM	T-Of F P11	75	23,1 9	27,93	40	4#2 + 1#8(t)	0,48	2"
T-Of F P3	ST-Of F P11	4	15	41,67	20*	4#6 + 1#8(t)	0,20	1 ½"
CM	T-PPL-SP-E	10	64,4 9	77,66	200	4#4/0 + 1#2(t)	0,43	3"
CM	T-PPL-SG-E	10	1348 ,4	1623,80	2000	7x[3#500kcmil + 1#350kcmil] + 1#250kcmil(t)	0,13	7X 4"
T-PPL-SG-E	T-Chiller-TE	80	1218	1466,76	1600	9x[3#500kcmil + 1#350kcmil] + 1#4/0(t)	0,76	9X 4"
T-PPL-SG-E	T-SG-P3-E	40	13	15,66	30	4#6 + 1#8(t)	0,33	1½"
T-SG-P3-E	ST-SG-P3-E	4	4,5	12,50	20*	4#10 + 1#12(t)	0,10	3/4"
T-PPL-SG-E	T-SG-P8-E	60	15,4	18,55	30	4#6 + 1#8(t)	0,59	1½"
T-SG-P8-E	ST-SG-P8-E	4	5,4	15,00	20*	4#10 + 1#12(t)	0,12	3/4"
T-PPL-SG-E	T-SG ASC E	90	102	122,83	250	3#350kcmil + 1#250kcmil. + 1#2(t)	0,77	4"
T-PPL-SP	T-SP ASC O	90	57	68,64	150	4#1/0 + 1#6(t)	0,97	2"
T-PPL-SP	T-ILUM-SP-E	10	7,49	9,02	30	4#10 + 1#12(t)	0,14	3/4"

*La protección es del lado de alta del transformador en el tablero principal

Tabla 4.23. Conductores y protecciones de tableros de la torre oeste.

DESDE	HASTA	L (m)	kVA	CORRIENT E (A)	PROT. (A)	CONDUCTOR	ΔV (%)	Φ
CM	T-Of A P7	60	21,24	25,58	40	4#2 + 1#8(t)	0,35	2"
T-Of A P3	ST-Of A P7	4	15	41,67	20*	4#6 + 1#8(t)	0,20	1 ½"
CM	T-Of B P7	60	21,24	25,58	40	4#2 + 1#8(t)	0,35	2"
T-Of B P3	ST-Of B P7	4	15	41,67	20*	4#6 + 1#8(t)	0,20	1 ½"
CM	T-Of C P7	60	20,85	25,11	40	4#2 + 1#8(t)	0,35	2"
T-Of C P3	ST-Of C P7	4	15	41,67	20*	4#6 + 1#8(t)	0,20	1 ½"
CM	T-Of D P7	60	22,8	27,46	40	4#2 + 1#8(t)	0,38	2"
T-Of D P3	ST-Of D P7	4	15	41,67	20*	4#6 + 1#8(t)	0,20	1 ½"
CM	T-Of E P7	60	21,44	25,82	40	4#2 + 1#8(t)	0,36	2"
T-Of E P3	ST-Of E P7	4	15	41,67	20*	4#6 + 1#8(t)	0,20	1 ½"
CM	T-Of F P7	60	18,9	22,76	40	4#2 + 1#8(t)	0,31	2"
T-Of F P3	ST-Of F P7	4	15	41,67	20*	4#6 + 1#8(t)	0,20	1 ½"
T-PPL SG O	T Chiller TO	65	924	1112,72	1500	7x[3#500kcmil + 1#350kcmil] + 1#4/0(t)	0,60	7x 4"
T-PPL SG O	T-SG P2 O	40	7,75	9,33	30	4#6 + 1#8(t)	0,20	1½ "
T-SG P3 O	ST-SG P2 O	4	2,7	7,50	20*	4#10 + 1#12(t)	0,06	3/4 "
T-PPL SG O	T-SG P5 O	52	10,35	12,46	30	4#6 + 1#8(t)	0,34	1½ "
T-SG P8 O	ST-SG P5 O	4	3,6	10,00	20*	4#10 + 1#12(t)	0,08	3/4 "
T-PPL SG O	T-SG ASC O	65	102	122,83	250	4#4/0 + 1#2(t)	0,74	3"
T-PPL SP	T-SP ASC O	65	57	68,64	150	4#1/0 + 1#6(t)	0,70	2"
T-PPL SP	T-ILUM- SP-O	10	5,01	6,03	30	4#10 + 1#12(t)	0,09	3/4 "
CM	T-PPL SP	10	62,01	74,67	200	4#4/0 + 1#2(t)	0,07	3"
CM	T-PPL SG O	10	1044, 09	1257,33	2000	6x[3#500kcmil + 1#350kcmil]+ 1#250kcmil(t)	0,12	6x 4"

*La protección es del lado de alta del transformador en el tablero principal

Los conductores seleccionados para los tableros en las torres de oficinas, tanto la torre este como la oeste, cumplen con lo establecido por el CEN en lo que respecta a caída de tensión.

4.3.- Hotel

A continuación se muestran los cálculos asociados a la estimación de la demanda de este sector.

Tabla 4.24. Áreas en m² de los distintos ambientes del hotel.

Zonas	PB	Piso 1 a 16	Piso 17	Restaurant	Sala Máquinas AA	Sala Máquinas Ascensores
Hab 01	0,00	37,69	0,00	0,00	0,00	0,00
Hab 02	0,00	37,69	0,00	0,00	0,00	0,00
Hab 03	0,00	59,59	59,59	0,00	0,00	0,00
Hab 04	0,00	34,29	34,29	0,00	0,00	0,00
Hab 05	0,00	34,47	34,47	0,00	0,00	0,00
Hab 06	0,00	34,47	34,47	0,00	0,00	0,00
Hab 07	0,00	34,47	34,47	0,00	0,00	0,00
Hab 08	0,00	34,47	34,47	0,00	0,00	0,00
Hab 09	0,00	34,47	34,47	0,00	0,00	0,00
Hab 10	0,00	34,47	34,47	0,00	0,00	0,00
Hab 11	0,00	34,29	34,29	0,00	0,00	0,00
Hab 12	0,00	59,59	59,59	0,00	0,00	0,00
Pasillos	103,86	165,24	143,57	68,94	0,00	0,00
Escaleras	38,70	38,70	38,70	38,70	35,76	18,61
Áreas de Servicios	57,23	57,23	57,23	57,23	541,64	419,13
Hab. Empleados	102,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lavandería	319,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Restaurante	0,00	0,00	0,00	464,96	0,00	0,00

Tabla 4.25. Cargas diversas del Hotel.

Carga	Voltaje (V)	Fases	Cantidad	Demanda
Ascensores	480/277	3	5	25 HP c/u
A/A Habitaciones	277	1	206	0,15 kVA c/u
Chiller	480/277	3	4	215 kW c/u
Bombas Chiller	277	3	5	30 HP c/u
Ventiladores	277	1	5	0,5 kVA c/u

Carga Iluminación:

En la tabla 4.26 encontraremos los m² de cada ambiente asociados a la tabla 4.24, la carga por unidad de área (según Tabla 1 en anexos) y los kVA resultantes de iluminación según el tipo de ambiente. Cabe destacar que las únicas cargas de iluminación preferencial son las de los pasillos y escaleras (rutas de escape).

Tabla 4.26. Carga de iluminación de ambientes diversos del hotel.

	VA/m²	m²	kVA	Salidas de Luminarias (*)
Habitaciones	22	8.016,35	176,36	1764
Pasillos	6	2.960,21	17,76	178
Escaleras	6	789,67	4,74	48
Cuartos de Servicio	3	2.048,14	6,14	62
Lavandería	22	319,76	7,03	71
Restaurante	22	464,96	10,23	103

*Se dividen los kVA entre el consumo aproximado por lámpara (100 W).

Aplicando los factores de demanda a los 176,36 kVA de las habitaciones
(Tabla 2 en anexos):

Primeros 20.000 VA al 50% = 10.000 VA

De 20.001 a 100.000 VA al 40 % = 32.000 VA

A partir de 100.000 VA al 30 % = 22.908 VA

Total IL. Habitaciones = 64.908 VA (**64,91 kVA**)

Carga Tomacorrientes:

- Habitaciones:

Tabla 4.27. Carga de tomacorrientes de las habitaciones en el hotel.

	VA/m ²	m ²	kVA	Salidas de Tomacorrientes (*)
Habitaciones	33	8.016,35	264,54	1470

*Se dividen los kVA entre la salida por punto de tomacorriente (180 W según CEN)

- Pasillos:

Para los pasillos tendremos 4 puntos de tomacorrientes y 9 puntos en techo para alimentar las lámparas de emergencia.

Tabla 4.28. Carga de tomacorrientes en pasillos de hotel.

Cant. Tomacorrientes	kVA / Piso	Cant. Pisos	kVA
4	0,72	17 + PB	12,96
9	1,5	17 + PB	27
			39,96

- Lavandería:

Tabla 4.29. Carga de tomacorrientes en lavandería.

	m²	VA/m²	kVA	Salida de tomacorrientes (*)
Lavandería	319,76	22	7,03	15

*Se dividen los kVA entre la salida por toma de 500 w. (Salidas para cargas en lavandería)

- Restaurante:

Tabla 4.30. Carga de tomacorrientes en el restaurante.

	Cant. Tomacorrientes	kVA
Cocina	10	1,8
Bar	4	0,72
Comedor	4	0,72
Baños	2	3
		6,24

La suma de toda la carga de tomacorrientes da 317,77 kVA.

Aplicando factores de demanda (Tabla 3 en anexos):

Primeros 10 kVA al 100 % = 10 kVA

Resto al 50 % = $307,77 \times 0,5 = 153,89$ kVA

Total = **163,89 kVA**

Resto de cargas en hotel:

- Ascensores:

En el sector del hotel se encuentran dos grupos de ascensores, uno de 3 y otro de 2. Por normativa de bomberos cada grupo de ascensores debe tener uno preferencial, por lo que nos da como resultado 2 ascensores preferenciales y 3 generales.

Tabla 4.31. Demanda ascensores en el hotel.

	Cant.	kVA	kVA Netos	F.D.	Total (kVA)
Generales	3	25 c/u	75	0,9	67,5
Preferenciales	2	25 c/u	50	0,95	47,5

- A/A Habitaciones:

Tabla 4.32. Unidades de manejo de aire en habitaciones.

	kVA	Cant.	Total (kVA)
A/A	0,15	206	30,90

- Restaurante:

Tabla 4.33. Cargas diversas del restaurante.

	Cant.	kVA	Total (kVA)
Cocinas	2	5 c/u	10
Cava	1	5	5
TOTAL(kVA)			15

- Lavandería :

Tabla 4.34. Demanda de las cargas en la lavandería.

	kVA	Cant.	Total (kVA)
Lavadoras / Secadoras	7,5	4	30

- Sistema aire acondicionado hotel (chiller):

Dispone de 4 unidades de enfriamiento, 5 bombas (1 es de reserva) y 5 ventiladores (1 reserva).

Tabla 4.35. Demanda del sistema asociado al chiller del hotel.

	kVA c/u	Cant.	Total (kVA)
Chiller	215	4	860
Bombas	30	4	120
Ventiladores	0,5	4	2
			982

Demanda Total del Hotel:

Se clasificarán las cargas de acuerdo a los tableros que los alimentarán en el centro de medición (general y preferencial).

Tabla 4.36. Demanda del Hotel.

	Tipos de Cargas	kVA	Subtotal (kVA)
Servicios Generales	Grupo de Ascensores Generales	67,50	1.377,6
	Tomacorrientes	163,89	
	Iluminación Lavandería	7,03	
	Iluminación Restaurant	10,23	
	Iluminación Cuartos de servicio	6,14	
	Iluminación Habitaciones	64,91	
	A/A Habitaciones	30,90	
	Cargas Restaurante	15	
	Cargas Lavandería	30	
	Sistema de A/A (Chiller)	982	
Servicios Preferenciales	Grupo de Ascensores preferenciales	47,50	70
	Iluminación Pasillos	17,76	
	Iluminación Escaleras	4,74	
Demanda Total del Hotel (kVA)			1.447,6

Estos tableros principales (general y preferencial) estarán ubicados en la parte norte del sótano 1. En la tabla 4.37 se observa la demanda de los tableros principales del hotel, así como la demanda total.

Tabla 4.37. Demanda total del hotel

TABLEROS	DEMANDA (kVA)
T-PPAL-SG-H	1.377,6
T-PPAL-SP-H	70
Total	1.447,6

La mayor demanda en el hotel está contemplada en el sistema de aire acondicionado (chiller), que al igual que en las torres de oficinas, pueda no llegar a su valor máximo debido a la malla de acero que cubre el complejo.

En la tabla 4.38, se tiene el resumen de los conductores y protecciones de los tableros del hotel, incluyendo demanda de los mismos, caída de tensión en los conductores y el diámetro de la tubería seleccionada.

Tabla 4.38. Conductores y protecciones de tableros del hotel.

DESDE	HASTA	L (m)	kV A	CORRIEN TE (A)	PROT. (A)	CONDUCTOR	ΔV (%)	Φ
CM	T-PPAL HOTEL	10	137 7,6	1658,96	2000	13x[3#500kcmil + 1#350kcmil] + #250kcmil(t)	0,07	13X 4"
T-PPAL HOTEL	T-TRANSF- HAB	55	240	289,02	300	2x[3#500kcmil + 1#350kcmil] + #2/0(t)	0,46	2X4 "
T-PPAL HOTEL	T-TRANSF- HAB-2	55	270	325,14	350	2x[3#500kcmil + 1#350kcmil] + 1#2/0(t)	0,52	2X4 "
T-PPAL HOTEL	T-AA PPAL	55	30,3	36,49	50	3#500kcmil + 1#350kcmil + 1#1/0(t)	0,12	4"
T-PPAL HOTEL	T-ASC SG H	150	67,5	81,29	150	4#1/0 + 1#6(t)	1,91	2"
T-PPAL HOTEL	T-CHILLER HOTEL	120	982	1182,56	1500	6x[3#500kcmil + 1#250kcmil] + 1#4/0(t)	0,81	6X4 "
T-PPAL HOTEL	T- RESTAURAN TE	35	21,2 4	59,00	50*	4#1/0 + 1#6(t)	0,43	2"
T-PPAL HOTEL	T- SERVICIOS	50	79,6 1	95,87	150	4#2/0 + 1#4(t)	0,63	3"
T-TRANSF- HAB	T-HAB- FUERZA P1	5	30	83,33	50*	4#2/0 + 1#4(t)	0,07	3"
T-HAB- FUERZA P1	T-HAB-ILUM P1	5	10,3 4	28,72	30	4#8 + 1#10(t)	0,18	1½"
T-TRANSF- HAB-2	T-HAB- FUERZA P17	5	30	83,33	50*	4#2/0 + 1#4(t)	0,07	3"
T-HAB- FUERZA P17	T-HAB-ILUM P17	5	9,02	25,06	30	4#8 + 1#10(t)	0,16	1½"
T-AA PPAL	T- AA PISO 2	10	5,4	6,50	20	4#8 + 1#10(t)	0,06	1½"
T-AA PPAL	T- AA PISO 5	20	5,4	6,50	20	4#8 + 1#10(t)	0,12	1½"
T-AA PPAL	T- AA PISO 8	35	5,4	6,50	20	4#8 + 1#10(t)	0,22	1½"
T-AA PPAL	T- AA PISO 11	45	5,4	6,50	20	4#8 + 1#10(t)	0,28	1½"
T-AA PPAL	T- AA PISO 14	60	5,4	6,50	20	4#8 + 1#10(t)	0,37	1½"
T-AA PPAL	T- AA PISO 17	70	3,3	3,97	20	4#8 + 1#10(t)	0,27	1½"
T- SERVICIOS	T- LAVANDERI A	20	52,7	63,46	80	4#2 + 1#8(t)	0,29	2"
T- LAVANDERI A	T-LAVAN FUERZA	5	50	138,89	70*	4#1/0 + 1#6(t)	0,14	2"
T- SERVICIOS	T-HAB PS	10	3,81	10,58	20*	4#8 + 1#10(t)	0,12	1½"
T- SERVICIOS	T-TOMAS-H	10	25,8	71,67	40*	4#1/0 + 1#6(t)	0,15	2"
T-TOMAS-H	T-TOMAS-P5	30	12,4 8	34,67	40	4#4 + 1#8(t)	0,48	2"
T-TOMAS-H	T-TOMAS- P13	50	13,3 2	37,00	40	4#2 + 1#8(t)	0,57	2"
CM	T-PPAL-SP-H	10	70	84,30	200	4#2/0 + 1#4(t)	0,11	3"
T-PPAL-SP-H	T-ASC SP H	150	47,5	57,20	150	4#1/0 + 1#6(t)	1,34	2"
T-PPAL-SP-H	T-ILUM-SP	70	22,5	62,50	30*	4#4/0 + 1#2(t)	0,54	3"
T-ILUM-SP	T-IL-SP-ESC	15	4,75	13,19	20	4#8 + 1#10(t)	0,22	1½"
T-ILUM-SP	T-IL-SP-P5	5	8,8	24,44	30	4#8 + 1#10(t)	0,13	1½"
T-ILUM-SP	T-IL-SP-P13	40	8,9	24,72	30	4#2 + 1#8(t)	0,30	2"

*La protección es del lado de alta del transformador.

A continuación se muestra un ejemplo de cálculo de la tabla anterior (tablero de chiller del hotel):

Dispone de 4 unidades de enfriamiento, 5 bombas (1 de reserva) y 5 ventiladores (1 de reserva).

La corriente de cada equipo la hallaremos con la fórmula:

$$I = S / (\sqrt{3} * V)$$

Donde:

S= Potencia en kVA

V= Tensión de Línea

I= Corriente de Línea

En la siguiente tabla se muestra la potencia y corriente de cada equipo, así como los totales:

Tabla 4.39. Consumo de sistema de aire acondicionado (Chiller).

	kVA	Corriente (A)	Cant.	Total (kVA)	Total (A)
Chiller	215	258,91	4	860	1035,65
Bombas	30	36,13	4	120	144,51
Ventiladores	0,5	0,60	4	2	2,41
TOTALES				982	1182,56

Con estos valores se calculará el calibre de los conductores de fase, neutro y puesta a tierra.

