



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Evaluación de la instalación eléctrica y calidad
de la energía para la Hemeroteca Nacional de
México con base a normatividad vigente**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero eléctrico electrónico

P R E S E N T A N

Jessica Itzel Mayoral García

Arturo Gutiérrez Medina

DIRECTORA DE TESIS

M.I. Eleuteria Silvina Alonso Salinas



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Gracias al que me escogió y amó en él desde antes de la fundación del mundo... no olvidaré ninguno de tus beneficios.

A mis papás Gregorio y Margarita por apoyarme siempre, por cada consejo, por su amor y fuerza cada vez que lo necesité, por su guía en lo moral y espiritual que me ha llevado hasta el fin de esta carrera. Este logro no es sólo mío, también es de ustedes.

Agradezco a mis hermanos David e Iván por ser ejemplo en distintas áreas de mi vida, y a mis sobrinos por su amor y confianza.

Gracias a mis amigos de la facultad y de proyectos de ahorro de energía, por disfrutar de este extraño y complicado camino juntos. A Amali y a Elvia porque sé que aún continúan apoyándome y siempre lo harán.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería por descubrir y enseñarme una de mis pasiones, por cada clase y aprendizaje dado. Gracias por forjarme no solo como Ingeniera sino también como ser humano. ¡México, Pumas, Universidad!

“He peleado la buena batalla,
he acabado la carrera,
he guardado la fe.”
2 Tim 4:7

Jessica Itzel Mayoral García

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer antes que nada a Dios, por permitirme cumplir con esta meta en mi vida personal y forjarme para comenzar otro ciclo en mi vida profesional.

Dedico esta tesis a mis padres, Joaquina Medina Martínez e Isidro Gutiérrez González, por todo el amor, cariño, comprensión, apoyo, paciencia y valores que me han inculcado, los cuales me han llevado por el camino más recto. Sin ustedes nunca hubiese logrado esta meta. Gracias por estar ahí, cuando más los he necesitado.

¡Sabén que los amo, aunque nunca se los diga!

Deseo hacer en este espacio una dedicatoria especial, para mi abuelo Bernardino Gutiérrez Martínez (†), porque con su ejemplo y consejos, supo siempre alentarme a seguir adelante. Por ser el polvo de estrellas que mis hermanos y yo añoramos todo el tiempo.

¡Abuelo, comencé a estudiar, como una forma de honrar tu memoria, pero poco a poco se fue convirtiendo en mi propia forma de vida, mil gracias desde donde quiera que estés y ojala te sientas orgulloso de mí, como yo siempre lo he estado de ti!

Agradezco a mis hermanos, Alma, Jaime, Claudia y Genaro, por todo el apoyo y cariño que me han brindado, por el entusiasmo que me inyectan para seguir adelante. Espero nunca haberles fallado, son y serán siempre mis mejores amigos. *¡Los amo, no lo olviden!*

A mis sobrinos, Ceci, Cori, Isabel, Iñaqui, Camila y Fernando, por ser el motor que me mueve a intentar ser mejor cada día, son lo mejor que me ha pasado, nunca cambien y sepan que yo estaré ahí siempre, para apoyarlos.

A mí cuñada Mónica y mis cuñados Jaime y Ricardo, que son mis otros "hermanos". Por el respaldo que me han ofrecido en todos estos años.

A todos mis familiares, en especial a aquellos que siempre creyeron en mí. Aunque no pueda nombrarlos a todos, pues el espacio es pequeño y la lista tan grande, sepan que los llevo en mi pensamiento.

A todas las personas que fueron parte de esta gran travesía, a mi amiga Araceli, así como a mis amigos José, Braulio y Fernando, por su convivencia fuera y dentro de las aulas, haciendo más amena la estancia en ellas; muchísimas gracias, nunca los olvidare.

Muestro mi gratitud al departamento de proyectos de ahorro de energía (PAE), por el apoyo brindado para la realización de este trabajo, en especial a mi amigo Benito, por su paciencia y colaboración en esta tesis.

Gracias a mi amiga Jessica, por aceptar ser parte de este proyecto, sin ella no hubiese sido posible.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial a la Facultad de Ingeniería, mi segunda y a veces, única casa, por abrirme las puertas y arroparme dentro de sus instalaciones, por brindarme en cada profesor toda la enseñanza alcanzada.

Arturo Gutiérrez Medina

Tabla de contenido

ABREVIATURAS	8
INTRODUCCIÓN	9
OBJETIVO	9
OBJETIVOS PARTICULARES	10
PROBLEMÁTICA	10
CAPÍTULO 1. CONCEPTOS GENERALES.....	11
1.1 Definiciones básicas.....	11
1.2 Metodología del levantamiento.....	13
1.3 Normas y estándares aplicables.....	14
CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA HEMEROTECA NACIONAL DE MÉXICO.....	15
2.1 Subestación eléctrica.....	15
2.2 Revisión de los tableros derivados.....	18
2.2.1 Alimentadores	18
2.2.2 Circuitos derivados	23
2.2.3 Desbalance de carga	25
2.2.4 Anomalías físicas.....	27
2.3 Sistema de Iluminación.....	30
2.3.1 Descripción del sistema de iluminación.....	30
2.3.2 Análisis de los niveles de iluminación con base en la NOM-025-STPS-2008.....	32
2.3.3 Análisis de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado con base en la NOM-007-ENER-2014	38
2.4 Carga eléctrica.....	43
CAPÍTULO 3. CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA	48
3.1 ¿Qué es calidad de la energía?.....	48
3.1.1 Principales disturbios en la red eléctrica	49
3.1.2 Solución de los disturbios eléctricos.....	57
CAPÍTULO 4. MONITOREO DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS	60
4.1 Demanda.....	60
4.2 Variación de tensión.....	62
4.3 Desbalance de tensión.....	64
4.4 Distorsión armónica de tensión.....	65
4.5 Corriente	67
4.6 Desbalance de corriente	69
4.7 Distorsión armónica de corriente.....	70

4.8	Factor de potencia	73
4.9	Variación de frecuencia	74
	CONCLUSIONES.....	76
	REFERENCIAS	79
	ANEXO A. EQUIPO UTILIZADO	80
	ANEXO B. DIAGRAMA UNIFILAR	83
	ANEXO C. TABLAS DE LA NOM-001-SEDE-2012.....	85
	ANEXO D. NIVELES DE ILUMINACIÓN	88
	ANEXO E. DENSIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA PARA ALUMBRADO	90
	ANEXO F. FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS.....	93

Índice de tablas

Tabla 1.	Anomalías en la subestación eléctrica.....	17
Tabla 2.	Análisis por ampacidad de los tableros de distribución.....	18
Tabla 3.	Análisis por ampacidad de cada tablero derivado de la planta baja.	19
Tabla 4.	Análisis por ampacidad de cada tablero derivado de los niveles primero al cuarto.	21
Tabla 5.	Análisis de los circuitos derivados de los tableros en la planta baja.	23
Tabla 6.	Análisis de los circuitos derivados de los tableros en los niveles primero al cuarto.	23
Tabla 7.	Análisis del equipo de fuerza.....	24
Tabla 8.	Análisis del equipo de aire acondicionado.....	25
Tabla 9.	Desbalance en los tableros de distribución.....	26
Tabla 10.	Desbalance en los tableros de la planta baja.	26
Tabla 11.	Desbalance en los tableros de los niveles primero al cuarto.	26
Tabla 12.	Anomalías físicas encontradas en los tableros eléctricos.	27
Tabla 13.	Tipo de luminarias instaladas por nivel.....	30
Tabla 14.	Niveles de iluminación en la planta baja.....	33
Tabla 15.	Niveles de iluminación en el primer nivel.	34
Tabla 16.	Niveles de iluminación en el segundo nivel.	34
Tabla 17.	Niveles de iluminación en el tercer nivel.	35
Tabla 18.	Niveles de iluminación en el cuarto nivel.....	35
Tabla 19.	Niveles de iluminación en acervos.....	36
Tabla 20.	Áreas que cumplen o no con las normas de niveles de iluminación.	37
Tabla 21.	Análisis de los valores de DPEA de la planta baja.....	39
Tabla 22.	Análisis de los valores de DPEA del primer nivel.	39
Tabla 23.	Análisis de los valores de DPEA del segundo nivel.	40
Tabla 24.	Análisis de los valores de DPEA del tercer nivel.	40
Tabla 25.	Análisis de los valores de DPEA del cuarto nivel.	41
Tabla 26.	Cumplimiento de los niveles de DPEA por área.	42

Tabla 27. Carga total instalada.	44
Tabla 28. Anomalías en los contactos eléctricos.	46
Tabla 29. Equipos para la solución de los disturbios.	59
Tabla 30. Demanda en el TDB.	61
Tabla 31. Variación de tensión en el TDB.	63
Tabla 32. Desbalance de tensión en el TDB.	65
Tabla 33. Distorsión armónica total de tensión en TDB.	65
Tabla 34. Corriente en el TDB.	68
Tabla 35. Desbalance de corriente en el TDB.	69
Tabla 36. Distorsión armónica total de corriente en el TDB.	70
Tabla 37. Distorsión armónica total de demanda en el TDB.	71
Tabla 38. Factor de potencia en el TDB.	73

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama Unifilar.	16
Figura 2. Iluminación obstruida.	36
Figura 3. Luminarias sin difusor.	37
Figura 4. Transitorios.	51
Figura 5. Variaciones de tensión.	51
Figura 6. Muesca.	54
Figura 7. Ruido.	54
Figura 8. Distorsión armónica.	55
Figura 9. Variación de frecuencia.	56
Figura 10. Comparación de demanda y tensión.	64
Figura 11. Comparación de demanda y DATT.	67
Figura 12. Comparación de demanda y DATC.	72

Índice de gráficas

Gráfica 1. Tipo de luminarias en la HNM.	32
Gráfica 2. Áreas que cumplen o no con la NOM-007-ENER-2014.	43
Gráfica 3. Porcentaje del consumo de energía eléctrica anual.	45
Gráfica 4. Demanda en el TDB.	62
Gráfica 5. Variación de tensión en el TDB.	63
Gráfica 6. Distorsión armónica total de tensión en el TDB.	66
Gráfica 7. Corriente en el TDB.	68
Gráfica 8. Corriente en el neutro en el TDB.	69
Gráfica 9. Distorsión armónica total de demanda en el TDB.	71
Gráfica 10. Factor de Potencia en el TDB.	74
Gráfica 11. Variación de frecuencia en el TDB.	75

ABREVIATURAS

Biblioteca Nacional de México (BNM)

Comisión Federal de Electricidad (CFE)

Disposiciones en Materia de Instalaciones Eléctricas (DMIE)

Distorsión Armónica Total de Corriente (DATC)

Distorsión Armónica Total en Demanda (DATD)

Distorsión Armónica Total de Tensión (DATT)

Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA)

Hemeroteca Nacional de México (HNM)

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

International Organization for Standardization (ISO)

Lámpara Fluorescente Compacta (LFC)

Lámpara Fluorescente Lineal (LFL)

No Aplica (N/A)

Norma Oficial Mexicana (NOM)

Tablero de Distribución A (TDA)

Tablero de Distribución B (TDB)

Unidad Condensadora (UC)

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

INTRODUCCIÓN

La utilización de la energía eléctrica, hoy en día, es de suma importancia para la realización de la mayoría de las actividades del hombre, de ahí que este servicio debe de cumplir con los parámetros de calidad que se exigen para su utilización. La calidad de la energía debe ir de la mano con la seguridad de la instalación eléctrica, pues de ello depende la integridad física del usuario, así como el ahorro y eficiencia de la energía que se utiliza. Para que esto se lleve a cabo de manera idónea, toda instalación eléctrica debe regirse por la normatividad vigente aplicable, la cual garantiza que dichos objetivos se cumplan en pro de la seguridad de los usuarios y del personal técnico, que efectuará los trabajos de mantenimiento a la instalación.

El presente trabajo fue realizado en la Hemeroteca Nacional de México (HNM), la cual se encuentra ubicada en el Centro Cultural Universitario, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, México. El edificio que la alberga (Instituto de Investigaciones Bibliográficas) data de finales de los años 70's, cuando fue construido para alojar además de la HNM, a la Biblioteca Nacional de México (BNM).

La Hemeroteca Nacional de México, ofrece distintos servicios a la comunidad universitaria como al público en general, principalmente la consulta de documentos bibliográficos (periódicos, revistas, libros, etc.), los cuales están disponibles de forma física y digital. Su visión es la de legar a futuras generaciones el patrimonio documental y bibliográfico de México.

Este recinto consta de cinco niveles dentro de los cuales se albergan oficinas, áreas de investigación, salas de lectura, acervos bibliográficos, así como laboratorios de restauración y digitalización de documentos. Los departamentos que conforman la Hemeroteca Nacional de México y sobre los cuales está estructurada su organización, son los siguientes: adquisiciones, catalogación, servicios de información, sistematización hemerográfica y la unidad de microfilmación y fotografía.

OBJETIVO

Evaluar el estado actual del sistema eléctrico de la Hemeroteca Nacional de México con base en el levantamiento eléctrico realizado a la institución, con el fin de verificar el cumplimiento de las normas aplicables, dando recomendaciones de mejora en caso de anomalías para el mantenimiento o una futura remodelación de la instalación eléctrica.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Con base en el levantamiento, dictaminar el comportamiento del estado actual de la instalación eléctrica de la Hemeroteca Nacional de México.
- Dictaminar el cumplimiento de las normas aplicables en materia de seguridad, niveles de iluminación y densidad de potencia luminosa por parte de la instalación eléctrica de la Hemeroteca Nacional de México.
- Analizar las desviaciones de la forma de onda de tensión y corriente en la acometida eléctrica, para ver cómo afectan al sistema eléctrico.

PROBLEMÁTICA

Debido a la antigüedad de la Hemeroteca Nacional de México, su sistema eléctrico se ha visto afectado por la falta de mantenimiento y el crecimiento de la carga instalada, por lo cual se hacen recomendaciones basadas en el estado físico de la instalación, el sistema de iluminación y la calidad de la energía que se consume.

CAPÍTULO 1. CONCEPTOS GENERALES

1.1 Definiciones básicas

*Acometida*¹: Conductores eléctricos que conectan la red de distribución del suministrador al punto de recepción del suministro en la instalación del inmueble a servir.

*Ampacidad*¹: Corriente máxima que un conductor puede transportar continuamente, bajo las condiciones de uso, sin exceder su rango de temperatura.

Armónicas: Corrientes y/o voltajes presentes en un sistema eléctrico, con una frecuencia múltiplo de la frecuencia fundamental.

*Conductor de puesta a tierra*¹: Conductor utilizado para conectar un equipo o el circuito puesto a tierra de un sistema de alambrado al electrodo o electrodos de puesta a tierra.

*Conductor neutro*¹: Conductor conectado al punto neutro de un sistema trifásico que está destinado a transportar corriente en condiciones anormales.

Corriente alterna: Corriente que varía su magnitud en función del tiempo. La forma de onda de corriente alterna más habitual es la senoidal. Con ella se consigue una transmisión más eficiente de la energía.

*Corriente de cortocircuito*¹: Corriente de falla simétrica o asimétrica a la tensión nominal, a la cual un aparato o un sistema puede estar conectado sin sufrir daños que excedan los criterios de aceptación definidos.

Corriente nominal (I_{nom}): Corriente que circula por los conductores en condiciones de plena carga.

*Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA)*²: Índice de la carga conectada para alumbrado por superficie de construcción; se expresa en W/m^2 . La determinación de la DPEA debe ser calculada a partir de la carga total conectada de alumbrado y el área total por iluminar de acuerdo a la expresión:

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado [W]}}{\text{Área total iluminada [m}^2\text{]}}$$

¹ Definición tomada de NOM-001-SEDE-2012.

² Definición tomada de NOM-007-ENER-2014. Detalles particulares de la evaluación de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado en el Anexo E.

Disturbio eléctrico: Alteración o desorden, es decir, una irregularidad en las condiciones normales de cualquier sistema eléctrico.

*Factor de demanda*³: relación entre la demanda máxima del circuito y la carga conectada al mismo.

$$\text{Factor de demanda} = \frac{\text{Demanda máxima [W]}}{\text{Carga instalada [W]}}$$

*Impedancia relativa*⁴: relación de la corriente de corto circuito (I_{CC}) en el punto de la acometida a la corriente máxima de carga (I_L), del propio suministro, a frecuencia fundamental.

*Nivel de iluminación*⁵: Cantidad de flujo luminoso por unidad de área medido en un plano de trabajo donde se desarrollan actividades, expresada en luxes [lx]. La cantidad de puntos de medición requeridos en cada área está determinada por la constante de salón K:

$$K = (A * L) / [h(A + L)]$$

Donde:

L: largo del salón.

A: ancho del salón.

h: altura de las luminarias sobre el plano útil.

El cálculo del nivel promedio de iluminación para el método de la constante del salón, se realiza con la siguiente expresión:

$$E_p = 1/N \left(\sum E_i \right)$$

Donde:

E_p = Nivel promedio en lux.

E_i =Nivel de iluminación medido en cada punto.

N: Número de medidas realizadas.

*Plano de trabajo*⁶: Superficie horizontal, vertical u oblicua, en la cual generalmente los trabajadores desarrollan sus actividades, con niveles de iluminación específicos.

³ Definición tomada de: Enriquez, H. (2004). *El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión*. México: Limusa.

⁴ Definición tomada de la especificación CFE-L0000-45

⁵ Definición tomada de NOM-025-STPS-2008. Detalles particulares de la evaluación de los niveles de iluminación en el Anexo D.

⁶ Definición tomada de NOM-025-STPS-2008.

*Sobrecorriente*¹: Cualquier corriente que supere la corriente nominal de los equipos o la ampacidad de un conductor. La sobrecorriente puede provocarse por una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra.

Tablero de distribución: Se encuentra conectado directamente a la subestación o a una fuente principal de energía eléctrica. Desde él se controla la alimentación de circuitos y tableros derivados.

Tablero derivado: Se encuentra alimentado por un circuito derivado de los tableros de distribución.

1.2 Metodología del levantamiento

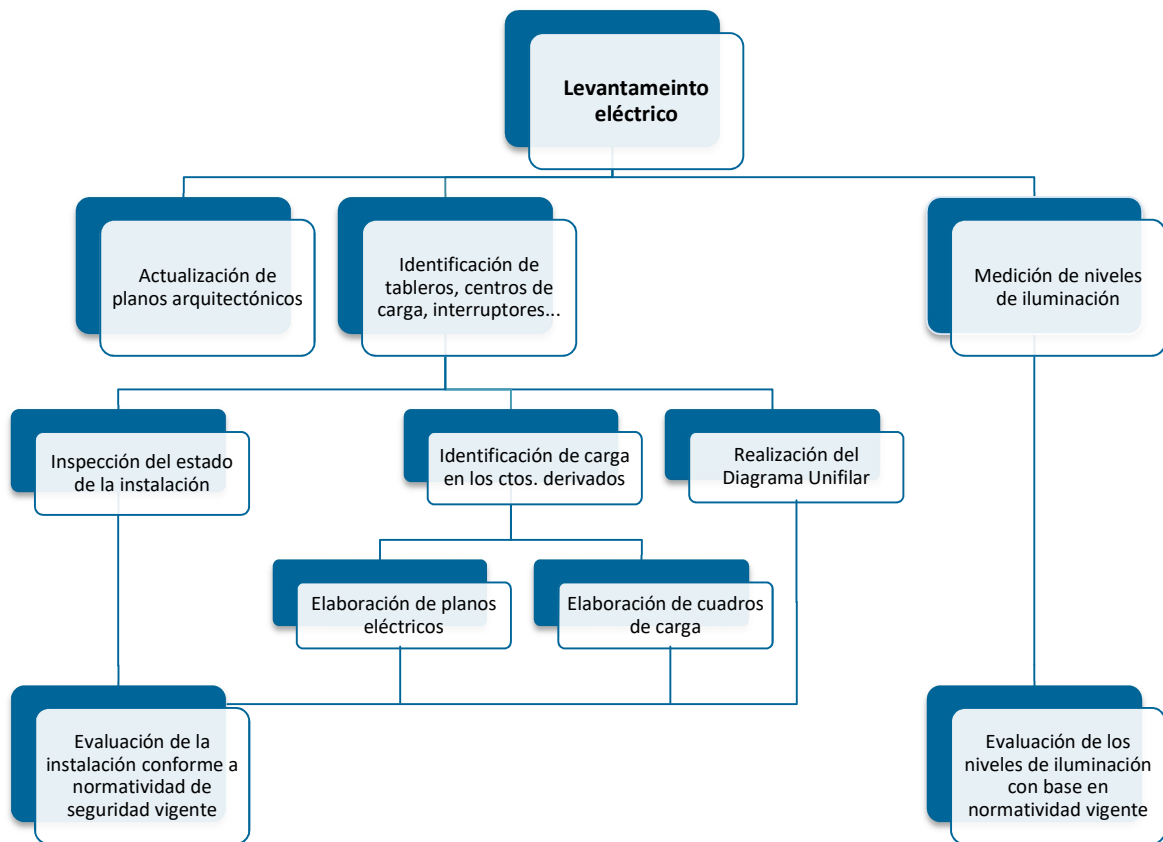
El levantamiento eléctrico fue realizado con el objetivo de dictaminar el cumplimiento de las normas por parte de la instalación eléctrica de la HNM.

Este levantamiento inició con la actualización de los planos arquitectónicos del inmueble para la posterior ubicación de las cargas eléctricas. Paralelamente a esta actividad, se identificaron todos los tableros de distribución, centros de carga, interruptores, y en general todo dispositivo eléctrico que fuera capaz de desenergizar un equipo o parte del sistema eléctrico de la HNM, tomando nota de los interruptores termomagnéticos presentes en el tablero, el número de hilos conectados a cada interruptor y su calibre, además se hicieron observaciones del estado general que guardan las conexiones internas de estos dispositivos.

Una vez terminado el levantamiento de los datos mencionados se efectuó la identificación de circuitos eléctricos. Para ello se hizo uso de un trazador de corriente AMPROBE⁷, comúnmente llamado trazador de señales o trazador de línea, con el cual se emitió una señal de alta frecuencia sobre un conductor y se recibió en los interruptores de los tableros. Simultáneamente a la identificación de circuitos se levantaron los datos de la carga conectada a cada circuito eléctrico. En el sistema de iluminación se registró la potencia de las luminarias y se midieron los niveles de iluminación en el plano de trabajo con el Luxómetro⁷.

En el esquema 1 se presentan las actividades realizadas durante el levantamiento.

⁷ Datos del equipo en el Anexo A.



Esquema 1. Metodología del levantamiento eléctrico.

1.3 Normas y estándares aplicables

- NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones Eléctricas (Utilización).
- Disposiciones en materia de instalaciones eléctricas.
- NOM-025-STPS-2008 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.
- ISO 11799 Information and documentation — Document storage requirements for archive and library materials.
- NOM-007-ENER-2014 Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.
- NOM-022-STPS-2008 Electricidad estática en los centros de trabajo-Condiciónes de seguridad.
- NOM-029-STPS-2011 Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-Condiciónes de seguridad.
- Reglamento de la Ley del servicio público de energía eléctrica.
- Especificación CFE L0000-45 Desviaciones Permisibles en las Formas de Onda de Tensión y Corriente en el Suministro y Consumo de Energía Eléctrica.

CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA HEMEROTECA NACIONAL DE MÉXICO

En el tiempo que la HNM tiene brindando servicio, su instalación eléctrica no ha sido sujeta a un programa de mejora, lo cual conlleva a rezagos visibles por el incremento de la demanda eléctrica en dicho recinto.

En este capítulo se realizó un análisis del estado físico de la instalación eléctrica, haciendo énfasis en los problemas encontrados y dando recomendaciones para su solución. Para que una instalación eléctrica sea eficiente y segura debe basarse en las normas, especificaciones y reglamentos que se rigen en la entidad donde se sitúa, es por ello que al ser la Hemeroteca una institución que pertenece a la UNAM, el análisis se realizó conforme a las normas mexicanas y la norma interna universitaria designada como Disposiciones en Materia de Instalaciones Eléctricas (DMIE).

Es importante destacar que en la planta baja no fue posible analizar únicamente la instalación que pertenece a la HNM, ya que en este nivel el suministro de energía está compartido con la BNM. Por tal razón, en la planta baja se realizó el análisis de todos los tableros derivados, aún sin que estos alimenten en su totalidad áreas de la HNM.

2.1 Subestación eléctrica

La alimentación del Instituto de Investigaciones Bibliográficas proviene de dos subestaciones, la encargada de suministrar energía eléctrica a la HNM está ubicada debajo de la escalinata de acceso al público. En esta subestación se encuentran dos transformadores tipo pedestal con capacidad de 500 [kVA] y de 225 [kVA], los cuales reciben una tensión de 23 [kV] y entregan a la salida 220/127 [V]. Del transformador de 500 [kVA] se alimenta un gabinete de baja tensión con dos secciones. La sección 1 alimenta el Tablero de Distribución B (TDB); la sección 2 alimenta el Tablero de Distribución A (TDA) y 5 tableros derivados.

Los tableros de distribución están ubicados en la planta baja de la Hemeroteca y se encargan de energizar 24 tableros derivados, 6 unidades de aire acondicionado y 8 motores.

En la figura 1 se muestra un bosquejo del diagrama unifilar⁸ de la Hemeroteca Nacional de México.

⁸ Detalles particulares del diagrama unifilar en el Anexo B.

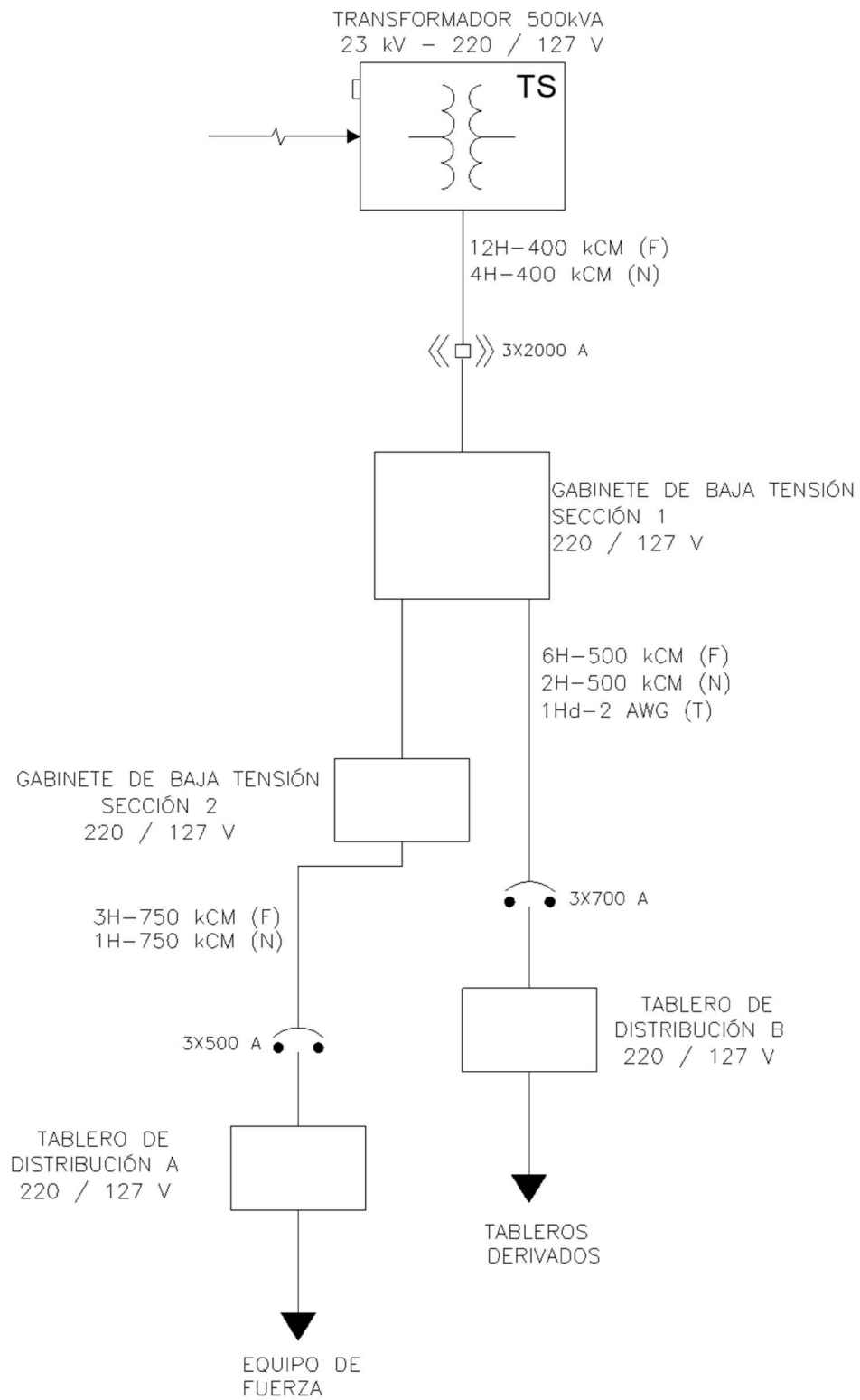


Figura 1. Diagrama Unifilar

Algunos de los problemas que se encontraron en la subestación eléctrica que alimenta la Hemeroteca Nacional de México, se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Anomalías en la subestación eléctrica.