Conductor de fase:

- Capacidad de corriente:

Tenemos un total de 1182,56 A. El mayor numero de calibre comercial es el 500 kcmil, el cual posee una ampacidad de 380 A. Los conductores deben estar dimensionados a un 125% de la corriente nominal:

$$1,25 \cdot 1182,56 \text{ A} = 1478,2 \text{ A}$$

Al dividir este valor entre la ampacidad del conductor, obtendremos la cantidad de conductores por fase:

$$1478,2 \text{ A} / 380 \text{ A} = 3,89$$

Es decir, que el total de conductores por fase será de 4 #500 kcmil.

- Caída de tensión:

El alimentador tendrá que recorrer una distancia de 120 m. Esto es desde el punto de salida en 480 V desde los transformadores en el centro de medición hasta el tablero, por lo que la caída de tensión (ΔV) ha de ser menor al 3% de la tensión de línea (480 V).

La corriente por cada conductor de fase será de:

$$1182,56 / 4 = 295,64 \text{ A}$$

$$\Delta V = I \cdot L \cdot Z_e$$

Dónde:

I = Corriente que circulará por el conductor (A).

L= Longitud del conductor (km).

Z_e = Impedancia efectiva. [Ω/km]

La impedancia efectiva viene dada por la siguiente expresión:

$$Z_e = \sqrt{(R \cdot F_p)^2 + (X_l \cdot \text{Sen}(\arccos F_p))^2}$$

Dónde: (Según Tabla 4 anexos)

La tubería es metálica (Acero)

R= 0,095 [Ω/km]

X_l = 0,157 [Ω/km]

F_p = 0,85 (Asumiendo)

El valor de la impedancia efectiva (Z_e) es de 0,1156 [Ω/km]

Sustituyendo en la siguiente fórmula, obtenemos:

$$\Delta V = I \cdot L \cdot Z_e = 295,64 \text{ A} \cdot 120 \text{ m} \cdot 0,1156 \text{ } \Omega/\text{km} = 4,10 \text{ V (0,85 \%)}$$

Como la tensión de línea es de 480 V, el valor de caída de tensión está por debajo del 3% (14,4 V), es decir, la cantidad de conductores por fase seleccionados son los adecuados, pero como la alimentación se realiza desde aguas arriba, para asegurar que la caída de tensión no llegue al valor limite, se seleccionarán 6 conductores por fase, obteniendo una caída de tensión de 2,73 V (0,57%).

- Capacidad de cortocircuito:

Se tiene en el punto de alimentación del tablero, un nivel de cortocircuito de 22,5 kA (Tabla 23 en anexos). Como existen 6 conductores, le corresponde a cada conductor:

$$22,5 \text{ kA} / 6 \text{ Conductores} = 3,75 \text{ kA}$$

Verificando con la fórmula descrita en el capítulo 2 de este informe:

$$(I^2/A^2)T=0.0297\log [(T2+234)/ (T1+234)]$$

Teniendo que:

$$I= 3,75 \text{ kA}$$

$$T1= 75^\circ\text{C}$$

$$T2= 150^\circ\text{C} \text{ (Ver tabla 2.4)}$$

$$T= 8 \text{ ms} \text{ (Tiempo de accionamiento de la protección. Ver en anexos)}$$

Nos queda que el área del conductor (A) que soporta este nivel de corto circuito por el tiempo estipulado, es igual a 5,66 kcmil. Esto quiere decir que el conductor 500 kcmil, que está por encima del valor obtenido de “A”, cumple con este criterio.

También se puede verificar utilizando las curvas de cortocircuito que se encuentran en “selección de calibre de conductores por capacidad de corto circuito” en anexos.

Conductor de neutro:

Según el CEN, sección 220.61, se permite realizar reducción del calibre del neutro.

Teníamos que la corriente por cada conductor de fase es de 197,09 A (6 conductores 500 kcmil). Entonces la corriente de diseño será de:

$$1,25 \times 197,09 \text{ A} = 246,36 \text{ A}$$

$$\text{Primeros } 200 \text{ A al } 100\% = 200 \text{ A}$$

$$\text{Resto al } 70\% = (246,36 \text{ A} - 200 \text{ A}) \times 0,7 = 32,45 \text{ A}$$

La corriente que circulará por el neutro será de 232,45 A. El calibre inmediato superior del conductor seleccionado por capacidad de corriente es el #250 kcmil. es decir, que se tendrán 6 conductores #250 kcmil.

Conductor de tierra: (Según CEN, sección 250.66)

Se tiene que para 6 conductores de fase #500 kcmil, el equivalente serían 2 conductores #1750 kcmil, por lo que el conductor de tierra (cobre) correspondiente sería el #3/0, pero comercialmente se encuentra el #4/0.

Tubería:

Según CEN (tabla 8 en anexos), el diámetro de la tubería (EMT) a seleccionar será de 4 pulgadas. Será un total de 6 tuberías EMT de 4 pulgadas.

En resumen, la alimentación del tablero de chiller se hará mediante 6 tuberías de 4" con [3 THW 500 kcmil + 1 THW 250 kcmil] + 1 # 4/0 desnudo (tierra). Por esta razón no se ajustó el calibre de conductor de fase, porque no se superó el número de 3 conductores activos por canalización.

Protecciones:

Como se alimentan motores, el CEN en su sección 430.62 establece que se tomará la suma de la corriente de protección del motor mayor más las corrientes nominales de los equipos restantes.

La protección mayor es del chiller (215 kW). Consume 258,91 A nominales, teniendo una protección:

$$1,25 * 258,91 \text{ A} = 323,64 \text{ A. (Sobrecarga)}$$

Es decir, la protección comercial cercana es de 350 A.

Esta máquina tiene para el arranque un variador de frecuencia, logrando no superar los valores nominales de corriente en el proceso de arranque.

Tenemos:

Protección mayor = 350 A

3 Chillers = $258,91 \text{ A} * 3 = 776,73 \text{ A}$

4 Bombas (30 HP) = $36,12 \text{ A} * 4 = 144,48 \text{ A}$

4 Ventiladores (0,5 HP) = $0,60 \text{ A} * 4 = 2,4 \text{ A}$

Nos da un total de 1273,61 A. Para este valor de corriente, la protección inmediata superior es de 1600 A.

Se debe tener en cuenta que la protección debe tener una capacidad de interrupción no menor de 22,5 kA, ya que éste es el nivel de la corriente de corto circuito en el punto de alimentación del mismo. (Ver tabla 23 en anexos).

4.4.- Centro Cultural

Los locales ubicados en el centro cultural contarán con alimentación directa de la electricidad de caracas a 480/277V desde el centro de medición ubicado en la parte norte del sótano 1. Adicionalmente existen los tableros general y preferencial, encargados de satisfacer la demanda de las cargas restantes en el centro cultural, tales como ascensores, escaleras mecánicas, iluminación, tomacorrientes, entre otras.

Cada local dispondrá de transformadores secos de 480/277V a 208/120V encargados de alimentar los tomacorrientes e iluminación del local. La alimentación de 480/277V la tendrán los sistemas de aire acondicionado y la iluminación de los pasillos.

Como cálculo tipo se presentará la demanda asociada a los servicios preferenciales. Ésta demanda está representada por las siguientes cargas:

- Iluminación de escaleras y de los pasillos de circulación peatonal.
- Las salidas para las lámparas de emergencia.
- Grupo de ascensores preferenciales según organización en estructura del complejo arquitectónico.

La carga por iluminación se estimara tomando en cuenta los valores establecidos en la tabla 1 de anexos.

- Pasillos y escaleras: 6 VA/m².

La tabla 4.40 refleja los kVA asociados a esta carga por piso.

Tabla 4.40. Carga por iluminación de los pasillos del Centro Cultural.

	Área (m²)	Total (kVA)
PB	3286,39	19,72
P1	1501,35	9,01
P2	1088,36	6,53
P3	1428,27	8,57
P4	917,9	5,51
		49,33

En el centro cultural se tienen dos escaleras de emergencia en los extremos, y cada una de ellas presenta 3 salidas de iluminación en cada nivel. La tabla 4.41 refleja los kVA asociados a estas zonas.

Tabla 4.41. Salidas para iluminación en escaleras del Centro Cultural.

	Cant. de Escaleras	Puntos de Iluminación Por piso por escalera	Cant. de pisos	Total de salidas	Total (*)
Escaleras	2	3	5	30	3 kVA

*Tomando consumo de salidas de iluminación de 100 W

Para las salidas de las lámparas de emergencia, se tiene que:

- 6 puntos en los pasillos de cada nivel.
- 1 punto en cada pasillo de entrada a la zona de baños, y existen 2 zonas de baños por cada nivel.
- 1 punto en cada nivel en las escaleras.

Esto nos da un total de 10 salidas por piso. La Tabla 4.42 refleja la demanda de las salidas de estos tomacorrientes.

Tabla 4.42. Salidas de lámparas de emergencia del Centro Cultural.

	Cant. por piso	kVA por piso	Cant. de pisos	Total (kVA)
PB	10	1,8	5	9

Existen dos grupos de ascensores (3 y 2 ascensores) en el centro cultural, por lo que corresponden 2 ascensores a los servicios preferenciales.

Tabla 4.43. Demanda de los ascensores preferenciales del centro cultural.

	HP	Cant	Subtotal	F.D. (*)	Total (kVA)
Ascensores	20	2	40	0,95	38

* Ver tabla 13 en anexos

Sumando las cargas, tenemos:

Tabla 4.44. Demanda de lo servicios preferenciales del Centro Cultural.

	Total (kVA)
IL. Pasillos	49,33
IL. Escaleras	3
Ascensores	38
Tomas	9
DEMANDA SERVICIOS PREFERENCIALES	99,33

En la siguiente tabla podremos observar el resumen de la demanda eléctrica del centro cultural:

Tabla 4.45. Demanda total del Centro Cultural.

TABLEROS	DEMANDA (kVA)
T-CUL-SG	270,82
T-CUL SP	99,33
Sumatoria Locales	1.962,61
Total	2.332,76

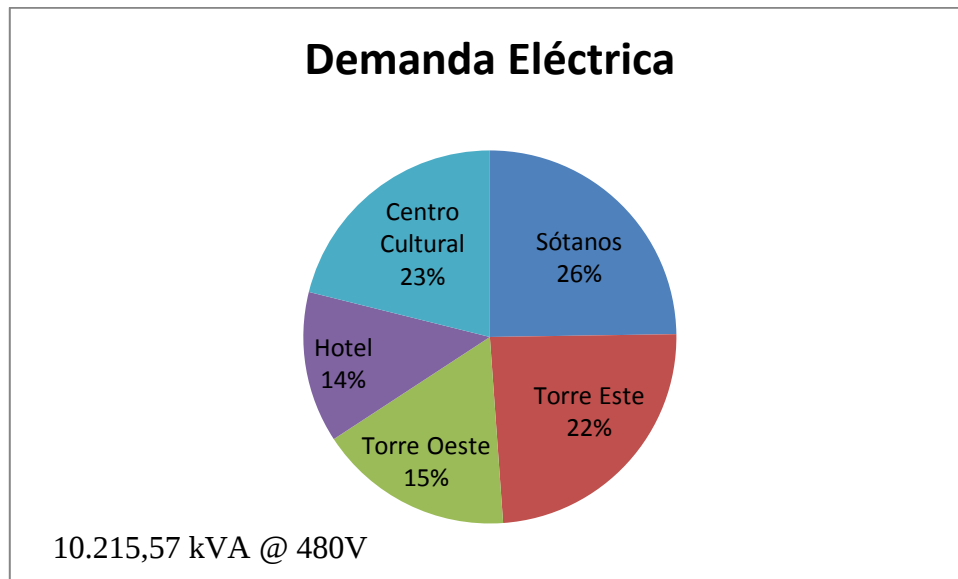
En los anexos se presenta el cuadro resumen con el cálculo de los alimentadores de cada local, incluyendo su conductor de neutro, tierra, protección y tubería.

4.5.- Demanda del complejo

En la tabla 4.46 se expresa un resumen de las demandas de cada sector, así como también se representan los porcentajes de consumo eléctrico en la grafica 4.1.

Tabla 4.46. Demanda total del complejo en kVA.

	Servicios Generales	Servicios Preferenciales	Oficinas u Locales	TOTAL (kVA)
Sótanos	2.175,63	494,09		2.669,72
Torre Este	1.348,4	64,49	782,20	2.195,09
Torre Oeste	1.044,09	62,01	464,30	1.570,4
Hotel	1.377,6	70		1.447,6
Centro Cultural	270,82	99,33	1.962,61	2.332,76
DEMANDA DEL COMPLEJO				10.215,57



Grafica 4.1. Demanda eléctrica de los sectores del complejo

Como se puede apreciar en la gráfica 4.1, la mayor demanda eléctrica del complejo la presenta el sector de los sótanos con un 26 % de la demanda total del complejo. La principal causa de esta demanda tan alta es la gran cantidad de inyectoras, extractores, bombas de agua y de achique, todo esto con el propósito de mantener el flujo de aire forzado, el nivel freático en el nivel indicado, y así evitar inundaciones en el complejo.

Otra gran parte del consumo del complejo corresponde a la carga de iluminación, la cual está basada en lámparas fluorescentes. Al sustituirlas por iluminación de tipo LED, la carga por iluminación disminuye en un 60% aproximadamente. Las equivalencias de estos equipos las encontramos en la sección de anexos (Equivalencias de equipos de iluminación en tecnología LED).

Para demostrar que los equipos de luminarias LED consumen menos que las de tipo fluorescente, se presenta un cálculo de ejemplo a continuación. De igual manera en la sección de anexos mencionada anteriormente, se hace la comparativa de consumo en Watt de cada luminaria.

Teniendo la luminaria fluorescente de 3x36 W:

$$3 \times 36 \text{ W} = 108 \text{ W} + 10 \text{ W (balasto magnético)} = 118 \text{ W consumo total}$$

El equipo equivalente en tecnología LED consume 35 W en total, esto quiere decir que:

$$\frac{35 \text{ W (LED)}}{118 \text{ W (Fluorescente)}} * 100 \% = 29,66 \% \cong 30 \% \text{ del consumo de la luminaria de tipo fluorescente.}$$

Es decir que la luminaria de tipo LED consume un aproximado de 70 % menos de la energía de una luminaria de tipo fluorescente.

El resto de los equipos de tecnología LED consumen entre un 50% y 70% menos de energía que las de tipo fluorescente. Esto resulta en un ahorro significativo de energía al realizar cambios en el tipo de luminaria a seleccionar, teniendo como único inconveniente que las luminarias de tipo LED son altamente costosas.

Debido al alto costo de estas lámparas (LED), existen otros métodos por los cuales se puede ahorrar energía eléctrica. Estas estrategias de última generación para la optimización y disminución en el consumo de la energía eléctrica debido a la iluminación, las presenta la empresa *Iluminación Helios*.

- Sistema de monitoreo QUANTUM (Ver anexos “Estrategias en Control de Iluminación”), con el que se precisa el uso y consumo de las lámparas en cualquier punto del complejo.
- Aprovechamiento de la luz solar, con el que a través de sensores dispuestos en las áreas requeridas, se regulará la intensidad de las lámparas. En conjunto se emplearán cortinas mecanizadas en las ventanas con el fin de aprovechar la luz solar, que al mismo tiempo significa un ahorro energético del sistema de aire acondicionado.

A continuación se presentan las estrategias planteadas por la empresa ILUMINACION HELIOS, así como también los resultados de ahorro energético que han obtenido:

- El recorte de capacidad máxima establece el nivel de luz máximo basándose en los requisitos de los clientes en cada espacio.
- Los sensores de presencia/vacancia encienden las luces cuando los ocupantes se encuentran en un espacio, y las apagan cuando las personas abandonan el espacio. (Ahorro del 15%).
- El control personal de atenuación ofrece a los ocupantes la capacidad de ajustar el nivel de luz. (Ahorro del 10%).
- El sistema controlable de cortinas en las ventanas reduce la absorción de calor solar y aprovecha la luz solar. (Ahorro del 10% en aire acondicionado y 15% en iluminación).
- La programación ofrece cambios en los niveles de luz basados en la hora del día. (Ahorro variable).

El uso de estas estrategias permite un ahorro significativo del consumo de energía eléctrica del complejo. En la sección de anexos (Estrategias en control de iluminación) se pueden apreciar los detalles de estas estrategias.

Adicionalmente es necesario definir que el sistema de aire acondicionado presentará disminuciones en cuanto a su capacidad de consumo, debido a que el complejo presenta una malla de acero que lo recubre, con lo que se disminuye la incidencia de los rayos solares, logrando de esta manera que las áreas internas del complejo presenten un aumento de temperatura menor. Aun así la demanda eléctrica del sistema de aire acondicionado (chiller) se calculó con la capacidad original.

Siendo uno de los objetivos no superar la demanda de 10 MVA, se puede decir que esta condición fue establecida debido a criterios financieros, es decir, para los inversionistas considerar la rentabilidad de este proyecto requería disminuir la cantidad de circuitos con los cuales La Electricidad de Caracas, C.A. prestaría el suministro de energía eléctrica. Anteriormente se requerían de 4 circuitos, ya que la demanda del complejo rondaba los 18 MVA, en cambio al rediseñar el complejo y realizar la estimación de la demanda, la cantidad de circuitos disminuyó a 2, por lo que la cantidad de dinero ahorrado era significativa.

Los parámetros de La Electricidad de Caracas, C.A. para el suministro de energía eléctrica establecen que cada circuito puede alimentar una carga de 5 MVA aproximadamente. Ahora, La Electricidad de Caracas, C.A. estableció que la demanda total del complejo se encuentra dentro del rango con el que dos circuitos pueden alimentar esta carga, logrando de esta manera obtener el suministro eléctrico y cumplir con el objetivo planteado en este proyecto. De igual manera los tableros principales (generales y preferenciales) de cada sector presentan transformadores de corriente, los cuales indicarán, a través de una interfaz dispuesta por el ingeniero de sistemas, si se exceden del consumo eléctrico previsto para los mismos, pudiéndose determinar que cargas se pueden desconectar y así no sobrecargar el sistema.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La mayor parte de la demanda en los sótanos es debido a la carga de los extractores, inyectores y bombas, mientras que en las edificaciones el mayor consumo lo tienen los sistemas de aire acondicionado, pero como se ha mencionado en el informe, el sistema de aire acondicionado presentará una disminución significativa de su capacidad, ya que el complejo presenta una malla de acero que reduce la incidencia de los rayos solares.

En las torres de oficinas nos encontramos con que los valores de capacidad de los transformadores secos seleccionados son discretos, es decir, la demanda de las oficinas pudiera ser menor pero debido a que no existen en el mercado valores intermedios de capacidad de los transformadores, se tiene que seleccionar el inmediato superior.