ANOMALÍA	REFERENCIA NORMATIVA	EVIDENCIA
Se encontraron cajas, maderas, escaleras de aluminio y luminarios almacenados dentro de la subestación.	Las subestaciones no deben de emplearse como almacén de acuerdo al artículo 924-4 b) de la NOM-001-SEDE-2012. Retirar del lugar las escaleras y demás objetos que no pertenecen a este recinto.	
Alto nivel de polvo en toda el área de la subestación.	El artículo 924-4 c) de la NOM-001-SEDE-2012 indica que no debe haber polvo en la Subestación. Es necesario tener un programa de mantenimiento para el equipo eléctrico, por lo menos una vez cada año.	
Registro en subestación sin tapa, ni barrera.	Los huecos, registros o trincheras deben tener una tapa adecuada o en su defecto estar provistas de una barrera de acuerdo al artículo 924-6 a) y b) de la NOM-001-SEDE-2012	
No hay señalización de riesgo eléctrico.	El artículo 110-16 de la NOM-001-SEDE-2012 menciona que los equipos eléctricos como tableros y transformadores, deben estar marcados para advertir al personal calificado del peligro potencial de arco eléctrico.	

2.2 Revisión de los tableros derivados

El sistema de distribución eléctrica de la Hemeroteca Nacional de México, está formado por dos tableros de distribución TDA y TDB. De ellos se alimentan 21 tableros derivados de tensión normal y 5 tableros derivados con tensión regulada. Los tableros regulados 1G, 1L, 4R, 4JR y 4KR se encuentran respaldados por un UPS (*Uninterruptible Power Supply*), que mejora la calidad de la señal de tensión, además de que actúa como unidad de respaldo en caso de una interrupción en el suministro eléctrico; y tres equipos acondicionadores de tensión que no cuentan con esta función de respaldo.

2.2.1 Alimentadores

En este apartado, se presentan los resultados del análisis de los conductores de alimentación, el neutro y las protecciones principales de los tableros de distribución y derivados. El estudio se realizó únicamente con base en la ampacidad del conductor, apoyándose para ello, en la Tabla 310-15(b)(16) de la NOM-001-SEDE-2012 y en el artículo 6.6.2 c) de las DMIE, el cual menciona que el calibre del neutro debe ser igual a los alimentadores.

También se hizo un análisis de los conductores de tierra (T) debido a que varios tableros no cuentan este conductor o no es del calibre apropiado, por lo que se realizó el cálculo de dicho conductor de acuerdo a la Tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012. Ambas tablas se muestran en el Anexo C. La tabla 2 muestra el análisis de los conductores para los tableros de distribución.

Tabla 2. Análisis por ampacidad de los tableros de distribución.

Tablero	Protección Instalada Polos x [A]	Alimentadores	I_{nom} [A] ⁹	Ampacidad del Conductor [A] ¹⁰	Protección Recomendada Polos x [A] ¹¹	Conductor Neutro ¹² y Tierra ¹³ recomendado
TDA	3 x 500	3H - 750 KCM(F) 1H - 750 KCM(N) Sin Hilo (T)	180.00	475	3 x 450	Adecuado (N)
						1Hd - 2 AWG (T)
TDB	3 x 700	6H - 500 KCM(F) 2H - 500 KCM(N) 1Hd - 2 AWG (T)	738.07	380	3 x 750	Adecuado (N)
						1Hd-250KCM (T)

⁹ Corriente nominal obtenida a partir de la carga total instalada en el tablero o circuito.

¹⁰ NOM-001-SEDE-2012. Art. 310-15. Ampacidad para conductores con tensión de 0-2000 volts.

¹¹ NOM-001-SEDE-2012. Art. 240-6. a) Capacidades estandarizadas de fusibles e interruptores automáticos.

¹² Disposiciones en Materia de Instalaciones Eléctricas. Art. 6.6.2. c) Conductores. Baja Tensión.

¹³ NOM-001-SEDE-2012. Art. 250-122. Tamaño de los conductores de puesta a tierra de equipos.

En el TDB se tiene una corriente nominal por encima de la capacidad del interruptor instalado, sin embargo ésta corriente está dada por la carga total conectada al tablero por lo que la corriente máxima que se presenta en cada fase, de acuerdo a los cuadros de carga, es menor a 700 [A]. Con lo cual se deduce que la corriente nominal no representa ningún problema para el interruptor trifásico.

En la tabla 3 se muestran los resultados para cada tablero derivado de la planta baja.

Tabla 3. Análisis por ampacidad de cada tablero derivado de la planta baja.

Tablero	Protección Instalada Polos x [A]	Alimentadores	I_{nom} [A] ⁹	Ampacidad del Conductor [A] ¹⁰	Protección Recomendada Polos x [A] ¹¹	Conductor Neutro ¹² y Tierra ¹³ recomendado
PBA	3 x 100	3H – 2 AWG (F) 1H – 2 AWG(N) Sin Hilo (T)	15.53	95	3 x 100	Adecuado (N)
						1Hd–8 AWG(T)
PBB	3 x 100	3H – 2 AWG (F) 1H – 2 AWG(N) Sin Hilo (T)	2.05	95	3 x 100	Adecuado (N)
						1Hd–8 AWG(T)
PBC	Sin Protección	2H – 8 AWG (F) 1H – 8 AWG(N) Sin Hilo (T)	3.66	40	2 x 40	Adecuado (N)
						1Hd-10 AWG (T)
PBD	Sin Protección	3H – 2 AWG (F) 1H – 2 AWG(N) Sin Hilo (T)	Sin Carga	95	3 x 100	Adecuado (N)
						1Hd–8 AWG(T)
PBE	3 x 100	3H – 2 AWG (F) 1H – 2 AWG(N) 1Hd-10 AWG(T)	8.54	95	3 x 100	Adecuado (N)
						1Hd–8 AWG(T)
PBF	3 x 70	3H – 4 AWG (F) 1H – 4 AWG(N) Sin Hilo (T)	Sin Carga	70	3 x 70	Adecuado (N)
						1Hd–8 AWG(T)
PBG	3 x 100	3H – 2 AWG (F) 1H – 2 AWG(N) 1Hd-12 AWG(T)	26.93	95	3 x 100	Adecuado (N)
						1Hd–8 AWG(T)
PBH	3 x 100	3H – 2 AWG (F) 1H – 2 AWG(N) Sin Hilo (T)	32.91	95	3 X 100	Adecuado (N)
						1Hd–8 AWG(T)
PBI	Sin Protección	3H – 8 AWG (F) 1H – 8 AWG(N) Sin Hilo (T)	17.59	40	3 x 40	Adecuado (N)
						1Hd-10 AWG (T)
PBJ	3 x 100	3H – 2 AWG (F) 1H – 2 AWG(N) 1Hd-10 AWG(T)	21.92	95	3 x 100	Adecuado (N)
						1Hd–8 AWG(T)

PBK	3 x 100	3H – 4 AWG (F) 1H – 4 AWG(N) Sin Hilo (T)	17.50	70	3 x 70	Adecuado (N)
						1Hd–8 AWG(T)
PBL	3 x 225	3H-1/0 AWG(F) 1H-1/0 AWG(N) 1Hd-10 AWG (T)	58.08	150	3 x 150	Adecuado (N)
						1Hd–6 AWG(T)
PBM	3 x 200	3H-1/0 AWG(F) 1H-1/0 AWG(N) Sin Hilo (T)	97.01	150	3 x 150	Adecuado (N)
						1Hd–6 AWG(T)
PBN	3 x 100	3H-1/0 AWG(F) 1H-1/0AWG(N) Sin Hilo (T)	9.12	150	3 X 150	Adecuado (N)
						1Hd – 6 AWG(T)
PBO	3 x 100	3H – 4 AWG (F) 1H – 4 AWG (N) 1Hd–8 AWG (T)	9.45	70	3 x 70	Adecuado (N)
						Adecuado (T)
PBR	3 x 100	3H – 2 AWG (F) 1H – 2 AWG (N) Sin Hilo (T)	9.21	95	3 x 100	Adecuado (N)
						1Hd – 8 AWG(T)
PBS	Sin Protección	3H – 4 AWG (F) 1H – 4 AWG (N) Sin Hilo (T)	22.98	70	3 x 70	Adecuado (N)
						1Hd – 8 AWG(T)
PBS'	Sin Protección	3H – 6 AWG (F) 1H – 6 AWG (N) Sin Hilo (T)	12.28	55	3 x 50	Adecuado (N)
						1Hd–10 AWG(T)
PBT	3 x 70	3H – 6 AWG (F) 1H – 6 AWG (N) Sin Hilo (T)	21.52	55	3 x 50	Adecuado (N)
						1Hd–10 AWG(T)
PBU	3 x 100	3H – 2 AWG (F) 1H – 2 AWG (N) 1Hd–6 AWG (T)	58.58	95	3 x 100	Adecuado (N)
						1Hd – 8 AWG(T)
PBV	3 x 100	3H – 8 AWG (F) 1H – 8 AWG (N) 1Hd–12 AWG(T)	36.58	40	3 x 40	Adecuado (N)
						1Hd–10 AWG(T)
PBW	3 x 100	3H – 2 AWG (F) 3H – 2 AWG (N) Sin Hilo (T)	Sin Carga	95	3 x 100	Adecuado (N)
						1Hd – 8 AWG(T)
PBX	Sin Protección	3H – 6 AWG (F) 1H – 6 AWG (N) Sin Hilo (T)	3.31	55	3 x 50	Adecuado (N)
						1Hd–10 AWG(T)
PBY	3 x 100	3H–1/0 AWG(F) 1H–1/0 AWG(N) Sin Hilo (T)	5.32	150	3 x 150	Adecuado (N)
						1Hd – 6 AWG(T)
PBZ	Sin	3H – 6 AWG (F)	22.94	55	3 x 50	Adecuado (N)

	Protección	1H – 6 AWG (N) 1Hd–6 AWG (T)				1Hd–10 AWG(T)
PBAB	3 x 50	3H – 4 AWG (F) 1H – 4 AWG (N) Sin Hilo (T)	6.14	70	3 x 70	Adecuado (N)
						1Hd–8 AWG (T)
PBAC	Sin Protección	2H–12 AWG (F) 1H–12 AWG (N) 1Hd–14 AWG(T)	Sin Carga	20	2 x 20	Adecuado (N)
						Adecuado (T)

Como se puede observar en la tabla anterior, se encontró que las protecciones instaladas en los tableros no protegen a los conductores, ya que éstas superan la ampacidad que los conductores soportan de acuerdo a la Tabla 310-15(b)(16) de la NOM-001-SEDE-2012, a excepción de los tableros PBF y PBAB, en los que, aunque la protección es menor a la recomendada, esta no se ve afectada por la corriente nominal del circuito, porque es mucho menor al valor de la protección, así que se puede deducir que el interruptor protege al conductor. Por lo anterior, se recomienda sustituir los interruptores en los demás tableros, ya que en caso de alguna falla, estos no protegerán a los alimentadores.

Otro problema que se encontró dentro de los tableros, fue la ausencia del hilo de tierra o que se encuentra mal dimensionado y se requiere un calibre más grande para poder transportar la corriente de falla sin problemas, en caso de que ésta se presente. Solo los tableros PBO y PBAC cuentan con el hilo de tierra adecuado. Por lo que se hizo la recomendación por norma del calibre apropiado para cada tablero derivado.

En lo que respecta a la corriente nominal (I_{nom}), las protecciones instaladas en los tableros son adecuadas.

La tabla 4 muestra el análisis para los niveles 1 al 4 de la Hemeroteca Nacional de México.

Tabla 4. Análisis por ampacidad de cada tablero derivado de los niveles primero al cuarto.

Tablero	Protección Instalada Polos x [A]	Alimentadores	I_{nom} [A] ⁹	Ampacidad del Conductor [A] ¹⁰	Protección Recomendada Polos x [A] ¹¹	Conductor Neutro ¹² y Tierra ¹³ recomendado
1A	3 x 150	3H – 2 AWG (F) 1H – 6 AWG(N) Sin Hilo (T)	74.88	95	3 x 100	1H - 2 AWG(N)
						1Hd–8 AWG(T)
1B	3 x 125	3H-1/0 AWG(F) 1H-1/0 AWG(N) Sin Hilo (T)	49.09	150	3 x 150	Adecuado (N)
						1Hd – 6 AWG(T)
1C	Sin	2H–10 AWG(F)	0.80	30	2 x 30	Adecuado (N)

	Protección	1H-10 AWG(N) Sin Hilo (T)				1Hd - 10 AWG(T)
1D	Sin Protección	3H – 8 AWG(F) 1H – 8 AWG(N) Sin Hilo (T)	9.92	40	3 x 40	Adecuado (N)
						1Hd-10 AWG (T)
1H	3 x 225	3H-3/0 AWG(F) 3H-3/0 AWG(N) Sin Hilo (T)	33.54	200	3 x 200	Adecuado (N)
						1Hd – 6 AWG (T)
1L	3 x 30	3H – 8 AWG (F) 1H – 8 AWG(N) Sin Hilo (T)	11.34	40	3 x 40	Adecuado (N)
						1Hd-10 AWG (T)
2A	3 x 150	3H-1/0 AWG (F) 1H-1/0 AWG(N) Sin Hilo (T)	77.49	150	3 x 150	Adecuado (N)
						1Hd – 6 AWG (T)
2B	3 X 150	3H – 2 AWG (F) 1H – 6 AWG(N) Sin Hilo (T)	60.52	95	3 x 100	1H – 6 AWG (N)
						1Hd – 8 AWG (T)
3A	Sin Protección	3H-1/0 AWG(F) 1H-1/0 AWG(N) Sin Hilo (T)	79.60	150	3 x 150	Adecuado (N)
						1Hd – 6 AWG (T)
3B	3 x 175	3H – 2 AWG (F) 1H – 6 AWG(N) Sin Hilo (T)	61.15	95	3 x 100	1H – 2 AWG (N)
						1Hd-8 AWG (T)
4R	3 x 30	3H – 8 AWG (F) 1H – 8 AWG(N) 1Hd-10 AWG(T)	15.12	40	3 x 40	Adecuado (N)
						Adecuado (T)
4K	3 x 125	3H – 2 AWG (F) 1H – 2 AWG(N) 1Hd-10 AWG(T)	62.69	95	3 x 100	Adecuado (N)
						1Hd – 8 AWG (T)
4JR	3 x 50	3H – 6 AWG (F) 1H – 6 AWG(N) 1Hd – 8 AWG	22.20	55	3 x 50	Adecuado (N)
						Adecuado (T)
4J	3 x 125	3H-1/0 AWG(F) 1H-1/0 AWG(N) Sin Hilo (T)	53.78	150	3 x 150	Adecuado (N)
						1Hd – 6 AWG (T)
4KR	3 x 40	3H – 6 AWG (F) 1H – 6 AWG(N) 1Hd-10 AWG(T)	14.17	55	3 x 50	Adecuado N)
						Adecuado (T)

Solo dos tableros cumplen con la protección recomendada (2A y 4JR), y cuatro más protegen al conductor, aunque no es la protección óptima, estos son: 1B, 4R, 4J y 4KR. Por lo que respecta a los demás tableros derivados, se debe realizar el cambio de interruptor para proteger a los alimentadores ante una posible falla. En cuanto a la corriente calculada para cada tablero, se

advierde que solo el tablero 1A tiene una alta demanda de corriente, pero sin llegar a alcanzar el valor de la protección instalada, por lo que para este rubro no se encuentran contrariedades.