Todos los tableros principales asociados a los servicios generales y preferenciales presentarán dispositivos en los breakers que distribuirán una señal a través de una interfaz, con el propósito de monitorear en todo momento que cargas están conectadas y que cargas pudieran desconectarse.

Las estrategias presentadas por la empresa *Iluminación Helios*, resultarían en un ahorro significativo de energía. Estas estrategias pueden ser empleadas para futuros proyectos y así crear conciencia con respecto al consumo energético que resulta en un impacto al medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Penissi, Oswaldo.

“Canalizaciones Eléctricas Residenciales”

Novena Edición, Caracas 2005.

[2] CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL.

FONDONORMA 200:2009 (8va REVISIÓN). Caracas 2009.

[3] INMETEP C. A.

“Tableros de alumbrado y distribución”

<http://www.inmetep.com/productos.html>

[4] S.E.A. Soluciones Energéticas y Ambientales.

“Iluminación eficiente e inteligente”

<http://www.lacasaalemana.com/wp-content/uploads/2010/06/Presentacion-Illuminacion-Eficiente-Inteligente-para-Edificios.pdf>

[5] MARESA S. A.

“Transformadores Trifásicos”

<http://www.maresa.com/pdf/15%20transformadores%20de%20tension/p%2015-3%20transformadores%20trifasicos.pdf>

[6] Bernal, Gustavo.

“Cálculo de cargas y conductores”

http://www.ewh.ieee.org/r9/panama/files/nec2005/Calculo_Cargas_Conductores.pdf

ANEXOS

ANEXOS

- Tabla 1. Cargas de Iluminación General por tipo de Local.
- Tabla 2. Factor de demanda para carga de iluminación.
- Tabla 3. Factor de demanda para carga de tomacorriente.
- Tabla 4. Valores de resistencia y reactancia de corriente alterna (ca) en Ohmios al neutro por km, para cables de 600 Volt, 3 fases, 60 Hz, 75 °C, tres conductores sencillos.
- Tabla 5. Ampacidades admisibles de los conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 V y 60°C a 90°C con no más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30°C.
- Tabla 6. Factores de corrección para ampacidades admisibles de los conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 V y 60°C a 90°C con no más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30°C.
- Tabla 7. Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable.
- Tabla 8. Número máximo de conductores o cables de aparatos en tubería eléctrica metálica de tipo EMT.
- Tabla 9. Número máximo de conductores o cables de aparatos en tubos metálicos intermedios del tipo IMC.
- Tabla 10. Número máximo de conductores en tubos rígidos de PVC.
- Tabla 11. Factores de demanda y simultaneidad de motores.
- Tabla 12. Factores de Demanda del Alimentador de Ascensores.
- Tabla 13. Consumo de potencia en kVA por motor de un ascensor.
- Tabla 14. Áreas en m² de las zonas del sector de sótanos.
- Tabla 15. Áreas en m² de las zonas de la Torre Este.
- Tabla 16. Áreas en m² de las zonas de la Torre Oeste.

- Tabla 17. Áreas en m^2 de las zonas del hotel.
- Tabla 18. Áreas en m^2 de la Planta Baja del Centro Cultural.
- Tabla 19. Áreas en m^2 del Piso 1 del Centro Cultural.
- Tabla 20. Áreas en m^2 del Piso 2 del Centro Cultural.
- Tabla 21. Áreas en m^2 del Piso 3 del Centro Cultural.
- Tabla 22. Áreas en m^2 del Piso 4 del Centro Cultural.
- Tabla 23. Niveles de cortocircuito en kA, provistos por La Electricidad de Caracas, C.A. a la entrada de alimentación de los tableros.
- Dimensionamiento de cajas de paso.
- Ejemplo de cálculo de corriente de cortocircuito.
- Selección de calibre de conductores por capacidad de cortocircuito.
- Equivalencias de equipos de iluminación en tecnología LED.
- Transformadores secos.
- Equipos diversos.
- Estrategias en control de iluminación (Iluminación Helios C.A.).
- Normativa de la empresa.
- Planos.

Tabla 1. Cargas de Iluminación General por tipo de Local

Tipo de Local	Carga unitaria en VA/m²
Auditorios y Salas de armas	11
Bancos	39
Barberías y Salones de Belleza	33
Iglesias	11
Clubes	22
Unidades de Vivienda	33
Estacionamientos Comerciales	6
Hospitales	22
Hoteles y Moteles	22
Inmuebles industriales y comerciales	22
Inmuebles de Oficinas	39
Restaurantes	22
Tiendas	33
Almacenes y depósitos	3
En cualquiera de los locales anteriores excepto, viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda dúplex y multifamiliares se aplicará lo siguiente:	
Sala de reunión y auditorios	11
Recibos, pasillos, roperos y escaleras	6
Espacios de almacenaje	3

*Según CEN, sección 220.12

Tabla 2. Factor de demanda para carga de iluminación

Tipo de Local	Parte de la carga de iluminación a la que se aplica el factor de demanda (en VA)	Factor de Demanda (%)
Unidades de vivienda	Primeros 3000 o menos	100
	De 3001 a 120000	35
Hospitales	A partir de 120000	25
	Primeros 50000 ó menos	40
	Resto sobre 50000	20
Hoteles y moteles, incluyendo los departamentos sin previsión para que los inquilinos cocinen	Primeros 20000 ó menos	50
	De 20001 a 100000	40
	A partir de 100000	30
Almacenes, (depósitos)	Primeros 12500 ó menos	100
	A partir de 12500	50
Todos los demás	Total VA	100

*Según CEN, sección 220.42

Tabla 3. Factor de demanda para carga de tomacorriente

Factor de demanda aplicado a parte de la carga del tomacorriente (en VA)	Factor de demanda (%)
Primeros 10 kVA o menos	100
Resto sobre 10 kVA	50

*Según CEN, sección 220.44

Tabla 4. Valores de resistencia y reactancia de corriente alterna (ca) en Ohmios al neutro por km, para cables de 600 Volt, 3 fases, 60 Hz, 75 °C, tres conductores sencillos.

Calibre (AWG Ó kcmil)	Reactancia para Conductores		Resistencia para Conductores de Cobre			Resistencia para Conductores de Aluminio		
	Ducto PVC Y Aluminio	Ducto Acero	Ducto PVC	Ducto Aluminio	Ducto Acero	Ducto PVC	Ducto Aluminio	Ducto Acero
14	0,19	0,24	10,2	10,2	10,2	-	-	-
12	0,177	0,223	6,6	6,6	6,6	10,5	10,5	10,5
10	0,164	0,207	3,9	3,9	3,9	6,6	6,6	6,6
8	0,171	0,213	2,56	2,56	2,56	4,3	4,3	4,3
6	0,167	0,21	1,61	1,61	1,61	2,66	2,66	2,66
4	0,157	0,197	1,02	1,02	1,02	1,67	1,67	1,67
2	0,148	0,187	0,62	0,66	0,66	1,05	1,05	1,05
1	0,151	0,187	0,49	0,52	0,52	0,82	0,85	0,82
1/0	0,144	0,18	0,39	0,43	0,39	0,66	0,69	0,66
2/0	0,141	0,177	0,33	0,33	0,33	0,52	0,52	0,52
3/0	0,138	0,171	0,253	0,269	0,259	0,43	0,43	0,43
4/0	0,135	0,167	0,203	0,22	0,207	0,33	0,36	0,33
250	0,135	0,171	0,171	0,187	0,177	0,279	0,295	0,282
300	0,135	0,167	0,144	0,161	0,148	0,233	0,249	0,236
350	0,131	0,164	0,125	0,141	0,128	0,2	0,217	0,207
500	0,128	0,157	0,089	0,105	0,095	0,141	0,157	0,148

*Según CEN, Capítulo 9, Tabla 9.

Tabla 5. Ampacidades admisibles de los conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 V y 60°C a 90°C con no más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30°C.

CALIBRE	TEMPERATURA NOMINAL DEL CONDUCTOR					
AWG/kcmil	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THWN*, XHHW*, ZW*	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW- 2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
14	16	18	21			
12	20	24	27	16	18	21
10	27	33	36	21	25	28
8	36	43	48	28	33	37
6	48	58	65	38	45	51
4	66	79	89	51	61	69
2	88	105	119	69	83	93
1	102	121	137	80	95	106
1/0	121	145	163	94	113	127
2/0	138	166	186	108	129	146
3/0	158	189	214	124	147	167
4/0	187	223	253	147	176	197
250	205	245	276	160	192	217
300	234	281	317	185	221	250
350	255	305	345	202	242	273
400	274	328	371	218	261	295
500	315	378	427	254	303	342

*Según CEN, Tabla 310.16

Tabla 6. Factores de corrección para ampacidades admisibles de los conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 V y 60°C a 90°C con no más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30°C.

FACTORES DE CORRECCIÓN						
TEMPERATURA AMBIENTE EN °C	PARA TEMPERATURA AMBIENTE DISTINTA DE 30°C, MULTIPLICAR LAS ANTERIORES CAPACIDADES DE CORRIENTE POR EL CORRESPONDIENTE FACTOR ABAJO INDICADO					
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04
26-30	1	1	1	1	1	1
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76
56-60		0,58	0,71		0,58	0,71
* Si no se permite otra cosa específicamente en otro lugar de este <i>Código</i> , la protección contra sobreintensidad de los conductores marcados con un asterisco (*) no deberán superar los 15 Ampere para el número 14; 20 Ampere para el número 12 y 30 Ampere para el número 10 todos de cobre; o 15 Ampere para el número 12 o 25 Ampere para el número 10 de aluminio y aluminio recubierto de cobre						

*Según CEN, Tabla 310.16

Tabla 7. Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable.

Número de conductores portadores de corriente	Porcentaje de los valores de ampacidad de los conductores.
4 – 6	80
7 – 9	70
10 – 20	50
21 – 30	45
31 – 40	40
41 en adelante	35

*Según CEN, Tabla 310.15

Tabla 8. Número máximo de conductores o cables de aparatos en tubería eléctrica Metálica de tipo EMT.

CONDUCTORES											
Letras de Tipo	Calibre del Conductor AWG/kcmil	Dimensiones Métricas en mm y Tamaños Comerciales en Pulgadas									
		16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
		1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	1/2"	3"	1/2"	4"
TW,	14	8	15	25	43	58	96	168	254	332	424
THHW,	12	6	11	19	33	45	74	129	195	255	326
THW,	10	5	8	14	24	33	55	96	145	190	243
THW-2	8	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
RHH*,	14	6	10	16	28	39	64	112	169	221	282
RHW*,	12	4	8	13	23	31	51	90	136	177	227
RHW-2*	10	3	6	10	18	24	40	70	106	138	177
	8	1	4	6	10	14	24	42	63	83	106
RHH*,	6	1	3	4	8	11	18	32	48	63	81
RHW*,	4	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
RHW-2*	3	1	1	3	5	7	12	20	31	40	52
TW,	2	1	1	2	4	6	10	17	26	34	44
THHW,	1	1	1	1	3	4	7	12	18	24	31
THW,											
THW-2											
	1/0	0	1	1	2	3	6	10	16	20	26
	2/0	0	1	1	1	3	5	9	13	17	22
	3/0	0	1	1	1	2	4	7	11	15	19
	4/0	0	0	1	1	1	3	6	9	12	16
	250	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	300	0	0	1	1	1	2	4	6	8	11
	350	0	0	0	1	1	1	4	6	7	10
	400	0	0	0	1	1	1	3	5	7	9
	500	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7

* Los cables RHH, RHW y RHW-2, sin cubierta exterior. (Según CEN, Anexo C)

Tabla 9. Número máximo de conductores o cables de aparatos en tubos metálicos intermedios del tipo IMC.

CONDUCTORES											
Letras de Tipo	Calibre del Conductor AWG/ kcmil	Dimensiones Métricas en mm y Tamaños Comerciales en Pulgadas									
		16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
		1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"
TW,	14	10	17	27	47	64	104	228	228	304	392
THHW,	12	7	13	21	36	49	80	175	175	234	301
THW,	10	5	9	15	27	36	59	130	130	174	224
THW-2	8	3	5	8	15	20	33	72	72	97	124
RHH*,	14	6	11	18	31	42	69	98	151	202	261
RHW*,	12	5	9	14	25	34	56	79	122	163	209
RHW-2*	10	4	7	11	19	26	43	61	95	127	163
	8	2	4	7	12	16	26	37	57	76	98
RHH*,	6	1	3	5	9	12	20	28	43	58	75
RHW*,	4	1	2	4	6	9	15	21	32	43	56
RHW-2*	3	1	1	3	6	8	13	18	28	37	48
TW,	2	1	1	3	5	6	11	15	23	31	41
THHW,	1	1	1	1	3	4	7	11	16	22	28
THW,											
THW-2											
	1/0	1	1	1	3	4	6	9	14	19	24
	2/0	0	1	1	2	3	5	8	12	16	20
	3/0	0	1	1	1	3	4	6	10	13	17
	4/0	0	1	1	1	2	4	5	8	11	14
	250	0	0	1	1	1	3	4	7	9	12
	300	0	0	1	1	1	2	4	6	8	10
	350	0	0	1	1	1	2	3	5	7	9
	400	0	0	0	1	1	1	3	4	6	8
	500	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7

* Los cables RHH, RHW y RHW-2, sin cubierta exterior.

(Según CEN, Anexo C)

Tabla 10. Número máximo de conductores en tubos rígidos de PVC.

CONDUCTORES											
Letras de Tipo	Calibre del Conductor AWG/ kcmil	Dimensiones Métricas en mm y Tamaños Comerciales en Pulgadas									
		16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
		1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"
TW,	14	6	11	20	35	49	82	118	185	250	324
THHW,	12	5	9	15	27	38	63	91	142	192	248
THW,	10	3	6	11	20	28	47	67	106	143	185
THW-2	8	1	3	6	11	15	26	37	59	79	103
RHH*,	14	4	8	13	23	32	55	79	123	166	215
RHW*,	12	3	6	10	19	26	44	63	99	133	173
RHW-2*	10	2	5	8	15	20	34	49	77	104	135
	8	1	3	5	9	12	20	29	46	62	81
RHH*,	6	1	1	3	7	9	16	22	35	48	62
RHW*,	4	1	1	3	5	7	12	17	26	35	46
RHW-2*	3	1	1	2	4	6	10	14	22	30	39
TW,	2	1	1	1	3	5	8	12	19	26	33
THHW,	1	0	1	1	2	3	6	8	13	18	23
THW,											
THW-2											
	1/0	0	1	1	1	3	5	7	11	15	20
	2/0	0	1	1	1	2	4	6	10	13	17
	3/0	0	0	1	1	1	3	5	8	11	14
	4/0	0	0	1	1	1	3	4	7	9	12
	250	0	0	0	1	1	2	3	5	7	9
	300	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8
	350	0	0	0	1	1	1	2	4	6	7
	400	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	500	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5

* Los cables RHH, RHW y RHW-2, sin cubierta exterior.

(Según CEN, Anexo C)

Tabla 11. Factores de demanda y simultaneidad de motores.

Tipo de Motor	Factor de demanda (%)	Factor de simultaneidad (%)		
		5 Motores	10 Motores	20 Motores
De 0,5 a 2 kVA	100	80	60	50
De 2,5 a 10 kVA	70	80	70	60
De 10,5 a 30 kVA	80	80	65	50
Más de 30 kVA	80	70	60	55
Grúas y Montacargas	80	40*	40*	20**

*De 4 a 7 Unidades

**De 2 a 3 Unidades

Fuente: Oswaldo Penissi, Canalizaciones Eléctricas Residenciales, 9na Edición, P. 112.

Tabla 12. Factores de Demanda del Alimentador de Ascensores.

No. De Ascensores en un alimentador	Factor de Demanda
1	1,00
2	0,95
3	0,90
4	0,85
5	0,82
6	0,79
7	0,77
8	0,75
9	0,73
10 ó más	0,72

Según CEN, Sección 620.14

Tabla 13. Consumo de potencia en kVA por motor de un ascensor.

Velocidad Nominal (m/s)	Numero de Personas					
	4	8	10	13	16	20
1,0	6	12	14	19	30	30
1,3	8	16	20	30	30	40
1,5	9	20	30	30	40	40
1,8	15	30	30	30	50	50
2,0	15	30	30	40	50	60

Fuente: Oswaldo Penissi, Canalizaciones Eléctricas Residenciales, 9na Edición, P. 183.

Tabla 14. Áreas en m² de las zonas del sector de sótanos.

ZONA	NIVEL				
	Sótano 1	Sótano 2	Sótano 3	Sótano 4	Sótano 5
Depósitos y oficinas	731,70	287,34	178,49	100,88	100,88
Escaleras	115,31	115,86	115,31	115,31	115,31
Cuartos de Servicios e Instalaciones	1.696,67	705,32	624,53	615,68	704,25
Puestos, rampas y circulación	8.547,11	11.106,57	11.012,67	10.932,37	10.843,80

Tabla 15. Áreas en m² de las zonas de la Torre Este.

PISO	Pasillos	Escaleras	Cuartos
1	71,21	41,09	73,02
2	70,55	40,55	59,35
3	70,55	40,57	59,36
4	70,58	40,58	59,28
5	70,58	40,58	59,28
6	70,58	40,63	59,25
7	70,58	40,63	59,25
8	70,59	40,69	59,21
9	70,59	40,69	59,21
10	70,59	40,69	59,19
11	70,60	40,69	59,19

Tabla 16. Áreas en m² de las zonas de la Torre Oeste.

PISO	Pasillos	Escaleras	Cuartos
1	102,63	41,09	73,02
2	70,55	40,57	59,37
3	70,55	40,57	59,37
4	70,57	40,58	59,30
5	70,57	40,58	59,30
6	70,58	40,63	59,24
7	70,58	40,63	59,24

Tabla 17. Áreas en m² de las zonas del hotel.