En lo que concierne al hilo de tierra, solo los tableros regulados (4R, 4JR y 4KR) cumplen con el calibre adecuado, los demás tableros presentan el mismo problema que en la planta baja.

2.2.2 Circuitos derivados

En la revisión de los circuitos derivados de cada tablero, se encontró que hay circuitos para los cuales la corriente máxima calculada en los cuadros de carga, excede la ampacidad del conductor o la capacidad del interruptor termomagnético, ello puede provocar un sobrecalentamiento en el conductor o que la protección funcione de manera incorrecta. Estos casos se muestran en las tablas 5 y 6.

Tabla 5. Análisis de los circuitos derivados de los tableros en la planta baja.

Tablero-Circuito	I_{nom} [A] ⁸	Interruptor [A]	Conductor [AWG]	Ampacidad del conductor ¹⁴ [A]	Recomendación
PBH-6	36.49	20	10	30	Aumentar el calibre a 6 AWG y la protección a 50 [A]
PBM-34	43.94	30	10	30	Aumentar el calibre a 6 AWG y la protección a 60 [A]

Tabla 6. Análisis de los circuitos derivados de los tableros en los niveles primero al cuarto.

Tablero-Circuito	I_{nom} [A] ⁸	Interruptor [A]	Conductor [AWG]	Ampacidad del conductor ¹⁴ [A]	Recomendación
1B-25	18.9	15	12	20	Aumentar el calibre a 10 AWG y la protección a 30 [A]
2A-1	20.41	15	12	20	Aumentar el calibre a 10 AWG y la protección a 30 [A]
2A-23	19.56	20	10	30	Aumentar protección a 30 [A]
2A-31	42.80	50	12	20	Aumentar el calibre a 6 AWG y la protección a 60 [A]
4K-18	34.87	20	12	20	Aumentar el calibre a 6 AWG y la protección a 50 [A]

¹⁴ NOM-001-SEDE-2012. Art. 310-15. Ampacidad para conductores con tensión de 0-2000 volts.

También se analizaron de forma independiente los circuitos que alimentan los equipos de fuerza, para lo cual se recurrió a las tablas 430-250 “Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna” y 430-52 “Ajuste máximo de los dispositivos de protección contra cortocircuito y falla a tierra para circuitos derivados de motores” de la NOM-001-SEDE-2012, además del artículo 430-22 “Un solo motor” de la misma norma, para realizar el cálculo de los conductores y protecciones de cada circuito. En la tabla 7 se muestran los resultados.

Tabla 7. Análisis del equipo de fuerza.

EQUIPOS DE FUERZA							
Tablero - Circuito	Equipo	Potencia [kW]	Corriente a plena carga ¹⁵ [A]	Conductores		Protección (Polo x [A])	
				Instalados	Propuestos ¹⁶	Instalada	Propuesta ¹⁷
TDA-1	Unidad manejadora de aire	11.2	42	3H-6 AWG	3H-6 AWG	3 x 70	3 x 100
TDA-2	Unidad manejadora de aire	22	80	3H-8 AWG	3H-2 AWG	3 x 100	3 x 200
TDA-3	Unidad manejadora de aire	11.2	42	3H-6 AWG	3H-6 AWG	3 x 70	3 x 100
TDA-4	Unidad manejadora de aire	11.2	42	3H-6 AWG	3H-6 AWG	3 x 70	3 x 100
TDA-5	Montacargas	0.895	4.2	3H-12 AWG	3H-14 AWG	3 x 30	3 x 15
TDA-7	Montacargas	0.895	4.2	3H-14 AWG	3H-14 AWG	3 x 30	3 x 15
TDA-8	Montacargas	0.895	4.2	3H-14 AWG	3H-14 AWG	3 x 30	3 x 15
TDA-9	Montacargas	0.895	4.2	3H-14 AWG	3H-14 AWG	3 x 30	3 x 15

Aquí puede observarse que solo dos circuitos (TDA-1 y TDA-5) no cumplen con los lineamientos especificados en la norma, en los demás no se encontró ningún problema relacionado con los parámetros analizados.

¹⁵ NOM-001-SEDE-2012. Tabla 430-250.- Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna.

¹⁶ NOM-001-SEDE-2012. Art. 430-22.- Un solo motor.

¹⁷ NOM-001-SEDE-2012. Tabla 430-52.- Ajuste máximo de los dispositivos de protección contra cortocircuito y falla a tierra para circuitos derivados de motores.

De la misma manera se efectuó el análisis de las unidades de aire acondicionado, de las cuales se calculó el medio de desconexión aplicando el artículo 440-12(1) “Capacidad nominal y capacidad de interrupción” y el artículo 440-22 “Aplicación y selección” para el cálculo de la protección, ambos artículos tomados de la NOM-001-SEDE-2012. Estos resultados se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Análisis del equipo de aire acondicionado.

EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO							
Tablero - Circuito	Equipo	Potencia [kW]	Corriente carga nominal [A]	Medio de desconexión		Protección (Polo x [A])	
				Instalado	Propuesto ¹⁸	Instalada	Propuesta ¹⁹
TDA-1	Unidad condensadora	2.35	9.7	Sin dato	2 x 15	2 x 20	2 x 20
TDA-1	Unidad condensadora	2.35	9.7	Sin dato	2 x 15	2 x 20	2 x 20
TDA-1	Unidad condensadora	2.35	10.5	Sin dato	2 x 15	2 x 20	2 x 20
TDA-2	Unidad condensadora	2.35	9.7	Sin dato	2 x 15	2 x 20	2 x 20
TDA-3	Unidad condensadora	Sin datos					
TDB-4	Chiller	7.46	Sin datos				

Las protecciones instaladas en las Unidades Condensadoras (UC) cumplen con la normatividad sin embargo, no se tuvieron registros del medio de desconexión en ninguna UC.

2.2.3 Desbalance de carga

El desbalance de carga en los tableros se calculó a partir de la información disponible en los cuadros de carga de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Desbalance} = \frac{\text{carga mayor} - \text{carga menor}}{\text{carga mayor}} \times 100$$

La mayoría de los tableros de planta baja y de los niveles restantes, presentan un porcentaje de desbalance superior al 5 %²⁰ permitido. Esto puede provocar sobrecalentamiento de una de las fases, provocando caída de tensión que se ve reflejado en pérdidas de energía eléctrica o mal

¹⁸ NOM-001-SEDE-2012. Art. 440-12, Inc. 1) Capacidad nominal y capacidad de interrupción. Valor nominal en amperes.

¹⁹ NOM-001-SEDE-2012. Art. 440-22, Inc. a) Capacidad nominal o ajuste para motocompresores individuales.

²⁰ Disposiciones en Materia de Instalaciones Eléctricas. Art. 1.7.2.2 o).

funcionamiento de los equipos. En las tablas 9, 10 y 11 se puede consultar el porcentaje de desbalance obtenido a partir de la carga total instalada, registrada en el levantamiento eléctrico.

Tabla 9. Desbalance en los tableros de distribución.

TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	
TABLERO	DESBALANCE (%)
TDA	5.16
TDB	26.38

Tabla 10. Desbalance en los tableros de la planta baja.

PLANTA BAJA			
TABLERO	DESBALANCE (%)	TABLERO	DESBALANCE (%)
PBA	76.59	PBQ	55.67
PBB	100	PBR	90.05
PBE	100	PBS	13.92
PBG	26.92	PBS'	30
PBH	64.09	PBT	51.25
PBI	48.16	PBU	31.24
PBJ	32.62	PBV	27.92
PBK	15.07	PBX	33.33
PBL	35.91	PBY	100
PBM	47.27	PBZ	8.91
PBN	100	PBAA	72.13
PBO	100	PBAB	100

Tabla 11. Desbalance en los tableros de los niveles primero al cuarto.

PRIMER NIVEL		TERCER NIVEL	
TABLERO	DESBALANCE (%)	TABLERO	DESBALANCE (%)
1A	52.86	3A	24.07
1B	41.89	3B	28.45
1D	90.38	CUARTO NIVEL	
1H	28.57	4R	50
1G	50	4K	23.5
1L	22.22	4JR	35
SEGUNDO NIVEL		4J	37.87
2A	60.27	4KR	53.85
2B	31.36		

Es recomendable hacer un balance de cargas con el fin de tener fases equilibradas para evitar daños en los conductores y una posible corriente circulando en el neutro.

2.2.4 Anomalías físicas

En lo que respecta a la inspección del estado físico de la instalación eléctrica, las principales anomalías encontradas en los tableros derivados se presentan en la tabla 12.

Tabla 12. Anomalías físicas encontradas en los tableros eléctricos.

ANOMALÍA	REFERENCIA NORMATIVA	EVIDENCIA
<p>No hay señalización de riesgo eléctrico.</p> <p>Esta anomalía se presenta en todos los tableros y cuartos eléctricos.</p>	<p>El artículo 110-16 de la NOM-001-SEDE-2012 indica que los equipos eléctricos, entre ellos tableros, deben estar marcados para advertir al personal calificado del peligro potencial de arco eléctrico.</p>	
<p>No hay barras de tierra física y/o aislada. En algunos casos no hay conductor de tierra física.</p> <p>Tableros: TDA, TDB, A, B, C, D, F, G, H, I, J, K, L, M, N, P, Q, R, V, W, X, Y, Z, AB, AC, 1A, 1B, 1C, 1D, 2A, 2B, 3A, 3B, 4KR, 4J, 4JR, 4R.</p>	<p>Los artículos 647-6 b) de la NOM-001-SEDE-2012 y 5.3 de la NOM-022-STPS-2008 indican que se deben colocar los accesorios adecuados para la correcta instalación del sistema de puesta a tierra.</p>	
<p>Los conductores están desordenados y presentan dobleces menores a 90°.</p> <p>Tableros: TDA, TDB, A, B, C, H, K, L, M, O, R, S, V, X, AB, 1A, 1B, 1C, 1D, 1L, 2A, 3B, 4KR, 4J, 4JR, 4K.</p>	<p>El no dar una trayectoria adecuada a los cables dentro del tablero puede dañar internamente al conductor y al aislante, provocando alguna falla eléctrica.</p> <p>Referencia: artículo 110-7 de la NOM-001-SEDE-2012</p>	

<p>Se encontraron empalmes en conductores dentro del tablero.</p> <p>Tableros: G, H, L, M, N, P, Q, S, X, 1A, 1C, 2A, 2B, 3B, 4KR.</p>	<p>Los artículos 110-14 b), 300-13 a), 300-15 y 400-9 de la NOM-001-SEDE-2012 indican que debe haber continuidad en los conductores dentro de los dispositivos eléctricos para evitar una falla eléctrica o daño al personal en caso de que un conductor se suelte.</p>	
<p>El tablero se encontró saturado.</p> <p>Tableros: H, M, Z, 2A, 2B, 3A, 3B.</p>	<p>Al tener cables muy amontonados, se puede producir calentamiento en los conductores o algún corto durante las maniobras de mantenimiento en el tablero.</p> <p>Referencia: artículo 110-3, 110-7 de la NOM-001-SEDE-2012</p>	
<p>Los tableros se hallaron sucios, en mal estado y con elementos ajenos a la instalación.</p> <p>Tableros: TDA, TDB, A, B, C, E, I, J, K, N, T, W, X, Y, Z, 1A, 1B, 1C, 1D, 2A, 2B, 3A, 3B, 4KR, 4JR.</p>	<p>El deterioro en los tableros puede provocar accidentes al maniobrar en él, o mal funcionamiento del mismo. De acuerdo al artículo 110-3 y 110-12 b) de la NOM-001-SEDE-2012 no debe haber materiales ajenos que dañen la instalación y ésta debe mantenerse limpia.</p>	
<p>Se encontraron aberturas no utilizadas en los tableros, principalmente donde se instalan los interruptores.</p> <p>Tableros: W, 1B, 2A, 2B, 4KR, 4JR, 4K.</p>	<p>El artículo 110-12 a) de la NOM-001-SEDE-2012 menciona que las aberturas no utilizadas deben estar cerradas para que ofrezcan una protección sustancialmente equivalente a la cubierta del equipo.</p>	

<p>Interruptores o fusibles dentro del tablero.</p> <p>Tablero: Z, 2A, 3A.</p>	<p>De acuerdo al artículo 110-3 b), los equipos etiquetados se deben instalar y utilizar de acuerdo con las instrucciones incluidas en la etiqueta y/o instructivo. Por ende no pueden ser alterados.</p>	
<p>La cubierta de los conductores no cumple con los colores indicados.</p> <p>Tableros: TDA, A, B, C, G, H, I, J, L, M, N, Q, R, S, V, AB, 1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 3A, 3B, 4K, 4R.</p>	<p>De acuerdo al artículo 210-5 de la NOM-001-SEDE-2012, el conductor neutro se identifica por la cubierta color blanco, gris o con 3 franjas blancas a lo largo de toda longitud, el conductor de tierra será desnudo y para la tierra aislada se usa color verde.</p>	
<p>En los tableros se encontraron conductores con aislamiento dañado y/o con partes vivas expuestas.</p> <p>Tableros: P, T, Z.</p>	<p>No debe haber partes dañadas que puedan afectar el funcionamiento seguro ni la resistencia mecánica de los equipos.</p> <p>Referencia: artículo 110-12 b), 408-19 de la NOM-001-SEDE-2012.</p>	
<p>Se tienen conductores sueltos dentro del tablero.</p> <p>Tableros: K, L, M, 1B, 3A.</p>	<p>Al estar sueltos, pueden provocar una falla a tierra o entre fases.</p> <p>Referencia: artículo 110-7 de la NOM-001-SEDE-2012.</p>	
<p>El acceso a los tableros está obstruido.</p> <p>Tableros: TDA, TDB, Y, 4J, 4K, 4R, 4KR, 4JR.</p>	<p>El artículo 110-26 de la NOM-001-SEDE-2012 indica que debe existir y mantenerse un espacio de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento rápido y seguro del equipo eléctrico.</p>	

2.3 Sistema de Iluminación

Un sistema de iluminación se puede definir como un conjunto de luminarias de un área o plano de trabajo, distribuidas de tal manera que proporcionen un nivel de iluminación específico para la realización de las actividades de manera eficiente y con calidad. Actualmente en las zonas industriales, administrativas y comerciales, las luminarias fluorescentes lineales y de tecnología LED son mayormente utilizadas, por ser más económicas y eficientes que otras tecnologías. El tipo fluorescente tiene un promedio de vida de alrededor de 10,000 horas con una eficiencia luminosa de 37 a 100 [Lm/W]. Las lámparas fluorescentes más utilizadas son la línea Standard T-8 de 26 mm de diámetro de 32 y 59 [W], y la línea de tubos T-5 de 16 mm de diámetro 14 y 28 [W].