Zonas	PB	Piso 1 a 16	Piso 17	Restaurant	Sala Máquinas A/A	Sala Máquinas Ascensores
Hab 01	0,00	37,69	0,00	0,00	0,00	0,00
Hab 02	0,00	37,69	0,00	0,00	0,00	0,00
Hab 03	0,00	59,59	59,59	0,00	0,00	0,00
Hab 04	0,00	34,29	34,29	0,00	0,00	0,00
Hab 05	0,00	34,47	34,47	0,00	0,00	0,00
Hab 06	0,00	34,47	34,47	0,00	0,00	0,00
Hab 07	0,00	34,47	34,47	0,00	0,00	0,00
Hab 08	0,00	34,47	34,47	0,00	0,00	0,00
Hab 09	0,00	34,47	34,47	0,00	0,00	0,00
Hab 10	0,00	34,47	34,47	0,00	0,00	0,00
Hab 11	0,00	34,29	34,29	0,00	0,00	0,00
Hab 12	0,00	59,59	59,59	0,00	0,00	0,00
Pasillos	103,86	165,24	143,57	68,94	0,00	0,00
Escaleras	38,70	38,70	38,70	38,70	35,76	18,61
Áreas de Servicios	57,23	57,23	57,23	57,23	541,64	419,13
Hab. Empleados	102,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lavandería	319,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Comedor Restaurante	0,00	0,00	0,00	304,60	0,00	0,00
Baños Restaurante	0,00	0,00	0,00	29,59	0,00	0,00
Cocina Restaurante	0,00	0,00	0,00	130,77	0,00	0,00

Tabla 18. Áreas en m² de la Planta Baja del Centro Cultural.

Zonas	Área
Local 001	38,18
Local 002	31,99
Local 003	39,84
Local 004	76,63
Local 005	41,49
Local 006	25,35
Local 007	35,27
Local 008	59,84
Local 009	41,51
Local 010	111,04
Local 011	35,95
Local 012	55,09
Local 013	92,24
Local 014	39,20
Local 015	77,53
Local 016	24,98
Local 017	69,39
Local 018	78,34
Local 019	99,12
Local 020 DOBLE ALTURA	113,69
Local 021 DOBLE ALTURA	111,81
Local 022 DOBLE ALTURA	108,07
Local 023 DOBLE ALTURA	107,38
Local 024 DOBLE ALTURA	170,11
Local 025 DOBLE ALTURA	170,11
Local 026 DOBLE ALTURA	107,39
Local 027 DOBLE ALTURA	108,48
Local 028 DOBLE ALTURA	111,81
Local 029 DOBLE ALTURA	145,75
Local 030	125,39
Circulación	3.286,39
Servicios (cuartos, escaleras, baños)	1.755,81
Lobby - Recepción hotel	402,97
Lobby oficinas	348,40
Sala Usos Múltiples	844,92

Tabla 19. Áreas en m² del Piso 1 del Centro Cultural.

Zonas	Áreas
Local 102	265,47
Local 104	44,22
Local 106	119,52
Local 108	116,89
Local 110	49,47
Local 111	52,93
Local 112	104,72
Local 113	29,85
Local 114	47,89
Local 115	85,82
Local 116	44,21
Local 117	119,62
Local 118	243,50
Local 119	105,39
Local 120	69,43
Local 101 Administración cines	18,42
Local 103 Cuarto Audiovisual 1	74,26
Local 105 Cuarto Audiovisual 2	79,81
Local 107 Cuarto Audiovisual 3	79,80
Local 109 Cuarto Audiovisual 4	47,60
Circulación	1.501,35
Servicios (cuartos, escaleras, baños)	844,43
Administración Hotel	116,07
Sala de Conciertos	1.041,54

Tabla 20. Áreas en m² del Piso 2 del Centro Cultural.

Zonas	Área
Local 201	22,83
Local 202	465,68
Local 203	22,83
Local 204	27,84
Local 205	22,83
Local 206	345,56
Local 207	22,83
Local 208	360,00
Local 209	39,74
Local 210	73,84
Local 211	216,88
Local 212	294,33
Local 213	46,87
Local 214	344,04
Local 215	85,20
Local 216	27,84
Local 217	96,53
Local 218	405,08
Local 219	82,77
Local 220	72,05
Servicios cines	92,96
Local 103 Audiovisual 1	158,62
Local 105 Audiovisual 2	160,42
Local 107 Audiovisual 3	160,42
Local 109 Audiovisual 4	173,77
Circulación	1.088,36
Servicios (cuartos, escaleras, baños)	866,84
Sala de Conciertos	841,49

Tabla 21. Áreas en m² del Piso 3 del Centro Cultural.

Zonas	Área
Local 304 Sur local comercial	59,45
Local 305 Sur local comercial	21,75
Local 306 Sur local comercial	16,92
Local 315 local comercial	21,75
Local 316 local comercial	16,90
Local 301 cocinas hotel	847,93
Local 302 restaurante	313,85
Local 303 local usos múltiples	102,53
Local 304 Norte local usos múltiples	90,05
Local 305 Norte local usos múltiples	77,04
Local 306 Norte local usos múltiples	85,60
Local 307 local servicios de negocios	250,99
Local 308 local usos múltiples	130,24
Local 309 Pantry	85,31
Local 310 local usos múltiples	423,45
Local 311 local usos múltiples	212,84
Local 312 local usos múltiples	136,89
Local 313 A local usos múltiples	52,26
Local 313 B Pantry	103,94
Local 314 local usos múltiples	56,32
Local 317 local usos múltiples	341,53
Local 318 local usos múltiples	83,00
Bar y espacio anexo al bar	89,93
Circulación	1.428,27
Servicios (cuartos, escaleras, baños)	674,31

Tabla 22. Áreas en m² del Piso 4 del Centro Cultural.

Zonas	Área
Local 402	634,81
Local 403	880,90
LOCAL 401 Cafetería	257,51
Gerencia administración	281,57
Circulación	917,90
Servicios (cuartos, escaleras, baños)	708,20
Área de piscina	99,30

Tabla 23. Niveles de cortocircuito en kA, provistos por La Electricidad de Caracas, C.A. a la entrada de alimentación de los tableros.

	Servicios Preferenciales	Servicios Generales	A/A	Oficinas, Habitaciones y Locales
Torres Este y Oeste	10	10	22,5	Menor a 10
Sótanos	10	22,5	-	-
Hotel	10	10	22,5	Menor a 10
Centro Cultural	10	10	-	Menor a 10

*Valores obtenidos del proyecto de módulos de alimentación eléctrica de La Electricidad de Caracas, C.A.

DIMENSIONAMIENTO DE CAJAS DE PASO

DIMENSIONAMIENTO DE CAJAS

1.- Cajas Terminales: (----- (J))

a) Como regla práctica usamos caja de 4" x 4" x 1 1/2" hasta 7 # 12 ó 5 # 10, y caja de 4" x 4" x 2 1/8" hasta 10 # 12 ó 9 # 10. En estos casos en los planos solo se marca la salida correspondiente (que puede ser Φ ó $\bigcirc$ ó S ó (J)) sin poner dimensiones de la caja.

b) Se usa caja de 5" x 5" x 2 1/8" con reducción desde los límites máximos dados en (a) hasta 14 # 12 ó 12 # 10. En ese caso se indica así:

5" x 5" con reducción

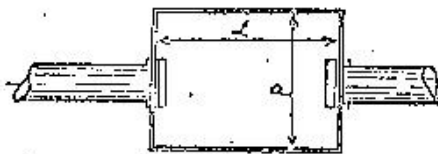
c) Para cables mayores que # 10 se dimensiona la caja en base al tamaño del conduit que llega, así:

<u>Conduit que llega</u>	<u>Tamaño caja</u>
1"	6" x 6" x 4"
1 1/2"	8" x 8" x 4"
2"	12" x 12" x 4"
2 1/2"	14" x 14" x 6"
3"	18" x 18" x 6"
4"	24" x 24" x 8"

NOTA: Estos serán tamaños mínimos.

...../.....

2. - Cajas en tendido recto: (-----[J]-----)



En estos casos $l = 8$ veces el diámetro del conduit mayor.

$$a = 75\% \text{ de } l$$

$p = 2$ veces el diámetro del conduit mayor

Ejemplo: Entran 1 $\phi 3''$ y 2 $\phi 2''$ y vuelven a salir.

$$l = 8 \times 3 = 24''$$

$$a = 75\% \text{ de } 24 = 18'' \quad \text{OJO: } a = \text{al S. centro de la caja}$$

$$p = 2 \times 3 = 6''$$

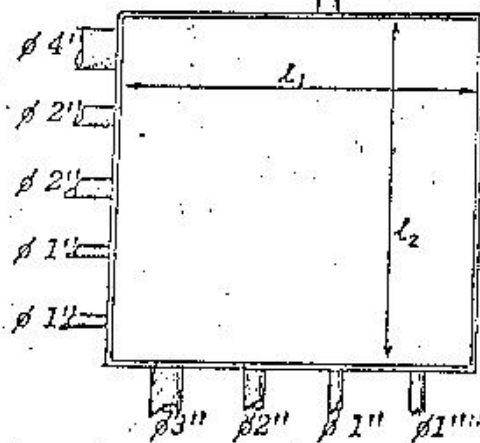
ordenación por prioridad
(centro)

dimensiones de J = $24'' \times 18'' \times 6''$

3. - Cajas en tendido en angulo: (-----[J]-----)

En estos casos la distancia entre cada entrada de tubo y la pared opuesta no debe ser menor que 6 veces el diámetro del conduit mayor + la suma de los diámetros de los otros conduits.

Ejemplo: $\phi 2''$
1



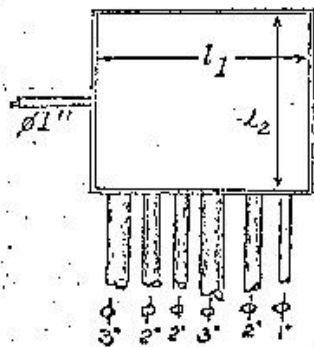
$$l_1 = 6 \times 4'' + 2'' + 2'' + 1'' + 1'' = 30''$$

$$l_2 = 6 \times 3'' + 2'' + 1'' + 1'' = 22''$$

La profundidad $p = 2 \times 4'' = 8''$

Dimensión: $30'' \times 22'' \times 8''$

4.- Cajas en tendidos en U. (J)



$$l_2 = 6 \times 3'' + 2'' + 2'' + 3'' + 2'' + 1'' = 28''$$

$l_1 = 2$ veces la suma de los conduits de la cara más congestionada.

$$l_1 = 2 \times (3 + 2 + 2 + 3 + 2 + 1) = 26''$$

$$prof = 2 \times 3'' = 6''$$

dimensión: $28'' \times 26'' \times 6''$

EJEMPLO DE CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

Tomado de “Cálculo de cargas y conductores” (Ver bibliografía): Se tiene un transformador con una relación de transformación de 13,8 kV-480/277 V de 200 kVA con 1,5% impedancia. Este transformador alimenta a un equipo mediante 30 metros de conductor #250 kcmil dentro de tubería metálica (acero).

La corriente a plena carga del transformador es:

$$I = S / (\sqrt{3} * V) = 200 \text{ kVA} / (\sqrt{3} * 480 \text{ V}) = 241 \text{ A.}$$

La corriente de cortocircuito disponible del transformador es:

$$I_{cc} = I / |Z| = 241 \text{ A} / 0,015 \Omega = 16,07 \text{ kA}$$

La impedancia del conductor #250 kcmil es: (Ver tabla 4 en anexos)

$$R_{cond} = 0,03 \text{ km} * [0,177 + j 0,171] \Omega / \text{km} = [0,00531 + j 0,00513] \Omega$$

La resistencia del transformador:

$$Z_{Trans} = V_{neutro} / I_{cc} = 277 \text{ V} / 16,07 \text{ kA} = j 0,01724 \Omega$$

La corriente de cortocircuito en el punto de alimentación será de:

$$I_{CC} = V_{neutro} / |Z_{Total}| = 277 \text{ V} / |0,00531 + j (0,00513 + 0,01724)| \Omega = 12,05 \text{ kA}$$

SELECCIÓN DE CALIBRE DE CONDUCTORES POR CAPACIDAD DE CORTOCIRCUITO

1.- Corriente de cortocircuito simétrica permisible en conductores de cobre con aislante TTU y THW (Polietileno)

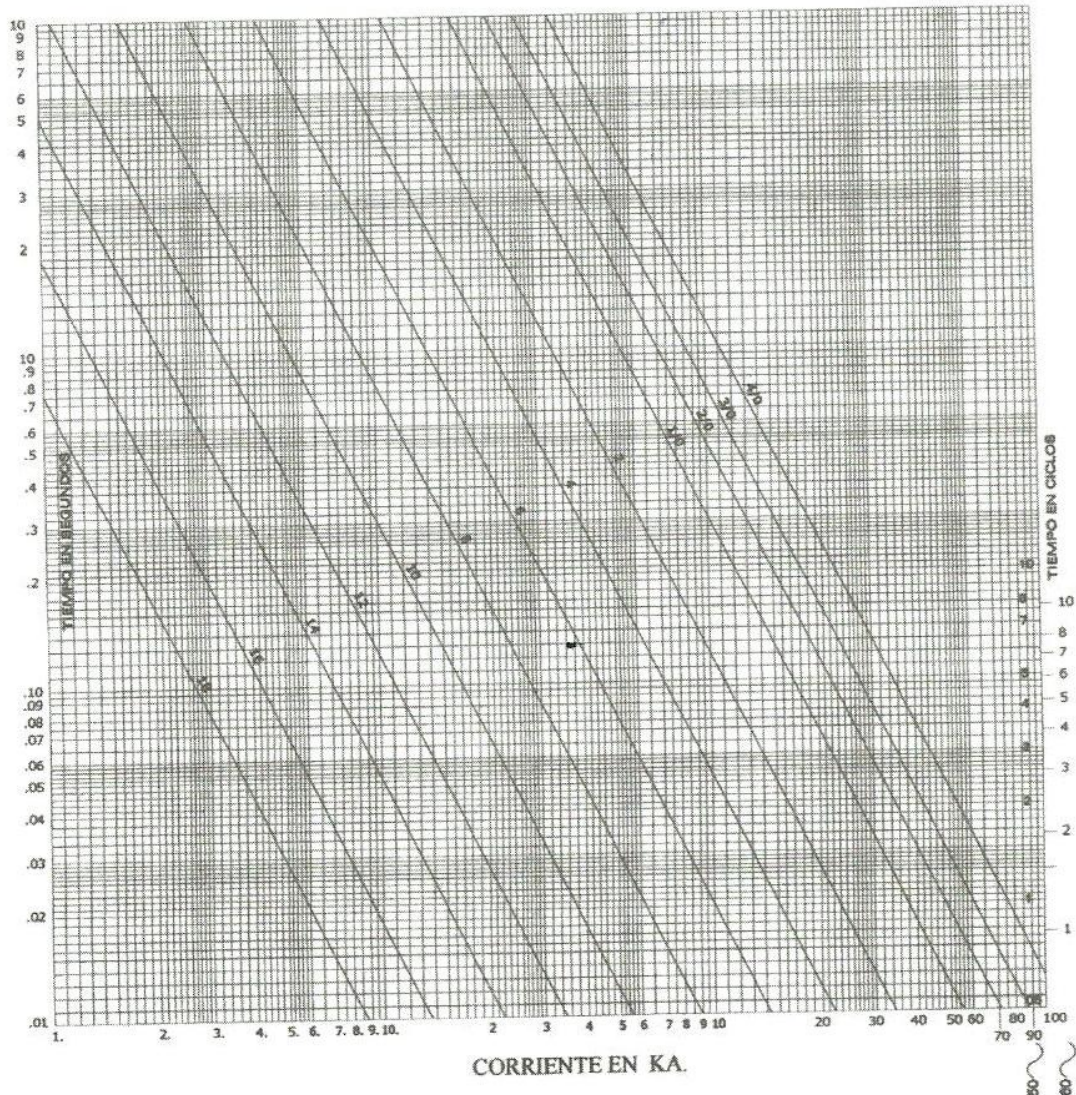


GRAFICO OBTENIDO DE LA FORMULA

$$\left(\frac{1}{A}\right)^2 t = 0.0297 \cdot \lg \left(\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right)$$

$$I = A \frac{0.0592}{\sqrt{t}}$$

I = CORRIENTE DE CC. EN AMP.

A = AREA DEL CONDUCTOR EN CIRCULAR MIL.

T₁ = 60° C

T₂ = 150° C

t = TIEMPO DEL CC. EN SEGUNDOS.

2.- Corriente de cortocircuito simétrica permisible en conductores de cobre con aislante TTU y THW (Polietileno).

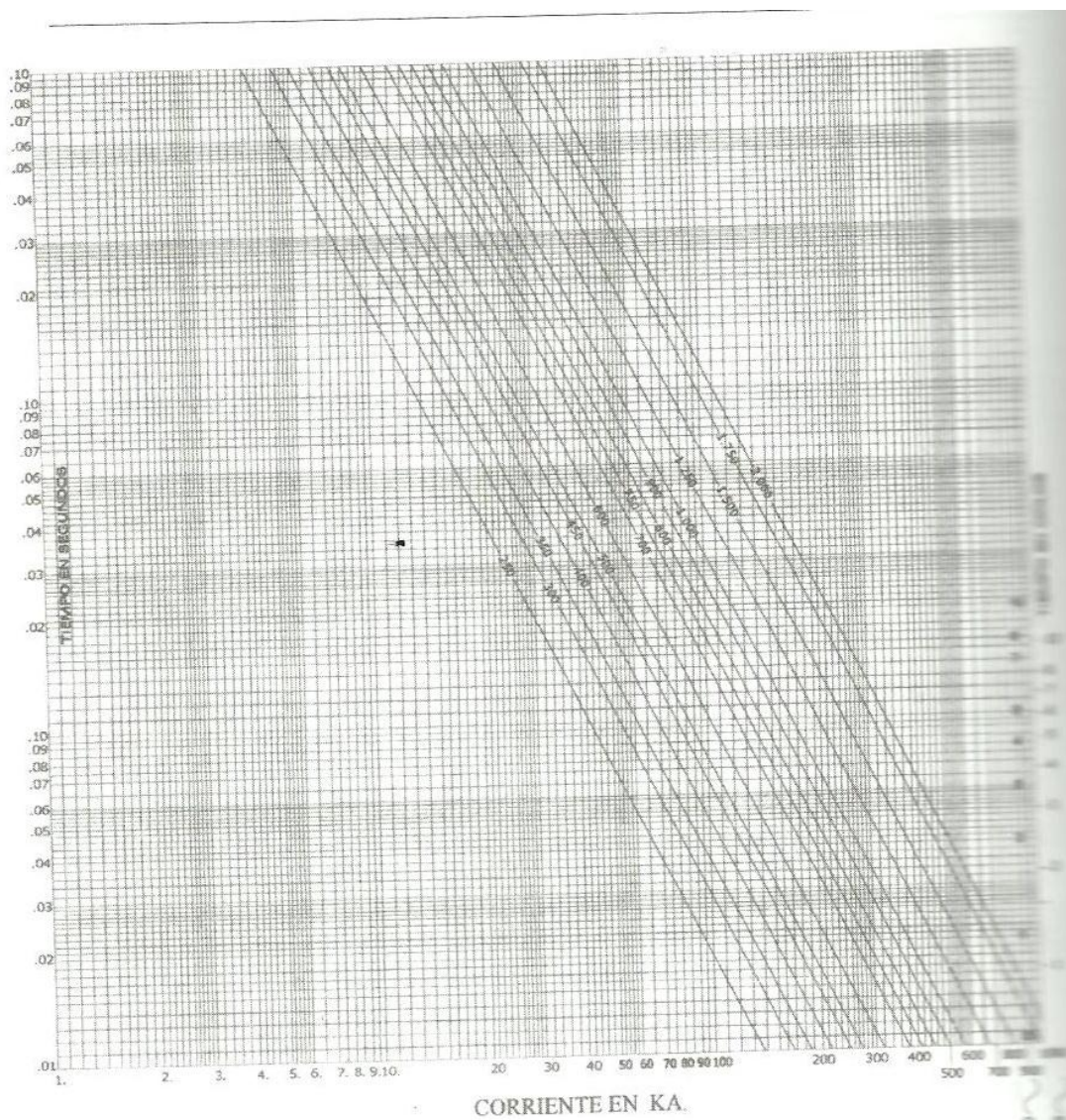


GRAFICO OBTENIDO DE LA FORMULA

$$\left(\frac{I}{A}\right)^2 t = 0.0297 \cdot \lg \left(\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234}\right)$$

$$I = A \frac{0.0592}{\sqrt{t}}$$

I = CORRIENTE DE CC. EN AMP.