Las lámparas LED poseen ciertas ventajas y desventajas con respecto a las fluorescentes. Entre las ventajas se encuentran las siguientes: bajo consumo energético, duración de hasta 50.000 horas, rápida respuesta de encendido y apagado, operación sin balastos y no contienen mercurio. Sin embargo la desventaja principal se encuentra en el precio ya que estas cuestan aproximadamente 10 veces más, aunque con la demanda y la competencia entre marcas, estos valores han estado disminuyendo; otras desventajas son la necesidad de fuentes de alimentación estabilizadas y la resistencia a altas temperaturas.

2.3.1 Descripción del sistema de iluminación

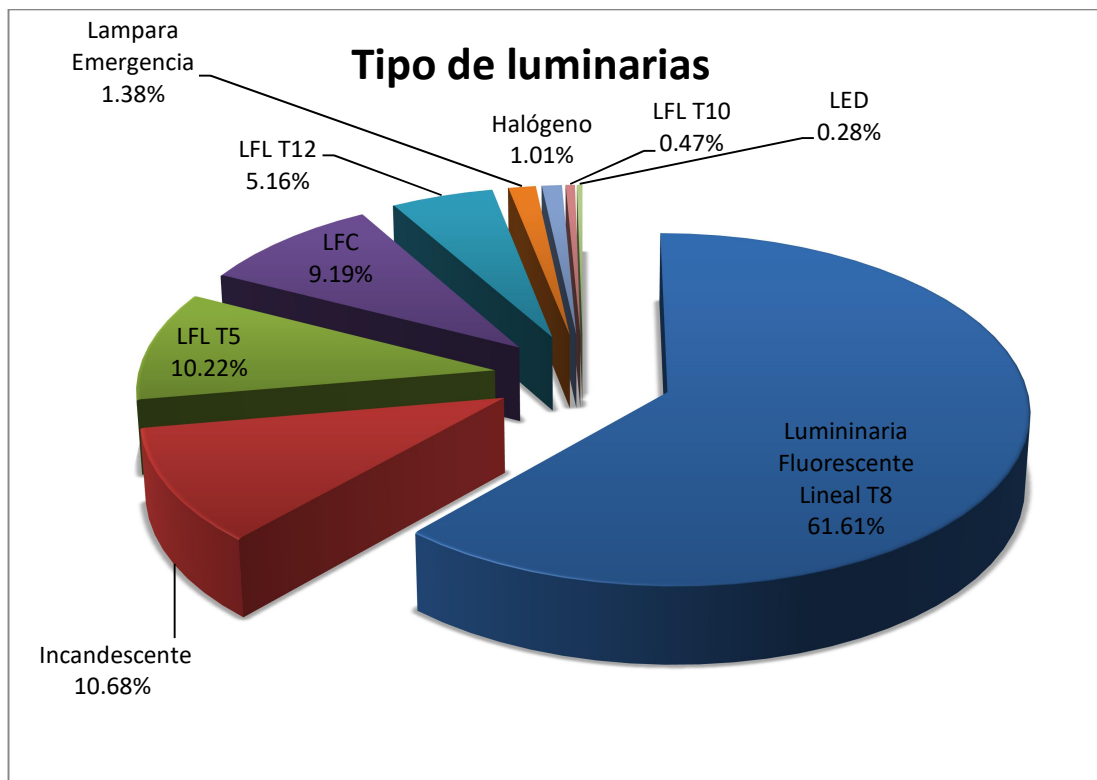
El sistema de iluminación de la Hemeroteca Nacional de México presenta una demanda de 193.21 [kW], siendo las luminarias fluorescentes lineales tipo T8 de 2x32 [W] y 1x32 [W] las que representan la mayor carga, con el 42 y 37 % respectivamente, seguidas de las luminarias fluorescentes compactas (LFC) de 2x26 [W], las cuales constituyen el 12 % de la carga total de alumbrado. En la tabla 13, puede apreciarse la manera en que está distribuida la iluminación dentro del edificio.

Tabla 13. Tipo de luminarias instaladas por nivel.

TIPO DE LUMINARIA	POTENCIA [W]	CANTIDAD					TOTAL [kW]
		PB	N1	N2	N3	N4	
Luminaria fluorescente T8, 2x32	67.2	443	183	184	194	30	69.48
Luminaria fluorescente T8, 1x32	33.6	13	136	305	280	337	35.99
Riel energizado monofásico	400		51				20.40
Luminaria fluorescente T5, 2x28	58.8	290	6				17.40
Lámpara fluorescente compacta, 2x26	52	6	58			165	11.91
Luminaria fluorescente T8, 2x59	123.9	77					9.54
Luminaria fluorescente T8, 2x30	63	64					4.03

Luminaria fluorescente T12, 2x75	187.5	21					3.94
Luminaria fluorescente T12, 2x39	97.5	26	2				2.73
Lámpara de emergencia	24	42	18	19	12	20	2.66
Lámpara de halógeno	75	26					1.95
Lámpara fluorescente compacta, 2x14	28	62					1.74
Luminaria fluorescente T12, 1x39	48.75	19	3	1	12		1.71
Luminaria fluorescente T5, 3x14	44.1	25	8				1.46
Lámpara fluorescente compacta, 1x26	26	45					1.17
Luminaria fluorescente T12, 1x75	93.75	11					1.03
Lámpara fluorescente compacta 1x23	23	1	1	16	14	8	0.92
Luminaria fluorescente T10, 2x40	100					9	0.90
Lámpara fluorescente compacta, 2x13	26	29					0.75
Luminaria fluorescente T5, 3x28	88.2	8					0.71
Lámpara fluorescente compacta, 1x20	20	5	25				0.60
Lámpara fluorescente compacta, 1x18	18		33				0.59
Luminaria fluorescente T12, 2x56	140	4					0.56
Luminaria LED T8, 1x18	18			11	6		0.31
Lámpara incandescente	60	2	2				0.24
Luminaria fluorescente T5, 1x28	29.4	2		4			0.18
Reflector LED	100	1					0.10
Luminaria LED 3.6W	3.6		18				0.06
Lámpara fluorescente compacta, 1x13	13	4					0.05
Luminaria LED 3W	3			6		6	0.04
Lámpara fluorescente compacta 1x14	14			1	1		0.03
Luminaria LED 7w	7	3					0.02
Lámpara arbotante de señalización	6	1					0.01
Luminaria LED 6W	6					1	0.01
Total:							193.21

El porcentaje de carga instalada de cada tipo de lámpara se muestra en la gráfica 1, observándose que la tecnología fluorescente T-8 es representa la mayor carga, seguida por la incandescente y la fluorescente T-5.



Gráfica 1. Tipo de luminarias en la HNM.

2.3.2 Análisis de los niveles de iluminación con base en la NOM-025-STPS-2008

La iluminación es una parte fundamental en el acondicionamiento ergonómico de los puestos de trabajo. Si bien, el ser humano tiene una gran capacidad para adaptarse a las diferentes calidades lumínicas, una deficiencia en la misma puede producir un aumento de la fatiga visual, una reducción en el rendimiento, un incremento en los errores e incluso accidentes; por el contrario, un exceso de iluminación puede provocar deslumbramiento.

El comparar los niveles de iluminación medidos en la dependencia durante el levantamiento contra los valores indicados en la “Tabla 7. Niveles de Iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo” de la NOM-025-STPS-2008 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, permite verificar que la cantidad de iluminación en las áreas de los centros de trabajo sea óptima para cada actividad visual. Las Disposiciones en Materia de Instalaciones Eléctricas permiten una variación de los valores establecidos del ± 10 [%].²¹

²¹ Disposiciones en Materia de Instalaciones Eléctricas. Artículo 2.4.2. Niveles de iluminación.

En este apartado, se analizaron los resultados obtenidos en el levantamiento, referentes a la iluminación, comparándolos con las especificaciones que dicta la norma oficial mexicana antes citada y las DMIE, para lograr determinar si cumplen o no con dichas normas.

El número de mediciones realizadas en cada zona quedó determinado por el índice de área, todas ellas fueron tomadas con el Luxómetro²² marca AEMC a la altura del plano de trabajo durante la jornada laboral y bajo condiciones normales de operación. En las tablas 14 a 18 se muestran los niveles de Iluminación Promedio (E_p) de cada área y nivel.

Tabla 14. Niveles de iluminación en la planta baja.

DEPARTAMENTO	NOM-025-STPS-2008 ²³ [Lux]	DMIE $\pm 10\%$ ²¹ [Lux]	ILUMINACIÓN PROMEDIO (E_p [Lux])	DICTAMEN
Almacén	100	N/A	367.14	Si cumple
Almacén BNM- HNM	100	N/A	65.07	No cumple
Pasillos	100	100	117.7	Si cumple
Adquisiciones	200	N/A	337.33	Si cumple
Comedor	200	N/A	662.87	Si cumple
Almacén de publicaciones	200	N/A	292.21	Si cumple
Auditorio	200	300	73.71	No cumple
Áreas de comunicaciones	200	N/A	82.91	No cumple
Cuarto de bomberos	200	N/A	193.57	No cumple
Cuarto eléctrico	200	N/A	152.6	No cumple
Oficinas	300	300	375.51	Si cumple
Administración IISUE	300	300	191.01	No cumple
Entrada de personal	300	300	218.0	No cumple
Jefe de áreas comunes	300	300	271.0	No cumple
Departamento editorial	300	300	247.26	No cumple
Carpintería	300	N/A	205.86	No cumple
Lab. de Cons. y Rest. IBB-HNM	500	500	725.35	Si cumple
Secciones de Rep, Con. y Res. AHUNAM/ISSUE	500	500	396.78	No cumple
Áreas Microfilmación	500	500	282.05	No cumple

²² Datos del equipo en el Anexo A.

²³ NOM-025-STPS-2008. Tabla 7, Niveles de Iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo. Detalles en el Anexo D.

N/A se refiere a que esta área no se encuentran contemplada dentro de la norma universitaria según las DMIE, por lo que no se puede aplicar dicha norma.

Tabla 15. Niveles de iluminación en el primer nivel.

DEPARTAMENTO	NOM-025-STPS-2008 ²³ [Lux]	DMIE ± 10 % ²¹ [Lux]	ILUMINACIÓN PROMEDIO (E _p [Lux])	DICTAMEN
Sala de exposiciones	100	N/A	91.57	No cumple
Bodegas	200	N/A	109.82	No cumple
Zona de Lockers	200	N/A	223.00	Si cumple
Oficinas	300	300	180.05	No cumple
Sanitarios (Este)	100	150	174.25	Si cumple
Sanitarios (Oeste)	100	150	84.85	No cumple
Cuarto de Servicio	100	N/A	100.67	Si cumple
Sala abierta de Lectura	300	400	177.95	No cumple
Salas de consulta (Este)	300	400	606.84	Si cumple
Sala de consulta (Oeste)	300	400	254.52	No cumple
Pasillos	100	100	71.13	No cumple
Comedor	200	N/A	307.53	Si cumple
Área secretarial	300	300	296.00	No cumple
Circuito cerrado de TV	200	N/A	143.25	No cumple

Tabla 16. Niveles de iluminación en el segundo nivel.

DEPARTAMENTO	NOM-025-STPS-2008 ²³ [Lux]	DMIE ± 10 % ²¹ [Lux]	ILUMINACIÓN PROMEDIO (E _p [Lux])	DICTAMEN
Bóveda	100	N/A	26.4	No cumple
Cuarto de servicio	100	N/A	74	No cumple
Área administrativa	300	300	382.84	Si cumple
Sala de consulta (Este)	300	400	637.00	Si cumple
Sanitarios	100	150	52.65	No cumple
Sala de consulta (Oeste)	300	400	398.15	Si cumple
Delegación administrativa	300	300	284.87	No cumple
Pasillos	100	100	97.2	No cumple

Tabla 17. Niveles de iluminación en el tercer nivel.

DEPARTAMENTO	NOM-025-STPS-2008 ²³ [Lux]	DMIE ± 10 % ²¹ [Lux]	ILUMINACIÓN PROMEDIO (E _p [Lux])	DICTAMEN
Salas de juntas	300	300	99.49	No cumple
Cuarto de servicio	100	N/A	84.42	No cumple
Oficinas	300	300	507.46	Si cumple
Cubículo sindical	300	300	100.75	No cumple
Almacén	200	N/A	85.75	No cumple
Sala de consulta (Oeste)	300	400	395.06	Si cumple
Sanitarios	100	150	76.4	No cumple
Sanitarios (entre pisos)	100	150	106.00	No cumple DMIE
Pasillos	100	100	208.87	Si cumple

Tabla 18. Niveles de iluminación en el cuarto nivel.

DEPARTAMENTO	NOM-025-STPS-2008 ²³ [Lux]	DMIE ± 10 % ²¹ [Lux]	ILUMINACIÓN PROMEDIO (E _p [Lux])	DICTAMEN
Acceso a salas (Este)	100	100	88.5	No cumple
Cuarto de servicio	100	N/A	84.42	No cumple
Oficinas	300	300	117.58	No cumple
Sala de consulta	300	400	168.36	No cumple
HNDM	300	300	86.27	No cumple
Sala interactiva	300	400	101.62	No cumple
Cuarto de comunicaciones	200	N/A	98.00	No cumple
Cuarto eléctrico	200	N/A	214.00	Si cumple
Sanitarios	100	150	106.18	No cumple DMIE
Sala de videoconferencias	500	800	328.67	No cumple
Sala de microlectores	300	300	312.00	Si cumple
Sala de microfilmes	200	300	131.58	No cumple
Acceso a salas (Oeste)	100	100	275.4	Si cumple
Pasillos	100	100	91.95	No cumple

De acuerdo a los datos recabados, en la Planta Baja el 63 [%] de los departamentos no cumple con los niveles de iluminación establecidos en la NOM-025-STPS-2008. El 67 [%] de los

departamentos de primer nivel, el 67 [%] de segundo nivel, el 70 [%] de tercer nivel y el 73 [%] de cuarto nivel tampoco cumplen con esta norma.

Debido a que la función principal de la HNM es de preservación y préstamo bajo uso restringido de los materiales impresos para evitar su deterioro, la cantidad de luz en los acervos debe reducirse al máximo ya que cada minuto de exposición significa un daño que es acumulativo e irreversible. Al no existir una norma mexicana que defina los niveles de iluminación en estas áreas, se recurrió al estándar internacional ISO 11799, *Information and documentation — Document storage requirements for archive and library materials*, el cual en su artículo 6.5 sugiere un nivel de iluminación de 200 luxes a nivel de piso. En la tabla 19 se analizan los niveles de iluminación en los acervos.

Tabla 19. Niveles de iluminación en acervos.

DEPARTAMENTO	ISO-11799 ²⁴ [Lux]	ILUMINACIÓN PROMEDIO (E _p [Lux])	DICTAMEN
Acervos nivel 1	200	119.53	No cumple
Acervos nivel 2	200	92.91	No cumple
Acervos nivel 3	200	76.96	No cumple
Acervos nivel 4	200	120.33	No cumple

Como se observa en la tabla anterior, ningún nivel cumple con los niveles de iluminación establecidos en el ISO 11799. Esto se debe a la mala distribución de las luminarias, ya que algunas se encuentran colocadas arriba de los estantes, creando sombras sobre los pasillos.



Figura 2. Iluminación obstruida.

²⁴ ISO 11799. Information and documentation — Document storage requirements for archive and library materials. Cap. 6.5.

Otro factor importante es la falta de mantenimiento a las luminarias, en algunos departamentos se encontraron varias lámparas fundidas o con difusores sucios, reduciendo así la calidad de la iluminación.

La anomalía que se observó en la mayoría de los acervos, fue que las lámparas no cuentan con difusor, por lo que es necesario instalarlos.

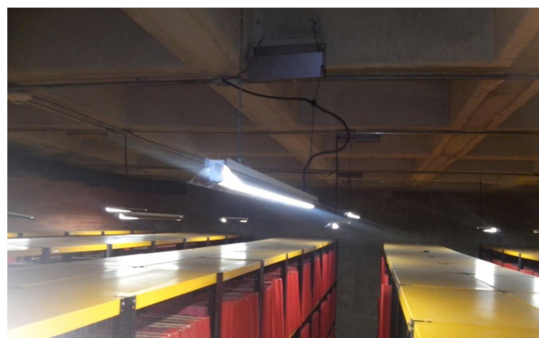


Figura 3. Luminarias sin difusor.

Se sugiere instalar sensores de presencia, que controlen el encendido y apagado de la iluminación en estas áreas, ya que las luminarias solamente deben permanecer encendidas para inspección y limpieza del acervo.

En la tabla 20 se muestra en resumen, el número de áreas que cumplen o no cumplen con una o ambas normas.

Tabla 20. Áreas que cumplen o no con las normas de niveles de iluminación.

ÁREAS	CUMPLEN CON NOM-025-STPS-2008	NO CUMPLE CON NOM-025-STPS-2008	CUMPLEN CON DMIE ± 10 %	NO CUMPLEN CON DMIE ± 10 %
Almacenes ²⁵	4	8	N/A	N/A
Pasillos	2	3	2	3
Comedor	2	0	N/A	N/A
Auditorio	0	1	0	1
Áreas de comunicaciones	0	2	N/A	N/A
Cuarto Eléctrico	1	1	N/A	N/A
Oficinas ²⁶	3	8	4	7
Entrada de Personal	0	1	0	1

²⁵ En este apartado se incluyeron además, bodegas, adquisiciones y cuartos de servicio.

²⁶ En oficinas se incluyen, áreas administrativas, cubículo sindical, jefe de áreas comunes, departamento editorial y área secretarial.

Carpintería	0	1	N/A	N/A
Lab. de Cons. y Rest. IBB-HNM	1	0	1	0
Secciones de Rep, Con. y Res. AHUNAM/ISSUE	0	1	0	1
Áreas de microfilmación	0	1	0	1
Sala de Exposiciones	0	1	N/A	N/A
Área de Lockers	1	0	N/A	N/A
Sanitarios	2	4	1	5
Salas y Accesos a salas	6	8	6	8
Acervos	0	4	N/A	N/A
Circuito Cerrado	0	1	N/A	N/A
HNDM	0	1	0	1

Analizando la tabla anterior, podemos deducir que la mayoría de las áreas con que cuenta la dependencia no cumplen con los niveles mínimos de iluminación (luxes) que las normas establecen, pues muchas zonas se encuentran por debajo de lo deseable. Esto requeriría de una mejora en la iluminación de cada área, para que los usuarios, trabajadores e investigadores que hacen uso de estas instalaciones diariamente, puedan desplazarse y llevar a cabo las tareas con la mayor seguridad y confort.

2.3.3 Análisis de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado con base en la NOM-007-ENER-2014

La Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) indica la carga de alumbrado conectada en determinada área y la eficiencia de la tecnología instalada. Hacer una evaluación de ella ayuda a corroborar los niveles de eficiencia energética que deben de cumplir los sistemas de alumbrado con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica y contribuir a la preservación de recursos energéticos.

A continuación se muestran los resultados del análisis de DPEA calculados en cada una de las áreas de todos los niveles del recinto, los cuales se realizaron haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado [W]}}{\text{Área total iluminada [m}^2\text{]}}$$

Posteriormente, se realizó la comparación con los límites que marca la norma NOM-007-ENER-2014, en su tabla para valores de DPEA, para finalmente lograr deducir, si estos valores están dentro de lo estipulado en dicha norma. En las tablas 21 a 25 se enlistan los resultados.

Tabla 21. Análisis de los valores de DPEA de la planta baja.

DEPARTAMENTO	DPEA NORMATIVO [W/m ²] ²⁷	DPEA CALCULADO [W/m ²]	DICTAMEN
Depto. de Informática	13.89	15.50	No cumple
Depto. Catalogación	10.55	10.29	Si cumple
Bombero	10.55	7.90	Si cumple
Oficinas Abiertas	10.55	15.30	No cumple
Secretaria Adtva.	11.95	10.05	Si cumple
Entrada de Personal	11.95	7.70	Si cumple
Departamento Editorial	11.95	9.87	Si cumple
Oficinas Cerradas	11.95	14.94	No cumple
Bodegas	10.00	15.20	No cumple
Comedor IISUE	10.66	7.68	Si cumple
Comedores	10.66	12.20	No cumple
Áreas de Restauración	10.98	15.94	No cumple
Áreas de Almacén	10.00	19.70	No cumple
Talleres	15.00	17.62	No cumple
Almacén del IISUE	18.41	16.03	Si cumple
Auditorio	15.61	13.98	Si cumple
Salas de Juntas IISUE	13.24	15.57	No cumple
Pasillos	7.10	13.38	No cumple

Tabla 22. Análisis de los valores de DPEA del primer nivel.

DEPARTAMENTO	DPEA NORMATIVO [W/m ²] ²⁷	DPEA CALCULADO [W/m ²]	DICTAMEN
Sala de exposiciones	Excepción dentro del campo de la norma		N/A
Bodegas	10.00	14.23	No cumple
Oficinas (Difusión cultural)	11.95	11.03	Si cumple
Oficina (Centro de fotocopiado)	11.95	4.96	Si cumple

²⁷ NOM-007-ENER-2014. Tabla 1. Densidades de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA)

Oficinas (Área secretarial)	11.95	18.83	No cumple
Comedor	10.66	9.26	Si cumple
Sanitarios (Este)	10.55	15.96	No cumple
Sanitarios (Oeste)	10.55	10.30	Si cumple
Lockers	8.07	9.07	No cumple
Sala de lectura	13.35	11.02	Si cumple
Sala de consulta	13.35	15.40	No cumple
Acervos bibliográficos	18.41	7.19	Si cumple
Pasillos	7.10	5.13	Si cumple

Tabla 23. Análisis de los valores de DPEA del segundo nivel.

DEPARTAMENTO	DPEA NORMATIVO [W/m ²] ²⁷	DPEA CALCULADO [W/m ²]	DICTAMEN
Bóveda	10.00	10.10	No cumple
Acervos bibliográficos	18.41	6.78	Si cumple
Cuarto de servicio	10.00	7.37	Si cumple
Oficinas	11.95	17.70	No cumple
Salas de consulta	13.35	17.97	No cumple
Sanitarios	10.55	12.62	No cumple
Sanitarios (entre piso)	10.55	9.91	Si cumple
Pasillos	7.10	14.38	No cumple

Tabla 24. Análisis de los valores de DPEA del tercer nivel.

DEPARTAMENTO	DPEA NORMATIVO [W/m ²] ²⁷	DPEA CALCULADO [W/m ²]	DICTAMEN
Salas de juntas	13.24	6.48	Si cumple
Acervos bibliográficos	18.41	6.68	Si cumple
Bodegas	10.00	7.24	Si cumple
Oficinas	11.95	18.59	No cumple
Oficina (cubículo sindical)	11.95	9.93	Si cumple
Sanitarios	10.55	10.00	Si cumple
Sala de consulta	13.35	16.98	No cumple
Pasillos	7.10	16.43	No cumple

Tabla 25. Análisis de los valores de DPEA del cuarto nivel.

DEPARTAMENTO	DPEA NORMATIVO [W/m ²] ²⁷	DPEA CALCULADO [W/m ²]	DICTAMEN
Acceso a salas	10.00	12.63	No cumple
Acervos bibliográficos	18.41	7.19	Si cumple
Cuarto de servicio	10.00	32.91	No cumple
Bodegas	10.00	11.15	No cumple
Oficinas	11.95	8.19	Si cumple
Sala de consulta	13.35	12.14	Si cumple
Salas de computo	13.35	10.00	Si cumple
Sala interactiva	13.35	14.05	No cumple
Sanitarios	10.55	8.23	Si cumple
Sala de videoconferencias	13.24	15.18	No cumple
Sala de microfilmes	13.35	6.44	Si cumple
Área de reprografía	19.48	8.20	Si cumple
Pasillos	7.10	10.17	No cumple

En la HNM, el área mayor es ocupada por los acervos. En estas zonas, los valores calculados cumplen con lo recomendado por la norma. El problema se presenta en las áreas administrativas y en salas de consulta, donde las DPEA calculadas están por encima de lo permitido. Por lo que es en estos sitios donde se debe prestar mayor atención, con el objetivo de hacer un uso eficiente de la energía eléctrica, sin quebrantar los niveles de iluminación requeridos.

Para analizar el porcentaje de áreas que cumplen o no, con los niveles mínimos de DPEA propuestos por la NOM-007-ENER-2014, se agruparon las áreas analizadas según el tipo de espacio específico que dicta dicha norma:

- Manufactura detalla industria (13.89 [W/m²]). Departamento de Informática.
- Oficina abierta (10.55 [W/m²]). Departamento de catalogación, bombero, oficinas varias y sanitarios.
- Oficina cerrada (11.95 [W/m²]). Área secretarial, entrada de personal, departamento editorial, oficinas varias, difusión cultural y área de fotocopiado.
- Áreas de almacenamiento (10 [W/m²]). Bodegas, almacenes, bóveda, cuartos de servicio.
- Preparación de comida (10.66 [W/m²]). Comedor IISUE, comedores varios.
- Restauración (museos) (10.98 [W/m²]). Áreas de restauración.
- Talleres (15[W/m²]). Talleres.

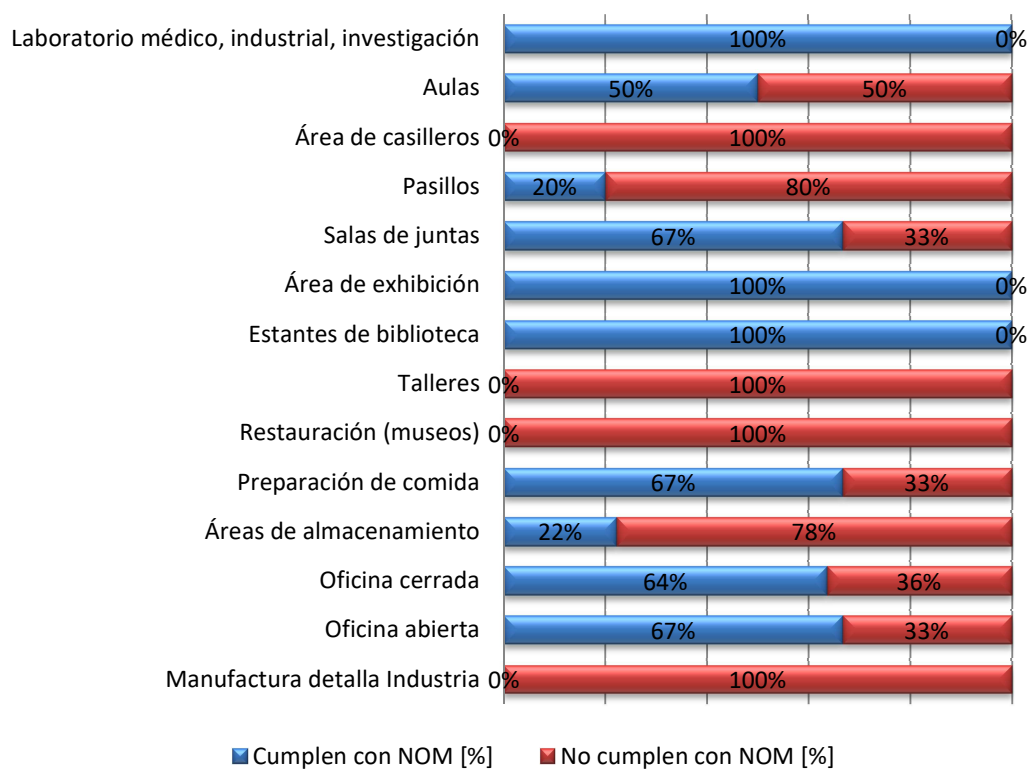
- Estantes de biblioteca (18.41 [W/m²]). Almacén IISUE, acervos bibliográficos.
- Área de exhibición (15.61 [W/m²]). Auditorio.
- Salas de juntas (13.24 [W/m²]). Salas de juntas y de videoconferencias.
- Pasillos (7.10 [W/m²]). Pasillos.
- Área de casilleros (8.07 [W/m²]). Lockers.
- Aulas (13.35 [W/m²]). Sala de lectura, sala de consulta, sala de cómputo, sala interactiva, sala de microfilmes.
- Laboratorio médico, industrial, investigación (19.48 [W/m²]). Área de reprografía.

En la tabla 26 se pueden observar los resultados obtenidos.

Tabla 26. Cumplimiento de los niveles de DPEA por área.