A = AREA DEL CONDUCTOR EN CIRCULAR MIL.

T₁ = 75° C

T₂ = 150° C

t = TIEMPO DEL CC. EN SEGUNDOS.

EQUIVALENCIAS DE EQUIPOS DE ILUMINACIÓN EN TECNOLOGÍA LED



Consumo: 10 Watts.

Amperaje: 1,5 Amper.

Brillo : 190 lux.

Reemplazo: 2 lámparas DULUX de 36 Watts.

SEA - 101 FCL



Consumo: 35 Watts.

Amperaje: 3,3 Amper.

Brillo : 326 lux.

Reemplazo: 3 lámparas DULUX de 36 Watts.

SEA - 201 OFFICE



SEA - 601 Halo Par

Consumo: 7 Watts.

Reemplazo: 1 lámpara Halo Par de 50 Watts.



TRANSFORMADORES SECOS

Transformadores secos, trifásicos, Tipo QL, ventilados									
Capacidad (KVA)	Frecuencia (Hz)	Modelo	Taps	Tensión primaria: 480 Vac Tensión secundaria: 208-120V					
				Peso (kg)		Dimensiones (mm)			
				Al	Cu	Alto	Ancho	Profundidad	
15	60	9T23B3871	6	84	91	700	482	421	
30	60	9T23B3872	6	136	143	820	610	459	
45	60	9T23B3873	6	166	186	820	610	459	
50	60	9T23B3864	6	166	-	820	610	459	
75	60	9T23B3874	6	229	252	910	813	602	
112.5	60	9T23B3875	6	295	326	1020	813	602	
150	60	9T23B3876	6	352	393	1170	889	602	
225	60	9T23B3877	6	468	536	1219	978	735	
300	60	9T23B3878	6	622	697	1314	1080	768	
500	60	9T23B3879	6	1135	1294	1483	1080	883	

EQUIPOS DIVERSOS

1.- Curva tiempo vs. Corriente de un interruptor Fi 225.

Type Fz225 Molded Case Circuit Breakers

Thermal Magnetic Trip, Fixed Thermal-Fixed Magnetic

Maximum Volts AC: 440 at 50/60 Hz Maximum Volts DC: 250 Poles: 2 and 3

NEMA Interrupting Ratings 14 kA @ 480 Volts AC

Breaker Rating

Continuous
Amperes

Instantaneous
Trip Amperes

175, 200, 225

$10 \times I_n$

Interrupting Ratings (IEC 947-2)

RMS Symmetrical Amperes (kA)

Volts

I_{cu}

I_{cs}

220-240 AC

25

13

380-415 AC

18

9

440 AC

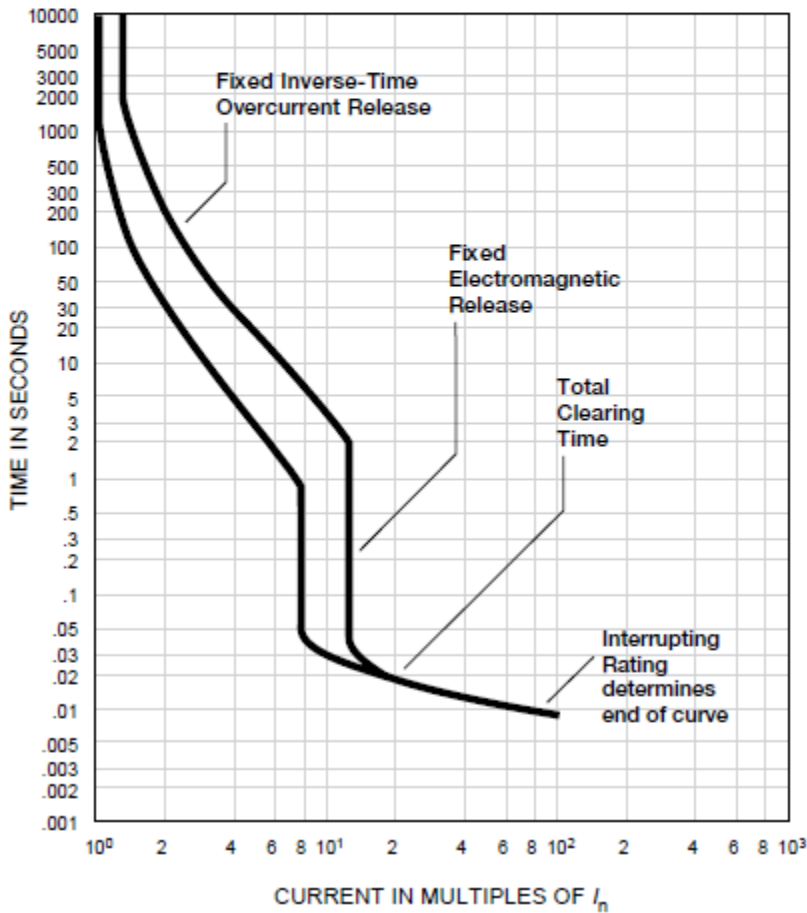
14

7

250 DC

10

5



2.- Microondas



Consumo: 850 W

3.- Nevera Ejecutiva



Consumo: 80 W

4.- Impresora



Consumo: 13,88 W

5.- Cafetera



Consumo: 900 W a 1300 W

6.- Dispensador de agua

	Modelo	YLR2-5-X(16T)
	Voltaje AC	220V/50HZ o 110V/60HZ
	Potencia de refrigeración (W)	112
	Potencia de calefacción (W)	500
	Capacidad de refrigeración (L/H)	≤10°C 2L/H
	Capacidad de calentamiento (L/H)	≥90°C 5L/H
	Consumo de energía	1.65kW.h/24h
	Ambiente de trabajo	10-38°C
	Tipo de protección contra descargas eléctricas	I
	N.W.(KGS)	16
	G.W.(KGS)	17
	Medidas de la unidad (MM)	310X310X510
	Medidas del embalaje regular (MM)	370X390X560
	1*20'(PCS)	360
	1*40'(PCS)	720
	1*40HQ'(PCS)	900

Consumo: 112 W

7.- Fotocopiadora

- * Impresión/copia a 20 páginas por minuto
- * Documentos a doble cara
- * Excelente resolución de impresión de 1200 ppp
- * Ideal para pequeños grupos de trabajo
- * Fácil instalación en red
- * Ahorro de energía de manera automática cuando no se está utilizando.
- * Respetuosa con el medio ambiente



Tipo	Sobremesa
Max. Tamaño Original	A4
Tamaños de Copia	Casete: A4 Desvío de pila: A5-A4, sobres
Velocidad Copia/Impresión	A4: 30ppm B/N y color / A3: 18ppm en B/N y color
Rango de Ampliación/Reducción	Zoom: 50-200% Fijo: 50%, 70%, 100%, 141%, 200%
Tiempo primera Copia	8 seg. o menos
Tiempo Calentamiento de	Menos de 16 segundos
Resolución	Lectura: 600ppp x 600ppp Copia: 600ppp x 600ppp Impresión: 1200ppp x 1200ppp (sólo texto/línea, media velocidad, opcional para IRC2380i) 256 gradaciones
Doble Cara	Sin pila de forma automática
Gramaje del Papel	Casete: de 64 a 90 g/m ² Desvío de pila: de 56 a 128 g/m ² Doble cara: de 64 a 80 g/m ²
Tamaño del Papel	A4R, A5R, A5
Procesador	Procesador personalizado Canon de 192 MHz (utiliza la CPU de la unidad principal)
Memoria	128 MB
Interface	Ethernet (100 Base-TX/10 Base-T), USB 2.0
Fuente de Alimentación	220-240V CA (50/60 Hz)
Consumo de Potencia	1023 W máx.

Consumo: 1023 W

ESTRATEGIAS EN CONTROL DE ILUMINACION (ILUMINACION HELIOS C.A.)

Estrategias del control de iluminación para ahorrar energía

Combine estrategias de control de iluminación para aumentar al máximo la eficiencia

Quando la atenuación se utiliza junto con los sensores de Lutron, el sistema puede ofrecer ahorros de energía de iluminación que superan el 60%. Añada cortinas para obtener una solución total de manejo de la iluminación que ofrece ahorros adicionales por la reducción en el uso del AC. **Los edificios que operan con un sistema de manejo total de la iluminación de Lutron pueden ahorrar 1 USD o más por pie cuadrado al año.¹**

Estrategias del control de iluminación para ahorrar energía

Estrategia	Ahorros potenciales
 min. 100% min. 50%	El recorte de capacidad máxima establece el nivel de luz máximo basándose en los requisitos de los clientes en cada espacio. ⁷ 20% en iluminación
 ocupado: on vacío: off	Los sensores de presencia/vacancia encienden las luces cuando los ocupantes se encuentran en un espacio y las apagan cuando las personas abandonan el espacio. ⁸ 15% en iluminación
 solo: on atenuado	El aprovechamiento de la luz del día atenúa las luces eléctricas cuando la luz del día está disponible para iluminar el espacio. ⁹ 15% en iluminación
 solo: on atenuado	El control personal de atenuación les ofrece a los ocupantes la capacidad de ajustar el nivel de luz. ¹⁰ 10% en iluminación
 cortina abierta cortina cerrada	El sistema controlable de cortinas en las ventanas mueve las cortinas para reducir el resplandor y la absorción de calor solar. ¹¹ 10% en aire acondicionado
 7 a.m.: Atenuado 7 p.m.: on	La programación ofrece cambios programados en los niveles de luz basados en la hora del día. ¹² Variable
 solo: on atenuado	La respuesta a la demanda reduce automáticamente las cargas de iluminación durante las horas pico de uso de electricidad. Variable

Soluciones de control de iluminación expandibles y que ahorran energía



0

Soluciones autónomas básicas

- Controles de luz sencillos e independientes que son perfectos para aplicaciones de retroadaptación con una instalación y configuración sencillas
- La forma más sencilla y económica de comenzar a ahorrar energía



1

Soluciones para un solo espacio

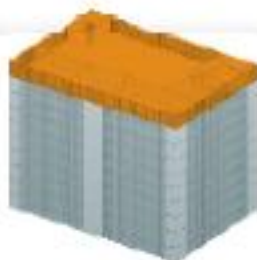
- Combine sensores de presencia inalámbricos, sensores fotoeléctricos y controles de atenuación para obtener un sistema de iluminación sencillo que ahorra energía y mejora la productividad



2

Soluciones para áreas pequeñas

- Combine el control de la iluminación y las cortinas para construir minisistemas inalámbricos que mejoran la facilidad de uso de un espacio para propósitos múltiples y ahorra más energía



3

Una varias habitaciones y hasta todo un piso

- Expanda el sistema con balastros atenuadores direccionables digitalmente para obtener ahorros anuales significativos gracias a la reducción en los costos de la energía, el aumento en la vida de las lámparas y la reducción en los costos de mantenimiento
- Cambie los grupos de luminarias en la medida en que cambie la distribución del espacio, sin necesidad de recableado



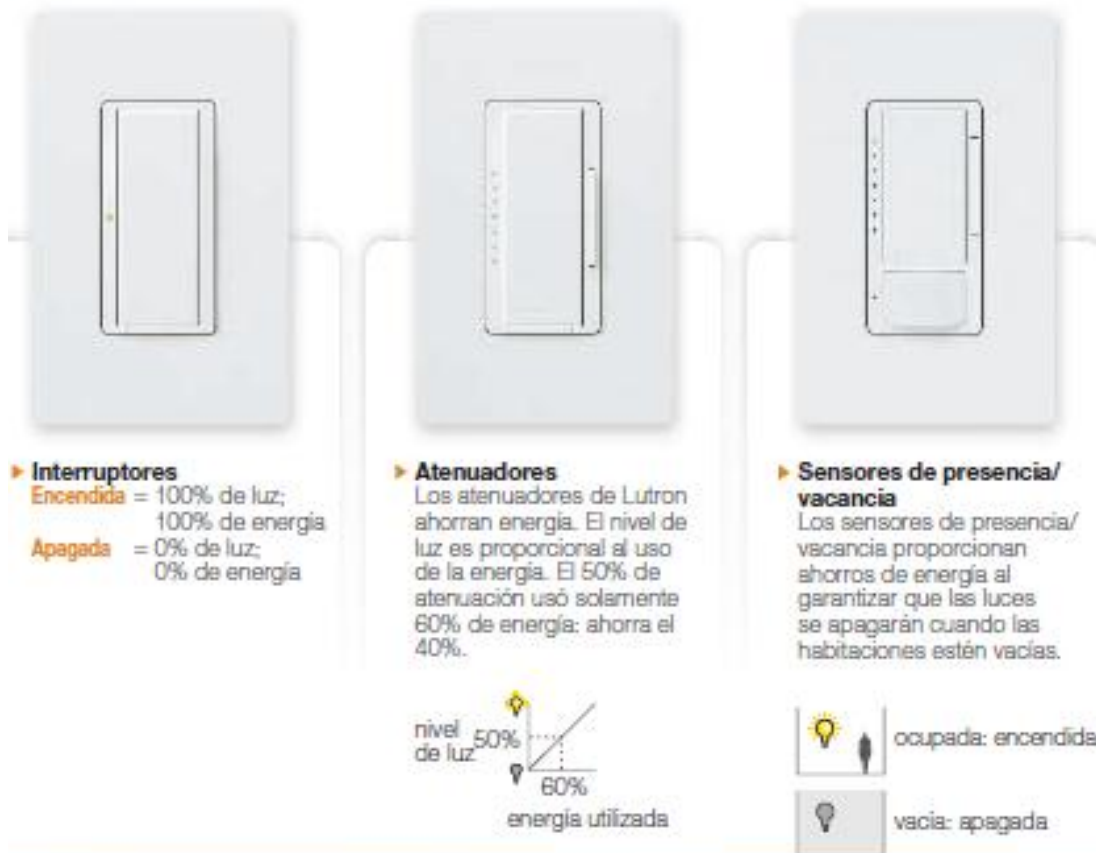
4

Controle todo un edificio o un campus

- Administre, supervise y haga informes de todo el uso de la energía de iluminación de un edificio para obtener un rendimiento óptimo de la energía y un aumento de la productividad, mientras reduce los costos de mantenimiento y de operación

0 Soluciones autónomas básicas

Las soluciones de control de iluminación independientes y que ahorran energía pueden ser retroadaptadas fácilmente para mejorar el confort y la productividad de los empleados, a la vez que se ahorra energía.



Estrategias para ahorrar energía

- Sensores de presencia o vacancia⁸ (15% en iluminación)
- Control personal de atenuación¹⁰ (10% en iluminación)

Ahorros potenciales de energía de iluminación

25%

1 Soluciones para un solo espacio

interruptores + sensores



Sensor inalámbrico de presencia y vacancia Radio Powr Savr.

el sensor inalámbrico proporciona ahorros de energía al garantizar que las luces se apagaran cuando las habitaciones estén vacías



NUEVO sensor fotoeléctrico inalámbrico Radio Powr Savr

el sensor inalámbrico aumenta los ahorros de energía al apagar automáticamente la luz eléctrica cuando la luz del día sea suficiente



Las soluciones de un solo espacio son otra forma fácil y económica de comenzar a ahorrar energía desde hoy. La combinación del sensor inalámbrico de presencia Radio Powr Savr y el interruptor Maestro Wireless ofrece una solución de ahorro de energía que se instala en minutos y ahorra dinero. Añade un sensor fotoeléctrico para reducir el uso de luz eléctrica cuando haya luz del día disponible.





NUEVO interruptor Maestro Wireless®
(120/277 V, sin cable neutral) interruptor digital con tecnología inalámbrica; enlaza múltiples atenuadores o interruptores a los sensores Radio Power Saver® (10 dispositivos en total) para controlar zonas adicionales de luz en un espacio

Estrategias para ahorrar energía

- ▶ Sensores de presencia o vacancia^a (15% en iluminación)
- ▶ Aprovechamiento de la luz del día^a (15% en iluminación)

Ahorros potenciales de energía de iluminación

30%

2 Soluciones para áreas pequeñas

controles + sensores + balastros + cortinas



NUEVO sensor fotoeléctrico inalámbrico Radio Power Savr.
el sensor inalámbrico que atenúa gradualmente las luces en respuesta a la cantidad de luz del día disponible



Cortinas inalámbricas Sivoia® QS
las cortinas automatizadas se mueven silenciosamente para eliminar el resplandor y reducir los costos de calefacción y de enfriamiento

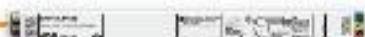


Controles remotos Pico-
controles de mesa, portátiles o de pared que ajustan las luces o las cortinas desde cualquier lugar de la habitación



Combine el control de la iluminación y las cortinas para construir minisistemas inalámbricos que mejoran la facilidad de uso de un espacio para propósitos múltiples y ahorre más energía. Estos minisistemas se pueden expandir con facilidad en cualquier momento para controlar múltiples habitaciones o espacios más grandes y son adecuados para construcciones nuevas y para soluciones de retroadaptación.