TIPO DE ESPACIO	NÚMERO DE ÁREAS QUE CUMPLEN CON LA NOM-007-ENER-2014	NÚMERO DE ÁREAS QUE NO CUMPLEN CON LA NOM-007-ENER-2014
Manufactura detalla Industria	0	1
Oficina abierta	6	3
Oficina cerrada	7	4
Áreas de almacenamiento	2	7
Preparación de comida	2	1
Restauración (museos)	0	1
Talleres	0	1
Estantes de biblioteca	5	0
Área de exhibición	1	0
Salas de juntas	2	1
Pasillos	1	4
Área de casilleros	0	1
Aulas	4	4
Laboratorio médico, industrial, investigación	1	0

En la gráfica 2 se observa de manera porcentual los espacios que cumplen con NOM-007-ENER-2014 en materia de DPEA, observándose que son muy pocos los que cumplen con la normatividad.



Gráfica 2. Áreas que cumplen o no con la NOM-007-ENER-2014.

Se puede apreciar que varias de las áreas analizadas bajo la norma, cumplen debidamente con los límites que esta dicta, pero muchas de ellas rebasan los mismos, por lo que se sugiere realizar cambios en los tipos de las luminarias, como la tecnología led que podría brindar un nivel más alto de iluminación con menos potencia requerida; otra sugerencia sería realizar una redistribución de las luminarias, pues hay lugares donde las ventanas y el tragaluz ayudan a mejorar los niveles de iluminación y por lo tanto no se requieren tantas luminarias y en otros lugares como las escaleras es necesario instalar lámparas ya que la iluminación durante la noche es nula y resulta peligroso para los usuarios.

2.4 Carga eléctrica

En éste tema, se muestra de manera general la carga conectada a la instalación eléctrica de la Hemeroteca Nacional de México; estos datos se englobaron dentro de los siguientes grupos para su análisis:

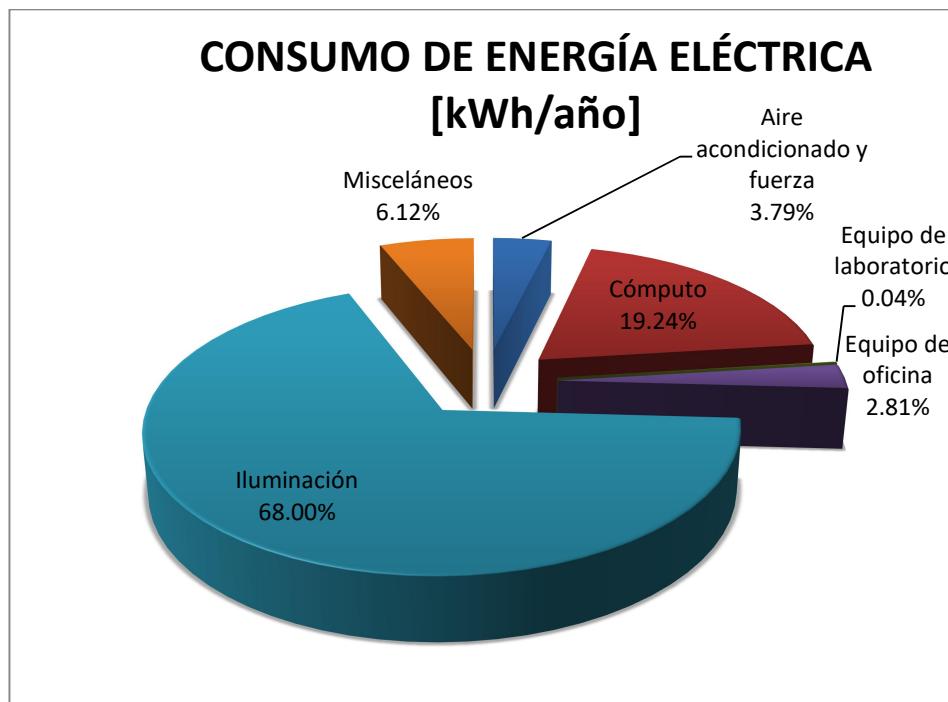
- Aire acondicionado y fuerza: todo el equipo de aire acondicionado encargado de mantener una temperatura apropiada o de comodidad en los acervos y centros de trabajo respectivamente. Además de los montacargas y el elevador.
- Cómputo: incluye computadoras, impresoras, multifuncionales, entre otros.
- Equipo de laboratorio: abarca todo el equipo eléctrico utilizado en los laboratorios, principalmente de planta baja.
- Equipo de oficina: engloba a equipos como sacapuntas, máquinas de escribir etc.
- Iluminación: está compuesta por todas las luminarias presentes en la Hemeroteca Nacional de México.
- Misceláneos: categoría que agrupa aquellos equipos como microondas, refrigeradores cafeteras, ventiladores, entre otros.

De la información obtenida del análisis realizado al censo de carga eléctrica, se obtuvo que la carga total instalada es aproximadamente de 430.57 [kW], como lo indica la tabla 27. El sistema de iluminación es la categoría con mayor carga instalada en la Hemeroteca, seguido del equipo de fuerza y aire acondicionado.

Tabla 27. Carga total instalada.

SISTEMA	CARGA TOTAL INSTALADA [kW]
Aire acondicionado y fuerza	85.93
Cómputo	76.97
Equipo de laboratorio	0.08
Equipo de oficina	20.53
Iluminación	193.13
Misceláneos	53.93
Total:	430.57

La gráfica 3 expone el consumo anual de energía en las áreas analizadas.



Gráfica 3. Porcentaje del consumo de energía eléctrica anual.

Al ser el sistema de iluminación el sistema de mayor consumo de energía eléctrica dentro del recinto, una oportunidad de ahorro es apagar la iluminación cuando no se encuentre en uso, sobre todo en las salas de lectura, donde se observó que hay días y horarios en que permanecen prácticamente vacías, además de que el tragaluz proporciona una gran cantidad de iluminación por lo cual, podría ser adecuado darle al usuario la opción de encender la iluminación cuando la necesite y de apagarla cuando ya no haga uso de ella. Otra sugerencia sería la de instalar sensores de movimiento que controlen la iluminación en los acervos para evitar que se queden encendidas por distracción durante un largo lapso de tiempo. Por último, convendría cambiar los tipos de lámparas existentes por luminarias de LED, las cuales reducen notablemente el consumo energético.

CONTACTOS

En la HNM, se encontraron diferentes anomalías en los contactos eléctricos, ya que algunos se encuentran en mal estado. Los problemas detectados se registran en la tabla 28, con su respectiva referencia a la norma.

Tabla 28. Anomalías en los contactos eléctricos.

ANOMALÍA	REFERENCIA NORMATIVA	EVIDENCIA
<p>Se encontró una caja de conexiones, que además de servir para realizar empalmes, es utilizada para instalar un contacto.</p> <p>Este problema se encontró en el sótano, la planta baja y en primer nivel.</p>	<p>El artículo 406-5 de la NOM-001-SEDE-2012, especifica que los contactos deben instalarse en cajas o ensambles exclusivos para este propósito.</p>	
<p>Contacto sin tapa y con terminales expuestas.</p> <p>Este tipo de anomalías fue común en casi todos los niveles.</p>	<p>El artículo 406-5 f) de la NOM-001-SEDE-2012, hace referencia a que todo contacto debe quedar contenido de manera tal que sus terminales no queden expuestas.</p>	
<p>Contacto con tapa abierta y terminales expuestas.</p> <p>Esta fue otra de las anomalías que más se encontraron en toda la dependencia.</p>	<p>De acuerdo al artículo 406-6 de la NOM-001-SEDE-2012, las tapas de los contactos deben de cubrir totalmente las aberturas y estar asentados firmemente contra la superficie del montaje.</p>	
<p>Contacto instalado en cocineta, sin protección de interruptor de circuito por falla a tierra.</p> <p>Esta contrariedad se encontró en planta baja y primer nivel y en todos los sanitarios del edificio.</p>	<p>Con base en el artículo 210-8 b) de la NOM-001-SEDE-2012, todos los contactos que se instalen en comedores, baños o lugares húmedos, deben de contar con protección de interruptor por falla a tierra.</p>	

<p>Utilización frecuente de multicontactos para alimentación de distintas cargas, lo que sobrecargaría el circuito. Esta anomalía fue muy común en áreas de oficinas de todos los niveles.</p>	<p>Como lo estipula la NOM-001-SEDE-2012 en el artículo 214 i), y el artículo 3.4.11 de las DMIE, cada salida para contacto debe de considerarse de 180 [W].</p>	
<p>Se ubicó un contacto con conductores sueltos dentro de cancelería y la caja se encuentra tendiendo de ellos, sin fijar, lo que representa un riesgo de corto circuito. Este problema se descubrió en la planta baja.</p>	<p>El artículo 406-5 de la NOM-001-SEDE-2012, menciona que las cajas o ensamblajes deben de permanecer fijas en su lugar.</p>	
<p>Los contactos no son del tipo y especificaciones encomendadas por la norma, lo cual puede derivar en un sobrecalentamiento. Esta falla fue evidente en todos los niveles.</p>	<p>En el artículo 3.4.7 de las DMIE, se establece que los contactos dúplex polarizados de 20 [A], deben ser del tipo servicio pesado NEMA²⁸ 5-20R.</p>	
<p>Se situó un contacto el cual presenta pintura, tanto en la placa, como en la superficie del contacto, lo que puede ocasionar un mal funcionamiento del accesorio. El problema se ubicó en la planta baja.</p>	<p>En la NOM-001-SEDE-2012, en el artículo 110-12 b), se estipula que, las partes de los equipos eléctricos, deben estar libres de contaminantes como, yeso pintura, abrasivos o residuos peligrosos, que demeriten su vida útil.</p>	

²⁸ Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos o National Electrical Manufacturers Association, por sus siglas en ingles.

CAPÍTULO 3. CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

El suministro de energía eléctrica proporciona uno de los principales soportes para las actividades que se desarrollan en la sociedad moderna. Hace algunos años se consideraba que una empresa suministradora de energía eléctrica brindaba un servicio satisfactorio siempre y cuando no hubiera interrupciones en el servicio. Sin embargo, el sector industrial condujo a la necesidad de que los equipos fueran económicamente más competitivos, dando como resultado equipos electrónicos cada vez más pequeños, de alta capacidad, bajos costos, con diseños eficientes y con menores márgenes de variación en tensión y frecuencia. Estos equipos son altamente sensibles a las variaciones, por ejemplo, los equipos de control de procesos basados en microprocesadores y los sistemas electrónicos de potencia son más sensibles que sus antecesores de hace 10 o 20 años. A esta nueva generación de equipos se les considera como “cargas sensibles” debido a que para funcionar adecuadamente requieren de un suministro de alta calidad, es decir, libre de disturbios.

Con el ingreso de estas nuevas cargas al sistema de distribución, los estándares antiguos para suministrar energía eléctrica ya no eran adecuados para un funcionamiento confiable de los equipos, por lo que el concepto de “servicio satisfactorio” por parte del suministrador tuvo que evolucionar y ahora se busca que la alimentación de estas cargas sea tal, que los equipos puedan operar de forma correcta y confiable sin ser dañados o sometidos a fatiga, es decir, que la energía eléctrica que consumen sea de “calidad”.

La importancia de un estudio de la calidad de la energía eléctrica se basa en encontrar los problemas que afectan al sistema eléctrico y deducir caminos efectivos para corregirlos, proporcionando así, un suministro libre de elementos contaminantes que conlleven a fallas o deterioro prematuro en las cargas críticas o sensibles conectadas a la misma red, lo que se deriva en gastos tanto para la empresa suministradora como para el usuario.

3.1 ¿Qué es calidad de la energía?

A decir verdad, no existe una definición unificada de lo que es calidad de la energía eléctrica. Para el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) la calidad de la energía es, “la alimentación y puesta de tierra de equipos electrónicos sensibles de manera adecuada para su operación”²⁹. Por otro lado, en el libro *Electrical Power Systems Quality*, los autores definen la

²⁹ Std 1159-2009 - IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality

calidad de la energía como: “La ausencia de problemas de desviación manifestados en voltaje, corriente o frecuencia que resulta en fallas o mal funcionamiento en el equipo del usuario”.³⁰

Para efecto de esta tesis, se propone la siguiente definición de calidad de la energía:

“La ausencia de cualquier problema en el servicio eléctrico manifestado en la desviación de tensión, corriente o frecuencia, de sus valores ideales que ocasionen un comportamiento anormal del sistema”.

El análisis de calidad de la energía de la HNM, a través de equipo especializado, permite conocer cuáles son los problemas que afectan al sistema eléctrico y examinar la manera en que éstos pueden desaparecer o ser mitigados. En un análisis de parámetros eléctricos normalmente se presentan problemas tales como:

- Desbalance de tensión y corriente.
- Sobre tensión o baja tensión.
- Presencia de armónicos.
- Variación de la frecuencia.

Estas afectaciones son interpretadas de forma distinta por las cargas, ya que cada carga tiene sus propias exigencias de alimentación eléctrica, por ejemplo, una alteración en el suministro eléctrico no es percibida de igual manera por un refrigerador como por una computadora, pues esta última por su composición fundamentalmente electrónica es más sensible a las perturbaciones eléctricas. Sin embargo, si estos problemas no se detectan y se corrigen a tiempo, se puede producir envejecimiento acelerado en el aislamiento de los conductores, protecciones y equipos conectados a la red, reduciendo su vida útil e incrementando el riesgo de fallas que puedan detonar en una interrupción del servicio por tiempo indefinido.

3.1.1 Principales disturbios en la red eléctrica

Se puede definir a los disturbios eléctricos, como las perturbaciones que se presentan en cualquier sistema eléctrico y se manifiestan como deformaciones en la onda, variaciones en valor eficaz representadas como sobre voltajes o caídas de tensión y variaciones en frecuencia, con valores distintos a la fundamental (60 Hz).

³⁰ Dugan R., McGranaghan M., Santoso S. & Beaty H. (2012). *Electrical Power Systems Quality*. Ed. McGraw-Hill Education, 3rd ed. Pag. 6.

La tensión de alimentación de la red tiene, desde el punto de vista teórico, una forma de onda senoidal, sin embargo, en la realidad esto no es así ya que existe un amplio campo de disturbios que hacen que la tensión se aleje de esa característica ideal.

El estándar IEEE 1159-2009³¹ divide los fenómenos electromagnéticos que afectan la calidad de la energía eléctrica, en las siguientes categorías:

1. Transitorios.
2. Variaciones de corta duración en valor eficaz.
3. Variaciones de larga duración en valor eficaz.
4. Desbalances.
5. Distorsión a la forma de onda.
6. Fluctuaciones de voltaje.
7. Variaciones en la frecuencia del sistema.

El origen de estos disturbios puede estar en la propia red, en causas naturales y en aportaciones por parte de los usuarios.

TRANSITORIOS.