NUEVOS balastros atenuadores digitales EcoSystem® Serie H

los rentables balastros atenuadores direccionables digitalmente al 1% funcionan con sensores y controles alámbricos e inalámbricos: son ideales para cualquier aplicación, tanto para retroadaptaciones como para construcciones nuevas



NUEVO driver de LED Hi-lume® Serie A

los primeros drivers de LED del mundo en ofrecer una atenuación suave y continua del 1% para prácticamente cualquier luminaria LED, sin importar que necesite corriente constante o voltaje constante



GRAFIK Eye® QS Wireless con EcoSystem

control de luz predefinido y personalizable con un reloj astronómico integrado que permite que los usuarios ajusten las luces y las cortinas para cualquier tarea y que ahorren energía al toque de un botón



Sensor inalámbrico de presencia y vacancia. Radio Powr Savr

el sensor inalámbrico proporciona ahorros de energía al garantizar que las luces se apagaran cuando las habitaciones estén vacías

Estrategias para ahorrar energía

- ▶ Recorte de capacidad máxima[†] (20% de iluminación)
- ▶ Sensores de presencia o vacancia[‡] (15% en iluminación)
- ▶ Aprovechamiento de la luz del día[§] (15% en iluminación)
- ▶ Control personal de atenuación^{||} (10% en iluminación)
- ▶ Cortinas controlables[¶] (10% en AC)
- ▶ Programación con reloj astronómico^{|||} (variable)

Ahorros potenciales de energía de iluminación

60%

Las fuentes se pueden encontrar en la página 47

Lutron | 09

3 Sistemas para múltiples habitaciones y pisos completos

controles + sensores + balastros + cortinas



NUEVO sensor fotoeléctrico inalámbrico Radio Power Savr-

sensor inalámbrico que atenúa gradualmente las luces en respuesta a la cantidad de luz del día disponible



Cortinas inalámbricas Sivoia® QS

las cortinas automatizadas se mueven silenciosamente para eliminar el resplandor y reducir los costos de calefacción y de enfriamiento



Controles remotos Pico-

controles de mesa, portátiles o de pared que ajustan las luces o las cortinas desde cualquier lugar de la habitación



Una varias habitaciones y hasta todo un piso con estas soluciones flexibles. Integre sensores fotoeléctricos y de presencia para obtener ahorros significativos de energía y diseñar, instalar y reconfigurar fácilmente con el fin de satisfacer las necesidades cambiantes de cualquier espacio.





NUEVOS balastros atenuadores digitales EcoSystem® Serie H

los rentables balastros atenuadores direccionables digitalmente al 1% funcionan con sensores y controles alámbricos e inalámbricos: son ideales para cualquier aplicación, tanto para retroadaptaciones como para construcciones nuevas



NUEVO EcoSystem Energi Savr Node™

permite una fácil integración de los sensores de presencia, los sensores fotoeléctricos y los balastros digitales EcoSystem Serie H. El EcoSystem Energi Savr Node se comunica con dispositivos inalámbricos a través del nuevo módulo de sensores QS (arriba a la derecha) para minimizar el cableado y facilitar la instalación.

También está disponible el Energi Savr Node para aplicaciones 0-10V de atenuación y conmutación.



Sensor inalámbrico de presencia y vacancia Radio Powr Savr

el sensor inalámbrico proporciona ahorros de energía al garantizar que las luces se apagaran cuando las habitaciones estén vacías.

Estrategias para ahorrar energía

- ▶ Recorte de capacidad máxima⁷ (20% de iluminación)
- ▶ Sensores de presencia o vacancia⁸ (15% en iluminación)
- ▶ Aprovechamiento de la luz del día⁹ (15% en iluminación)
- ▶ Control personal de atenuación¹⁰ (10% en iluminación)
- ▶ Cortinas controlables¹¹ (10% en AC)
- ▶ Programación con reloj astronómico¹² (variable)

Ahorros potenciales de energía de iluminación

60%

Las fuentes se pueden encontrar en la página 17.

Lutron | 11

4 Soluciones para edificios completos

controles + sensores + balastros + cortinas + sistemas



Quantum® hub
conecta todos los componentes del sistema Quantum y QS para permitir el manejo total de la iluminación de todo un edificio o un campus



GreenGlance™
software para mostrar los ahorros de energía que ofrece una mirada en tiempo real y una mirada histórica de los ahorros de energía proporcionados por Quantum



Al añadir Quantum, los sistemas se pueden expandir con facilidad para controlar múltiples pisos, todo un edificio o todo un campus. Los administradores de instalaciones pueden configurar, controlar, administrar, supervisar y realizar reportes de toda la iluminación de un edificio desde una ubicación central. Al maximizar el uso de la luz del día y al reducir el desperdicio, Quantum le permite ahorrar cantidades significativas de energía y de dinero.





Servidor Q-Manager.

computadora dedicada que contiene toda la información y el software de Quantum para simplificar el control, los reportes y las tendencias de una manera centralizada

Software Q-Admin.

el poderoso software de Quantum que permite que los administradores de instalaciones controlen las luces y las cortinas, establezcan relojes astronómicos, y configuren, supervisen, analicen y hagan reportes sobre la luz de todo un edificio

IntelliDemand.

una característica del software Q-Admin que permite que los administradores de instalaciones ajusten la utilización de la iluminación en un edificio o en un espacio en particular a un porcentaje específico para satisfacer las crecientes demandas de conservación de la energía



Cortinaje adaptable a la luz solar Hyperion- con cortinas Sivoia QS

Hyperion crea un programa de ajuste de las cortinas basado en el ángulo del sol para manejar de manera efectiva la luz del día que entra por cada fachada. Las cortinas reducen la absorción de calor del sol y evitan que el molesto resplandor entre en un espacio de trabajo.

Estrategias para ahorrar energía

- ▶ Recorte de capacidad máxima⁷ (20% en iluminación)
- ▶ Sensores de presencia o vacancia⁸ (15% de iluminación)
- ▶ Aprovechamiento de la luz del día⁹ (15% en iluminación)
- ▶ Control personal de atenuación¹⁰ (10% en iluminación)
- ▶ Cortinas controlables¹¹ (10% en AC)
- ▶ Programación con reloj astronómico¹² (variable)
- ▶ Respuesta a la demanda (variable)

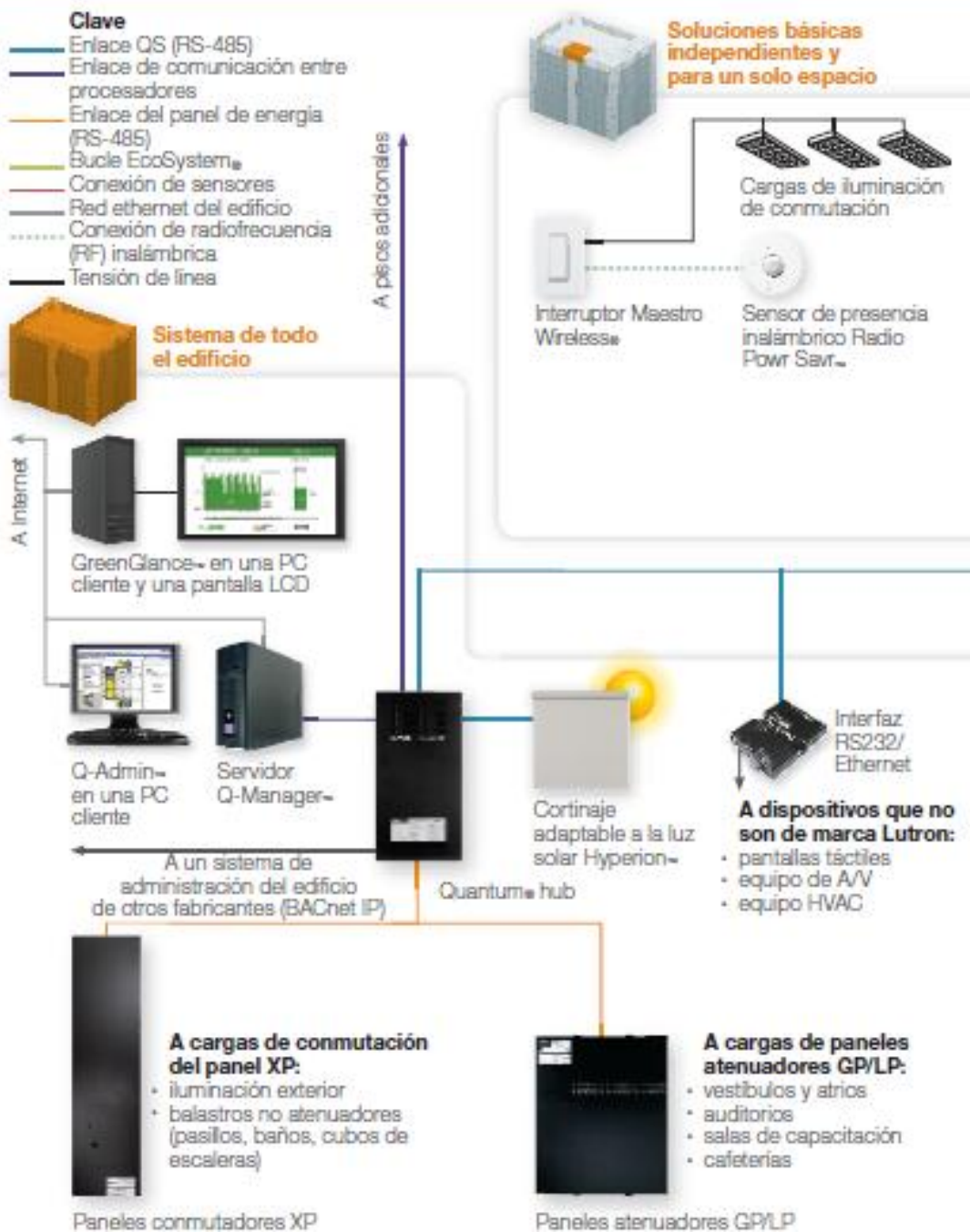
Ahorros potenciales de energía de iluminación

60% +

Las fuentes se pueden encontrar en la página 17.

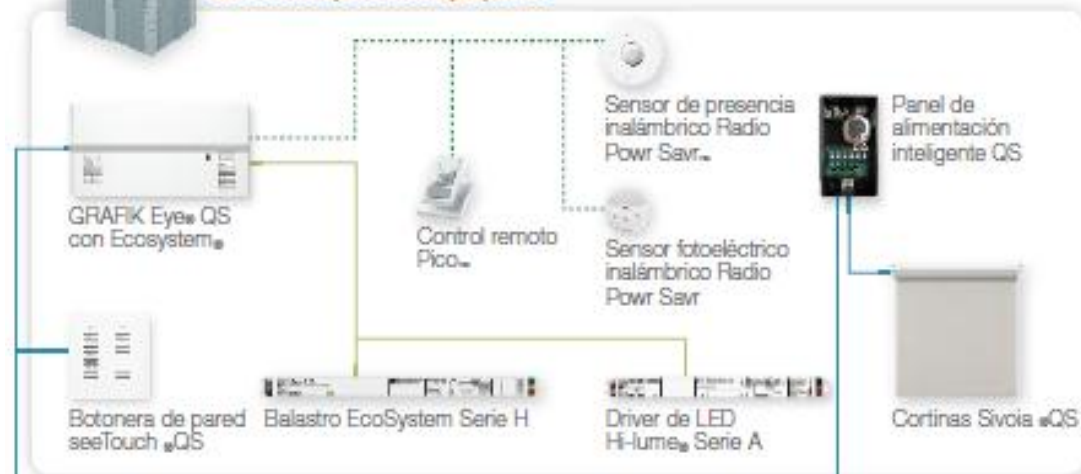
Lutron | 13

Cómo funciona todo en conjunto

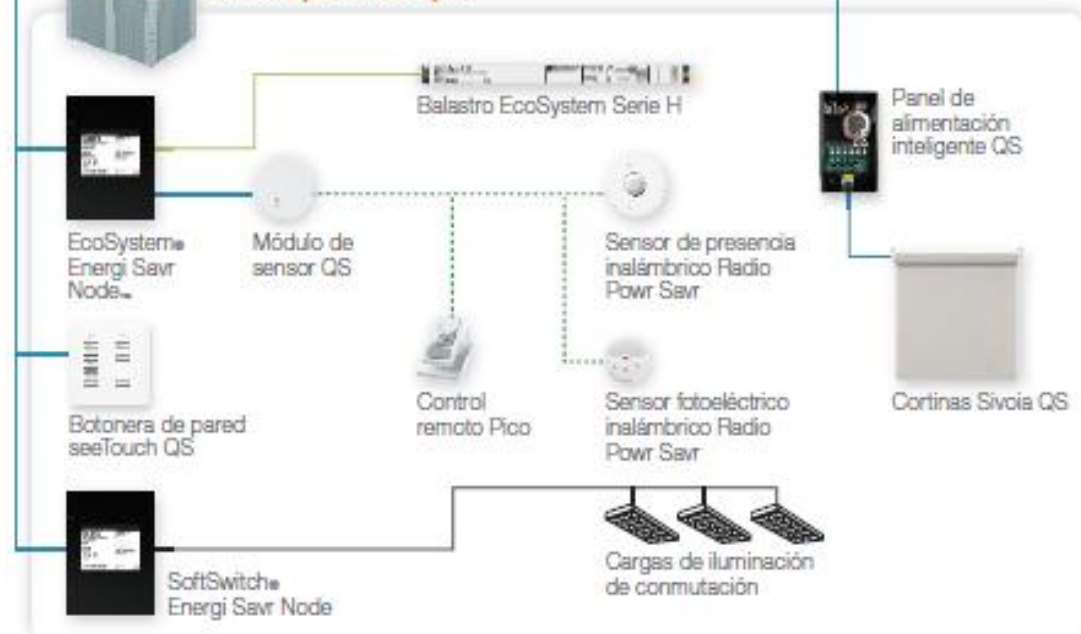




Soluciones para áreas pequeñas



Sistema para todo el piso



NORMATIVA DE LA EMPRESA

1.- NORMATIVA DE LA EMPRESA SOBRE TRABAJOS DE INSTALACIÓN

1.1.- Tuberías

a.- Los extremos de los tubos serán cortados en ángulo recto con el eje, empleando el equipo cortador apropiado. Esos extremos serán escariados para eliminar bordes cortantes antes de colocar el anillo o conector de caja. En el caso de tubería roscada, las roscas hechas en la obra deberán tener igual paso y largo que las de fábrica.

b.- Los tubos CONDUIT de acero galvanizado utilizarán uniones a roscas y las juntas se harán en forma tal que sean impermeables y eléctricamente continuas. Las roscas a emplear serán del tipo estándar, no permitiéndose uniones de rosca corrida. Se emplearán uniones de expansión para atravesar juntas de dilatación y se usarán puentes de cobre para mantener la continuidad eléctrica.

c.- Los tubos EMT se unirán con conectores a tornillo.

d.- En las entradas a las cajas de paso y tableros de protección, que tengan huecos concéntricos (KNOCK OUTS), y en donde por cualquier causa no esté garantizada la continuidad eléctrica de la instalación se usarán “BUSHINGS” enroscados para hacer puentes de cobre entre las entradas de tubos. La entrada de los tubos a las cajas se hará en sentido ortogonal a la cara de esta, y nunca en sentido diferente.

e.- La curvatura de los tubos se llevará a efecto de tal manera que no resulte dañado el acabado externo de los mismos, ni que su diámetro resulte sensible reducido.

En general el radio de curvatura no será menor de seis (6) veces el diámetro del tubo, ni el ángulo comprendido en la curva mayor de 90 grados. La suma de todas las curvas en un tramo no deberá exceder de 180 grados para tubos de diámetro mayores a 1", ni de 270 grados para tubos con diámetro hasta 1".

f.- Todos los extremos de los tubos se taponarán para evitar la intrusión de materiales durante la construcción. Los tubos embutidos en placas o rellenos de piso deberán asegurarse firmemente antes del vaciado del concreto y las cajas deberán fijarse al encofrado para asegurar su alineación.

g.- Los soportes y colgadores de tubos a la vista deberán ser de acero galvanizado y los sistemas de soporte deberán construirse con un coeficiente de seguridad igual o mayor a TRES. No se soportarán las tuberías de electricidad desde tubos o equipos destinados a otras instalaciones, sin la aprobación del Ingeniero Inspector.

1.2.- Soportes

Los tubos de diámetro igual o menor a 1" podrán soportarse con abrazaderas adosadas al techo o pared.

Los tramos horizontales de tubos a la vista serán soportados por medio de abrazaderas colgadas del techo en caso de un tubo aislado, y con estructuras trapezoidales en caso de tubos paralelos.

Las tuberías en ductos verticales se sujetarán por medio de abrazaderas a tornillos de acero galvanizado, que apoyan sobre perfiles de acero colocados a nivel de piso, cuando exista una pared o estructura adyacente al paso de los tubos, estos pueden soportarse por medio de abrazaderas en "U" atornilladas o perfiladas en dicha pared o estructura.

Los huecos en placa, muros o cualquier elemento estructural no previsto en el proyecto y que se requieren para el paso de tubos, así como los medios usados para su soporte deberán ser aprobados por el Ingeniero Civil residente en la obra.

1.3.- Cajas metálicas

- a.- Las cajas se instalarán de forma tal que sean accesibles en todo momento.
- b.- Las cajas que se vayan a instalar empotradas, deberán ser fijadas en su posición y protegidas de manera tal, que se evite la intrusión de materiales extraños.
- c.- Las cajas de tendidos horizontales de tuberías a la vista, estarán soportadas independientemente de los tubos que en ellas terminan y serán suspendidas del techo con varillas metálicas de acero galvanizado o con pernos anclados a pistola.

d.- Salvo la indicación contraria en los planos, las alturas de instalación de las diferentes cajas de salida, respecto al piso acabado tomando como referencia el centro de las mismas, serán según su uso como sigue:

Tabla 1. Altura de diversas cajas de salida

Tipo de salida	Altura (m)
Tomacorrientes de uso general	0,40
Tomacorrientes especiales	1,20
Tomacorrientes en baño	1,20
Tomacorrientes ventiladores	2,00
Tomacorrientes de Nevera	1,60
Interruptores de alumbrado	1,20
Lámparas de pared (apliques)	2,20
Timbres	2,00
Teléfonos de mesa	0,30
Teléfonos de pared	1,50
Tableros de distribución	1,50

e.- En todos los ambientes en donde se instale porcelana en las paredes, se variará la altura de los interruptores y tomacorrientes si fuese necesario, de manera que las tapas de las cajas queden totalmente fuera o dentro de ella, pero nunca en ambas zonas.

f.- En general, las cajas quedarán al ras con la superficie terminada, del techo, piso o pared.

g.- Los interruptores de alumbrado, si no se indica lo contrario se instalarán a no menos de 15 cms, del marco de las puertas y siempre al lado contrario de las bisagras

Cuando en una salida existan varios interruptores, estos se instalarán bajo una placa única y en un orden apropiado a la situación de las respectivas luminarias que controlen cada uno.

1.4.- Conexión de luminarias instaladas en falso techo

En la conexión de la salida superficial en techo a la caja de la luminaria, se empleará conduit flexible con conectores en ambos extremos.

En ningún caso se dejará descubierta la salida de techo, para la cual se usaran tapas con hueco prefabricado central y anillo de extensión cuando sean necesarios.

1.5.- Procedimiento para instalación de conductores en la canalización de uso central

Para efectuar el trabajo de cableado de cualquier circuito será condición indispensable que esté totalmente terminada y aceptada la canalización correspondiente.

a.- Los cables serán protegidos del daño mecánico y de intemperie durante el almacenaje y el manejo, debiendo estar en óptimas condiciones al ser instalados.

- b.- No se instalarán conductores de calibre inferior al AWG # 12.
 - c.- Para el tendido de los cables podrán emplearse lubricantes aprobados para tal uso, pero en ningún caso se emplearán aceites o grasas derivados de hidrocarburos.
 - d.- El cableado de todos los alimentadores será continuo desde el origen de los tableros de distribución a las salidas que alimenten, sin efectuar empates en las cajas de paso intermedias. Cuando ello no sea posible, se dejará suficiente reserva de cables en las cajas de paso, para realizar las conexiones. Los empates deberán hacerse en las cajas y nunca quedar dentro de los tubos.
 - e.- Todos los terminales, derivaciones y empates en alimentadores serán hechos con conectores a compresión, con el empleo de prensas hidráulicas y sin aplicación de soldadura. Las conexiones serán de una resistencia mecánica por lo menos igual a la del conductor. Los empates del alambre AWG # 10 ó 12 se harán por medio de conectores similares o por torsión, pero nunca con soldadura.
- Los empates se aislarán con cinta plástica hasta por lo menos un espesor igual al aislamiento del cable. Cuando se conecten cables a superficies metálicas, éstas deben limarse antes de instalar el conector.
- f.- La identificación de fases se hará según código de colores expuesto en la tabla 2 y los alimentadores se identificarán por tarjetas o marcas apropiadas para ello.

Tabla 2. Identificación de colores de conductores

Función	Código de color
Neutro	Blanco o Gris
Tierra	Verde
Fase Activa	Amarillo, Azul y Rojo
Fase controlada (Retornos)	Negro

g.- La conexión de los circuitos ramales a los interruptores de protección en los tableros de distribución, debe hacerse usando el número del circuito señalado en los planos, para evitar la posible sobrecarga del conductor neutro en circuitos con neutro común.

h.- Para el cableado de luminarias se emplearán cables flexibles de calibre AWG # 16 o mayor, del tipo AF o de goma de 150 °C, debiendo ser continuo el tramo entre el empate en el cajetín hasta el terminal del balasto. En caso de emplearse el canal de la luminaria para tal uso, el alambre deberá ser del tipo antes especificado, del mismo calibre que el circuito ramal.

i.- Una vez instalados los cables, se efectuarán las pruebas de aislamiento según normas prescritas en NORVEN aplicables o en publicación S-1981 de la I.P.C.E.A.

PLANOS



Figura 1. Iluminación Sótano 1

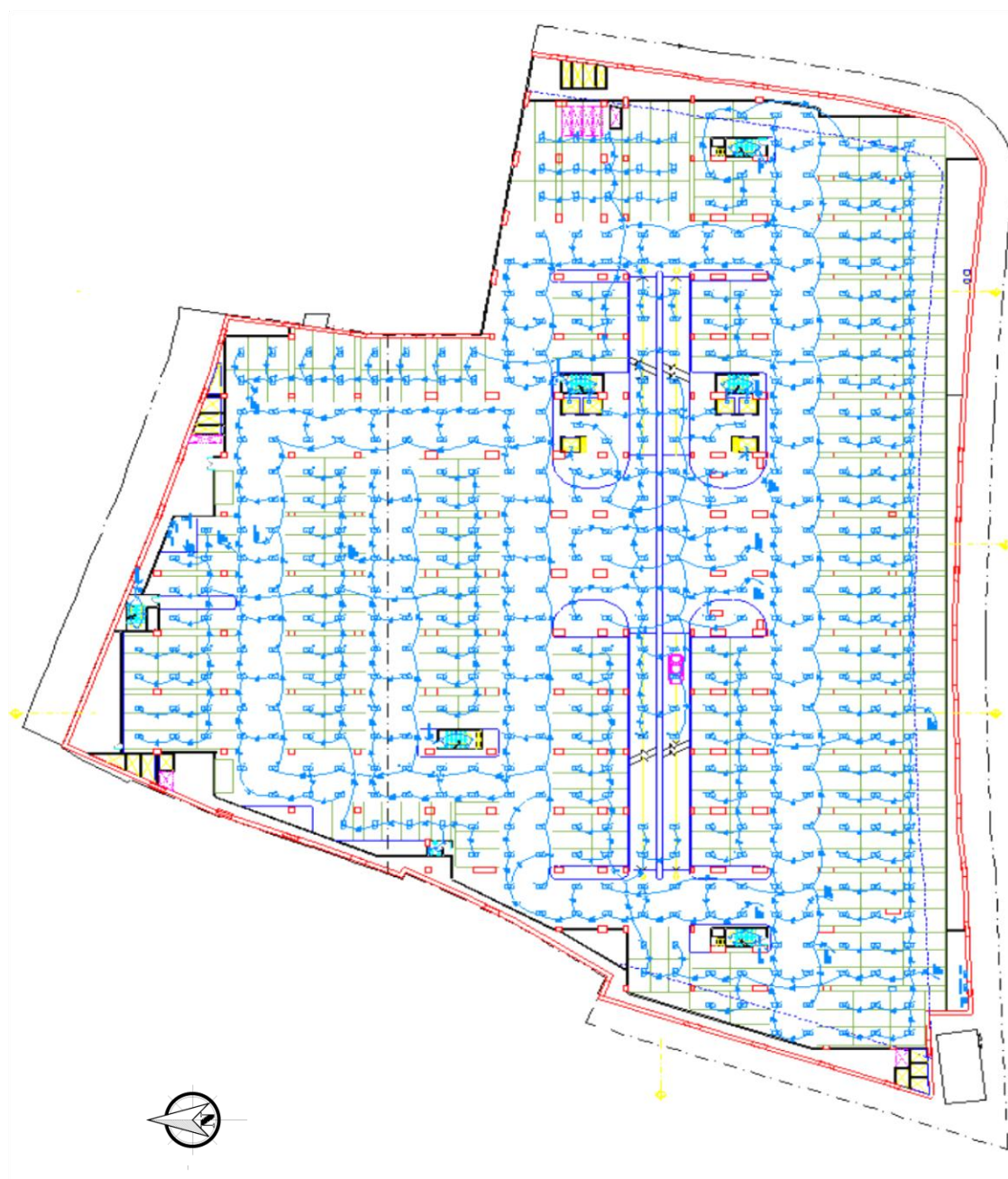


Figura 2. Iluminación Sótano 2*

*La distribución de las cargas de iluminación en los sótanos 3, 4 y 5, son iguales a la del sótano 2.

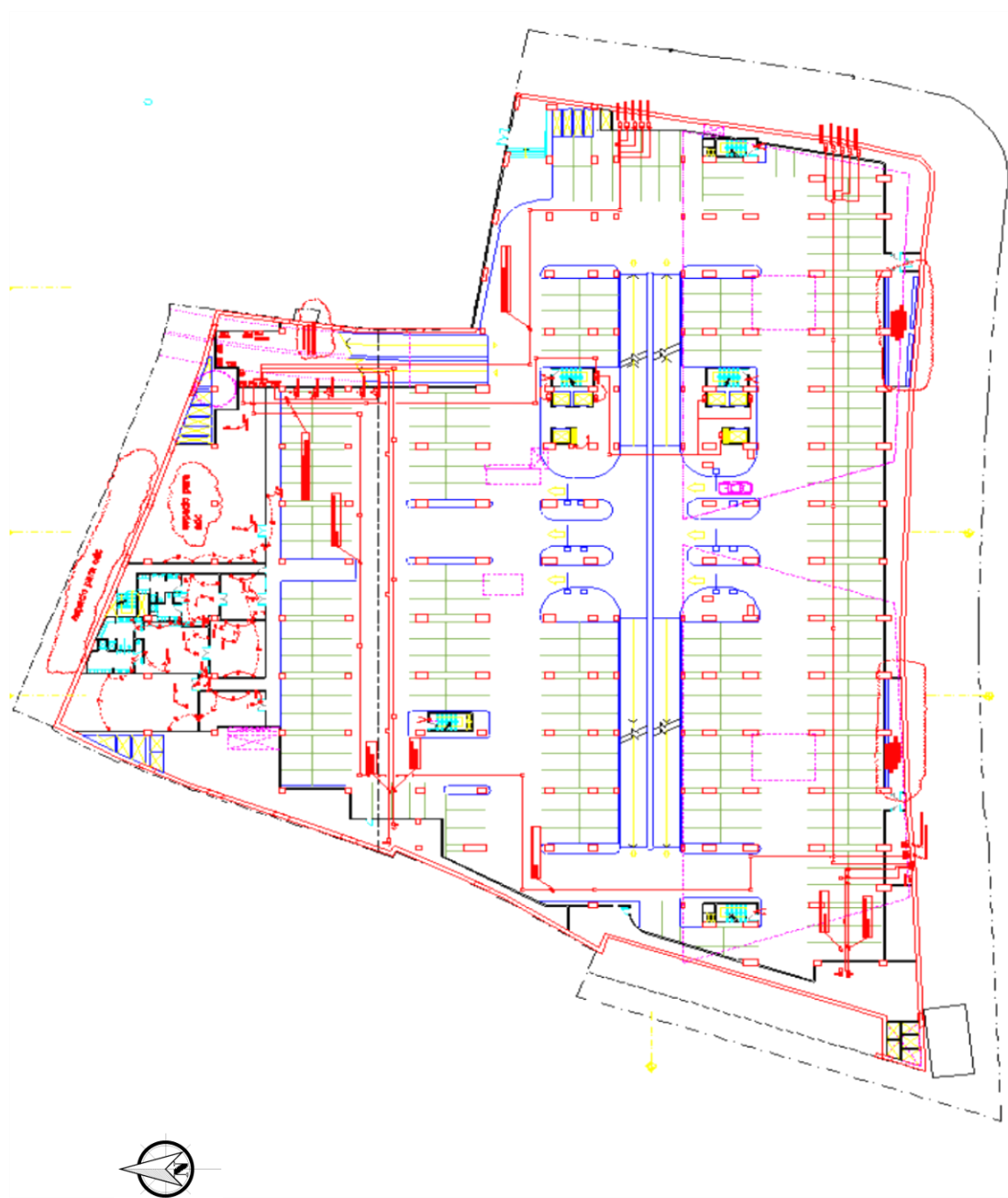


Figura 3. Fuerza Sótano 1

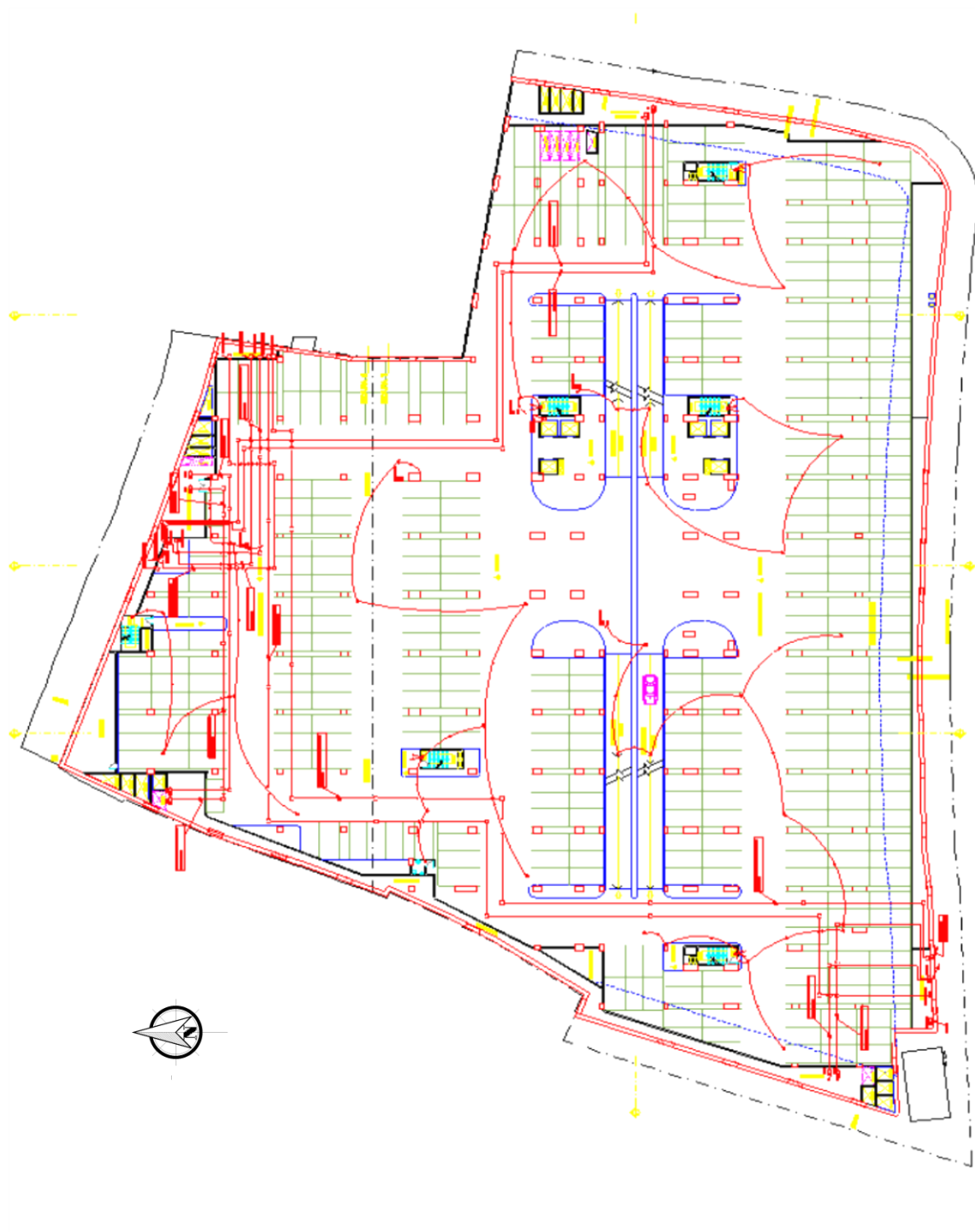


Figura 4. Fuerza Sótano 2*

*La distribución de las cargas de fuerza en los sótanos 3y 4, son exactamente iguales a la del sótano 2.

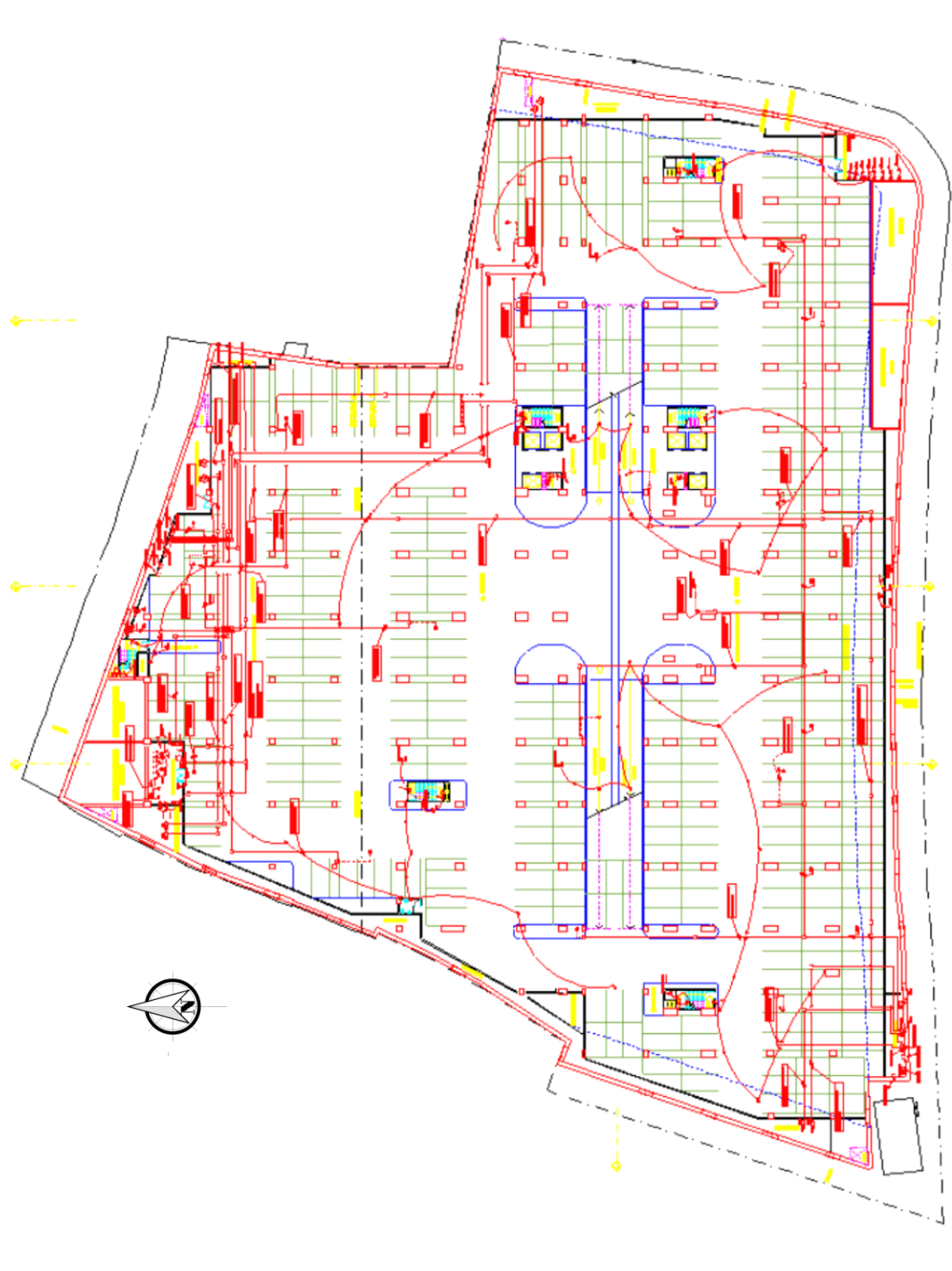


Figura 5. Fuerza Sótano 5

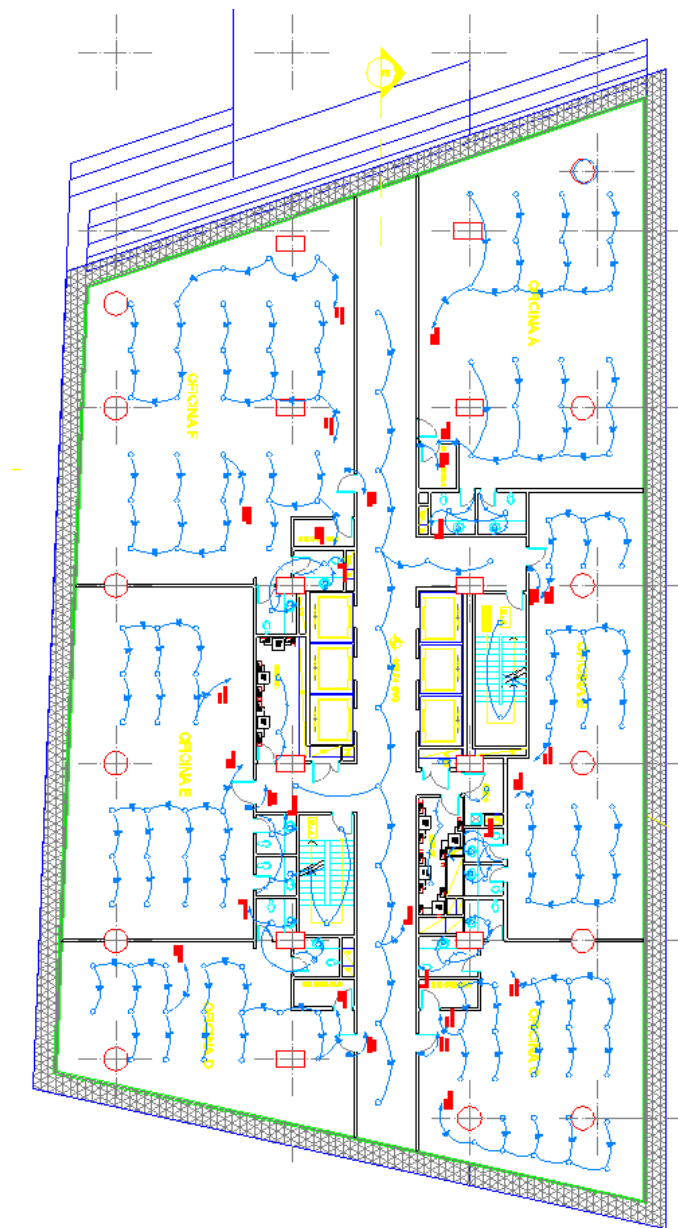


Figura 6. Planta Tipo Iluminación Torre Este

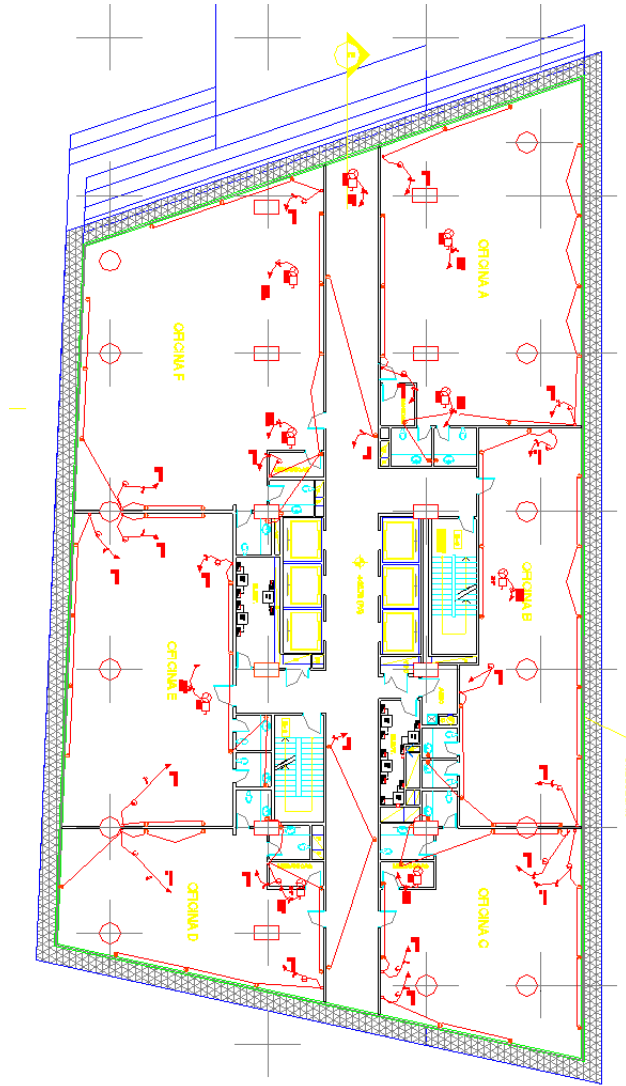


Figura 7. Planta Tipo Fuerza Torre Este

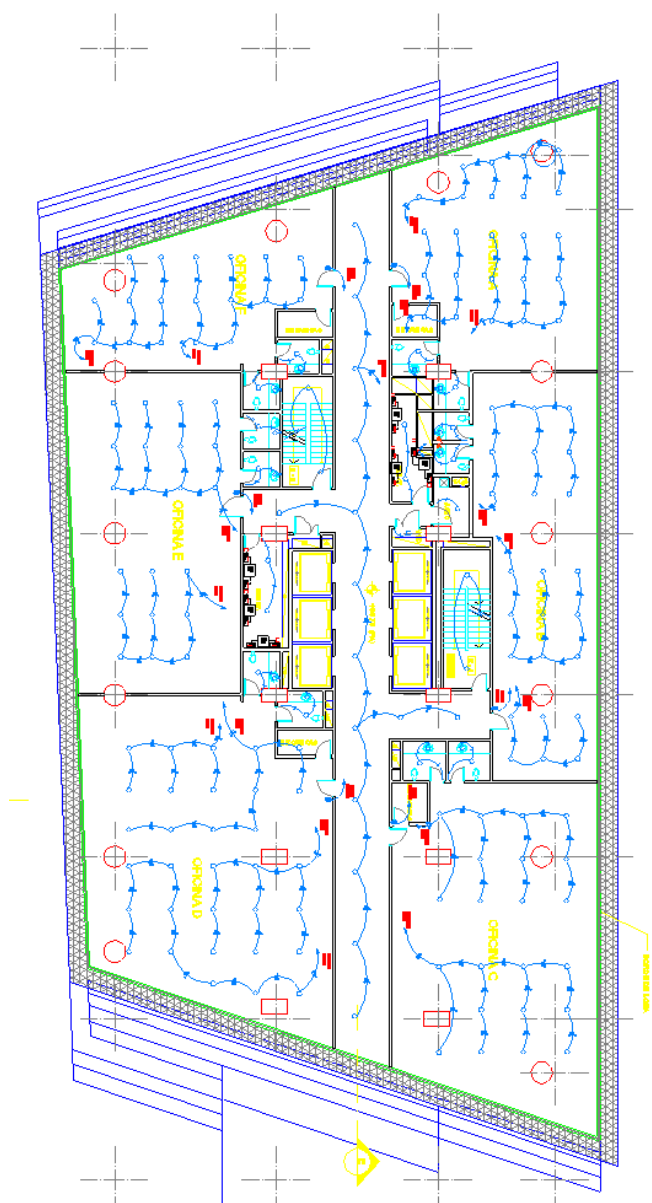


Figura 8. Planta Tipo Iluminación Torre Oeste

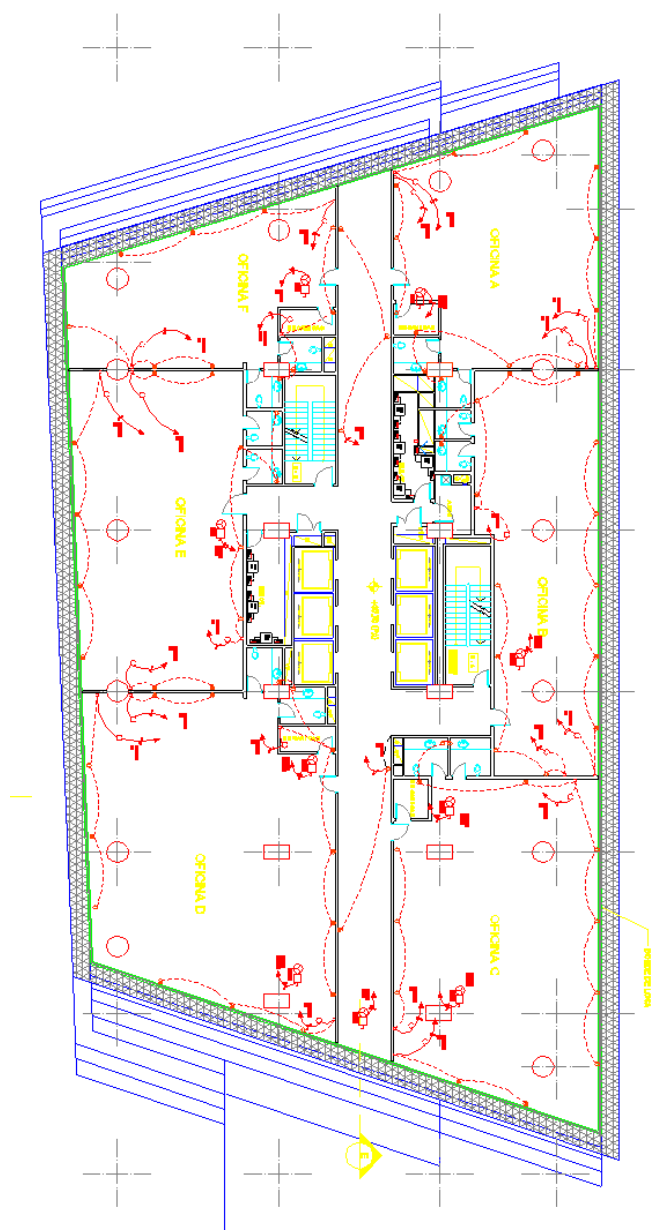


Figura 9. Planta Tipo Fuerza Torre Oeste

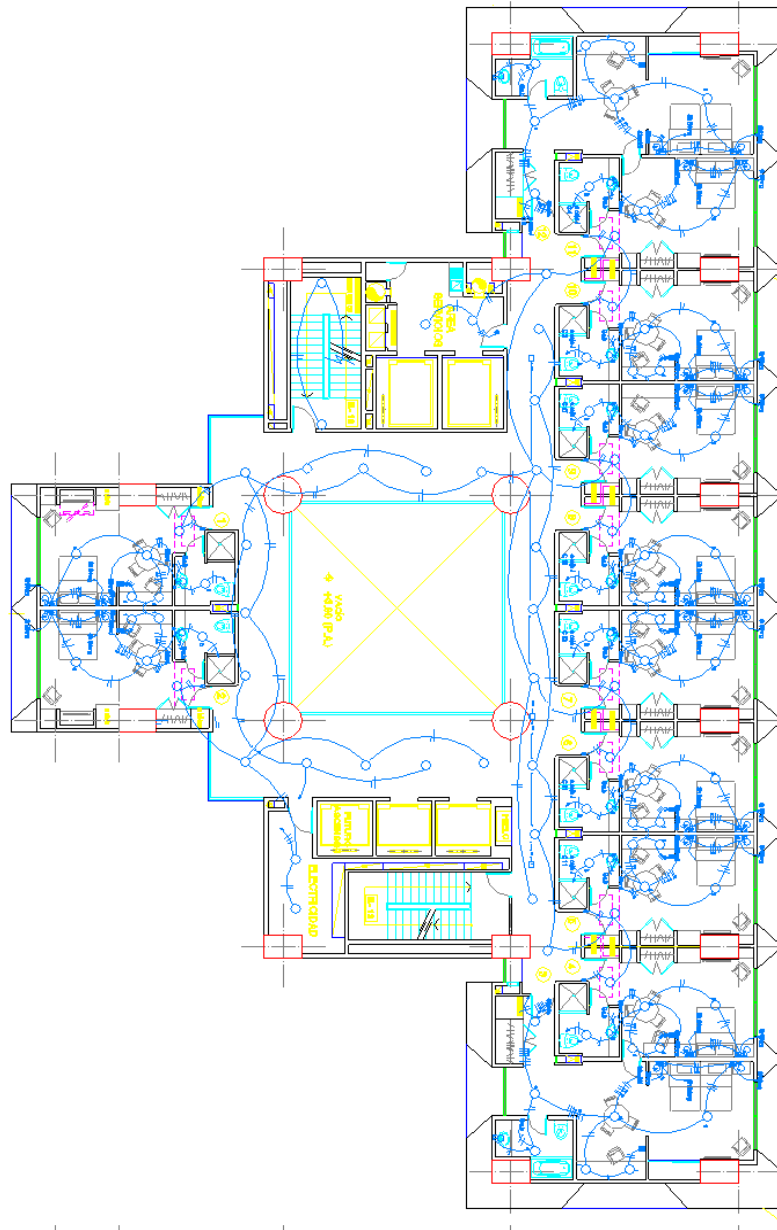


Figura 10. Iluminación Planta Tipo Hotel

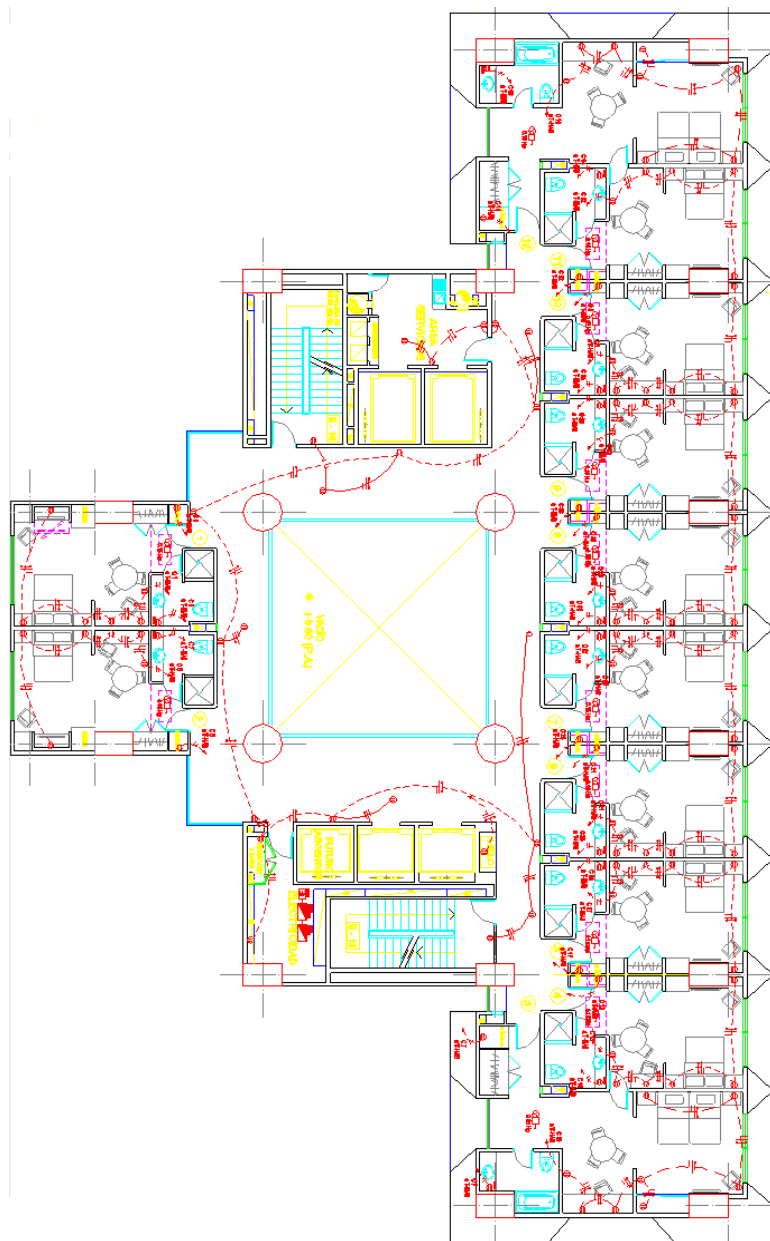


Figura 11. Fuerza Planta Tipo Hotel



Figura 12. Iluminación Piso 1 Centro Cultural



Figura 13. Fuerza Piso 1 Centro Cultural

LEYENDA	
	SALIDA PARA ILUMINACION FLUORESCENTE
	SALIDA PARA ILUMINACION EN TECHO
	SALIDA PARA ILUMINACION EN PARED
	SALIDA PARA APLIQUE
	CAJA DE CONTACTORES
	PUESTA A TIERRA
	SISTEMA DE DOS FASES CON NEUTRO
	PUENTE DE INTERRUPTOR TRES VIAS
	FASE CONTROLADA
	INTERRUPTOR TRES VIAS
	INTERRUPTOR CUATRO VIAS
	SALIDA PARA T/C DOBLE USO GENERAL
	SALIDA PARA T/C DOBLE h=1.10mts.
	SALIDA PARA TOMA SENCILLO h=2.00mts.
	SALIDA PARA TOMA 220 V
	SALIDA PARA T/C DOBLE ,USO INTEMPERIE.
	SALIDA PARA TOMA MOTOR.
	SALIDA PARA COMPUTACION (DATA).
	SALIDA PARA TELEFONO
	SALIDA PARA AIRE ACONDICIONADO
	SALIDA PARA T/C DOBLE (embutido en piso o tope).
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	INTERRUPTOR SENCILLO.
	INTERRUPTOR DOBLE
	SALIDA PARA TIMBRE.
	SALIDA PARA TERMOSTATO.
	PULSADOR
	TUBERIA QUE BAJA
	TUBERIA QUE SUBE
	TUBERIA EN PLACA
	TUBERIA EN PISO
	TUBERIA A LA VISTA
	CAJA DE PASO
	SALIDA PARA SONIDO

Figura 14. Leyenda de los planos.