Los transitorios eléctricos son cambios repentinos tanto de tensión como de corriente de corta duración (tienden a amortiguarse en el tiempo) y gran magnitud. Los transitorios se dividen en impulsivos y oscilatorios.

Los impulsivos consisten en la variación repentina y unidireccional en polaridad del valor instantáneo de la tensión, su duración típica suele ser menor a 50 [ns], hasta mayor de 1 [ms] sin rebasar los 2 [ms]³¹. La causa más común son las descargas atmosféricas y electrostáticas que pueden producir degradación de los equipos, dañar sus aislamientos y generar errores en equipos informáticos y electrónicos.

Los oscilatorios son cambios rápidos en dirección del valor instantáneo de tensión o corriente. Son ocasionados por maniobras de equipos de conexión y desconexión de líneas o bancos de capacitores, la duración típica va de los 0.3 [ms] hasta los 5 [ms] dependiendo de la frecuencia con que se presenten, su valor de tensión puede llegar hasta 8 [pu]³¹ y al involucrar grandes cantidades de energía su efecto es degradante sobre equipos y aisladores.

³¹ Tabla 2 "Categories and typical characteristics of power system electromagnetic phenomena" , IEEE Std 1159-2009. Detalles en el Anexo F.

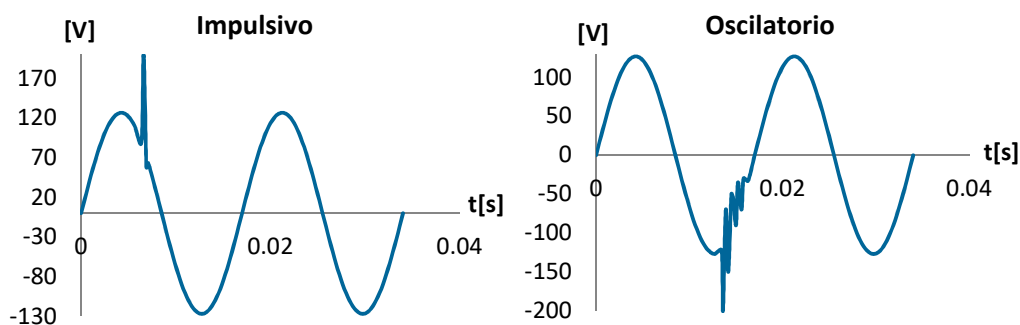


Figura 4. Transitorios.

VARIACIONES DE TENSIÓN DE CORTA DURACIÓN EN RMS.

Son variaciones en la magnitud del voltaje eficaz (o RMS por sus siglas en inglés). A diferencia de los transitorios, se pueden apreciar físicamente por el fenómeno de parpadeo en el alumbrado o el área de despliegue de algunos monitores. Estas variaciones abarcan un tiempo mayor a medio ciclo de frecuencia y hasta un minuto, se reflejan como depresiones de tensión (SAGS), elevaciones de tensión (SWELLS) o una completa pérdida de tensión (Interrupción corta).

Los sags son depresiones de tensión cuyas magnitudes se encuentran entre el 10% y 90% del valor nominal (menor al 10% se considera como interrupción), tienen una duración de 0.5 ciclos a 1 minuto³¹ y se deben a la conexión de grandes cargas como los motores ya que en su arranque la corriente se eleva de 7 a 10 veces su valor nominal causando una disminución en la tensión, otra causa son las fallas en la red eléctrica. Los swells o elevaciones de tensión son generados por la desconexión de cargas grandes y alcanzan por lo menos un 10% por encima de su valor nominal, al igual que los sags, tienen una duración de 0.5 ciclos a 1 minuto³¹.

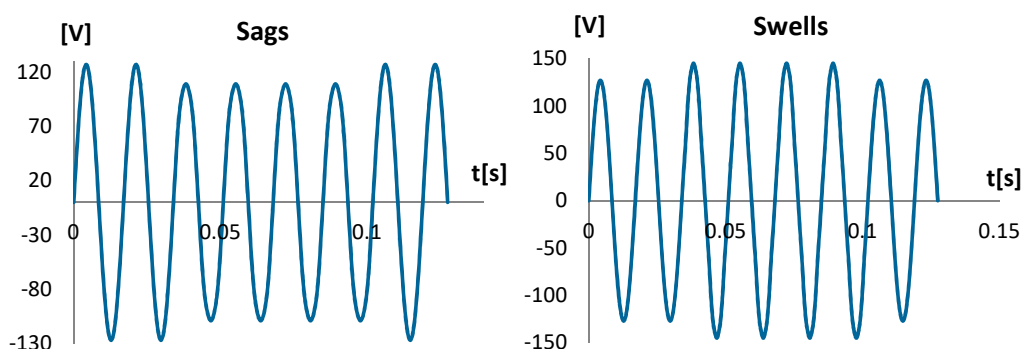


Figura 5. Variaciones de tensión.

VARIACIONES DE TENSIÓN DE LARGA DURACIÓN EN VALOR EFICAZ.

Esas variaciones de tensión se diferencian de las anteriores por el tiempo en que se presenta el fenómeno. Su clasificación está dada en interrupciones sostenidas, bajas tensiones y sobretensiones.

Las interrupciones sostenidas se presentan cuando la tensión de alimentación disminuye por debajo del 10 % del su valor nominal, esto por un tiempo mayor a 1 minuto. El origen de las interrupciones del suministro está en los cortocircuitos y fallas que se producen en la red (normalmente alejados del punto de suministro), generalmente se necesita de la intervención manual para restablecer dichas interrupciones.

Las bajas tensiones se caracterizan por tener una disminución en el valor eficaz de la tensión entre 0.8 y 0.9 [pu],³¹ durante un 1 minuto. La conmutación de una carga o la desconexión de bancos de capacitores pueden causar un decremento en la tensión, los circuitos sobrecargados también pueden resultar en caídas de tensión.

Las sobretensiones son incrementos del valor eficaz de la tensión a magnitudes entre 1.1 y 1.2 [pu],³¹ con duración mayor a 1 minuto. Se presentan cuando se apaga una carga grande en el sistema o se enciende un banco de capacitores. Un incorrecto ajuste en un transformador también puede dar pie a una sobretensión.

DESBALANCE DE TENSIÓN.

Se dice que un sistema eléctrico trifásico es balanceado o simétrico si las tensiones y las corrientes trifásicas tienen la misma amplitud y están desfasados por 120° entre sí. Si no se satisfacen cualquiera de estas dos condiciones, el sistema es desbalanceado o asimétrico. Técnicamente, es inalcanzable el balanceo entre fases, por lo que el porcentaje de desbalance permitido es hasta un 3 %.³²

Las causas más frecuentes del desbalance de voltajes en la red son las siguientes:

- Desbalance entre fases proveniente de la compañía suministradora de energía eléctrica.
- Grandes transformadores de distribución monofásicos en la red.
- Una fase abierta en el lado primario de un transformador de distribución trifásico.
- Fallas a tierra en un transformador de potencia.
- Bancos de transformadores operando en conexión delta abierta.

³² Tabla 6 “Desbalance máximo permitido en la tensión en el punto de la acometida”, Especificación CFE L0000-45.

- Un fusible dañado en un banco de capacitores trifásicos cuya función sea corregir el factor de potencia.
- Impedancia desigual en los conductores de alimentación.
- Distribución desbalanceada de las cargas monofásicas.
- Cargas monofásicas altamente reactivas.

Cuando las cargas trifásicas, como motores eléctricos, se conectan a una red con tensiones desbalanceadas, aparece un par inducido de secuencia negativa en el rotor, lo cual aumenta la corriente en el estator de la máquina, esto ocasiona un pobre funcionamiento, ya que al haber corrientes más altas en alguna fase, los aislamientos de los equipos podrían degradarse, ocasionando daño al equipo en cuestión. Para evitar dichos desbalances de voltajes entre fases, es necesario balancear las cargas monofásicas de fase a neutro y de fase a fase, de forma tal, que los voltajes de fase a fase queden balanceados.

La sensibilidad de los equipos eléctricos a los desbalances difiere de un dispositivo a otro. En un sistema trifásico las máquinas rotatorias principalmente de inducción y los transformadores son los más afectados ya que se generan calentamientos excesivos disminuyendo las capacidades nominales del equipo; el desbalance en las cargas monofásicas es un grave problema en la calidad de la energía que afecta principalmente a los sistemas de distribución de baja tensión, como por ejemplo los encontrados en edificios de oficinas con muchas computadoras e iluminación.

DISTORSIÓN DE LA FORMA DE ONDA.

Como ya se mencionó, las ondas de tensión y de corriente en realidad no son senoidales, sino que presentan una distorsión debida a la existencia de armónicos. Así, la distorsión de la forma de onda se define como la deformación que sufre la onda senoidal y existen cinco tipos de ella: Muecas (Notching), Ruido (Noise), Armónicos (Harmonics), Interarmónicos (Interharmonics) y Desplazamiento de cd (dc offset).

La muesca es un disturbio que presenta en menos de medio ciclo de tiempo un sentido inverso a la de la señal de operación. Su aparición es común en la operación de rectificadores trifásicos que operan con base en rectificadores controlados de silicio (SCR), donde las corrientes de las fases son conmutadas entre una y otra; aunque también se pueden presentar en conexión de sistemas de cómputo, controladores de motores de CD o en la operación de variadores de frecuencia.

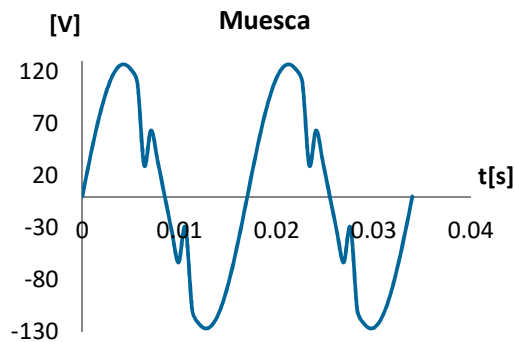


Figura 6. Muesca.

El ruido eléctrico es una señal indeseada con un contenido espectral por debajo de los 200 kHz; que se añade a la señal de voltaje o de corriente del sistema e inclusive en conductores neutros. Puede encontrarse de forma permanente en la red o ser producido por la conmutación de los convertidores electrónicos de frecuencia, a nivel residencial o industrial; también se hace presente debido a la iluminación de lámparas fluorescentes (por los balastos con que estas operan) y al uso de dimmers (atenuadores de iluminación). El ruido puede producir errores y dar lugar al funcionamiento anormal de equipos informáticos, así como su instrumentación y control, aunque no suele causar daños en el equipo. Estos fenómenos son mitigados mediante el uso de transformadores de aislamiento, acondicionadores de tensión y filtros.

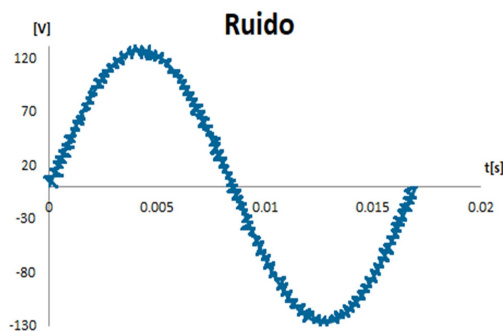


Figura 7. Ruido.

Los armónicos en tensión o corriente son señales senoidales con una frecuencia múltiplo de la frecuencia fundamental a la cual está diseñado el sistema eléctrico (50 o 60 Hz). Cuando estas tensiones o corrientes se suman a dicha frecuencia, se tiene una distorsión de la forma de onda, la cual afecta el funcionamiento de equipos sensibles y produce calentamiento en cables, transformadores o motores; también pueden presentarse sobrecorrientes en el neutro y en general una depreciación en la calidad de la energía. La aparición de armónicos de tensión se produce por la existencia de convertidores electrónicos, elementos como transformadores y

bobinas, dispositivos de arco como lámparas de descarga y hornos de arco, así como por el desplazamiento de las armónicas de corriente, a través de la impedancia del sistema. Una práctica para disminuir dichas anomalías es la utilización de filtros y acondicionadores.

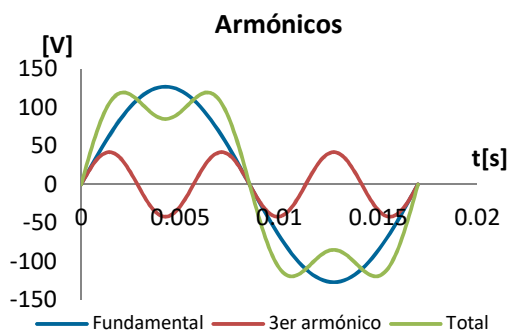


Figura 8. Distorsión armónica.

Cuando los armónicos no son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental, se les conoce como inter armónicos, los cuales tienen su origen cuando la corriente o el voltaje no son senoidales y aperiódicos; sus afectaciones al sistema son muy poco conocidas.

El desplazamiento de CD es considerado como la presencia de un voltaje o corriente de CD (corriente directa) en un sistema de alimentación de corriente alterna (CA); este fenómeno puede ser producido por rectificadores de media onda, que ayudan a disminuir la tensión en una lámpara o a regular la temperatura en secadoras, por mencionar algunos ejemplos. Los problemas que trae consigo este disturbio, son la saturación en los transformadores aunado al calentamiento en el núcleo de los mismos. La erosión electrolítica de los conectores, así como de los electrodos del sistema de tierra, también pueden deberse a la presencia de CD en el sistema eléctrico.

FLUCTUACIONES DE VOLTAJE.

Estas son desviaciones de la señal de voltaje o repentinos cambios de voltaje, para la cual su magnitud no excede de 0.95 a 1.05 [pu].³¹ Estas fluctuaciones pueden ser vislumbradas por el ojo humano como un cambio repentino en la intensidad de iluminación del alumbrado. Generalmente los arcos de fundición y las soldadoras son los generadores de este tipo de anomalías.

VARIACIONES DE FRECUENCIA.

La frecuencia del sistema, en cualquier instante, está definida por la relación entre carga y la capacidad disponible de generación, si este balance dinámico cambia, se presentan pequeños cambios en la frecuencia. La duración y magnitud de los cambios depende de las características de la carga y de la respuesta del sistema de generación ante dichos cambios.

En general, el equipo eléctrico de un sistema, principalmente los generadores y los transformadores, está diseñado para funcionar a una frecuencia determinada. La frecuencia en el sistema eléctrico mexicano es de 60 ciclos por segundo (Hz), la variación máxima de la frecuencia es $\pm 0.8 \%$.³³ Sin embargo el rango de las variaciones de frecuencia que puede tolerarse en un sistema depende tanto de las características del equipo como del funcionamiento del sistema y también del tiempo que duren estas variaciones. Las cargas resistivas son insensibles a las variaciones de frecuencia, en cambio, las cargas constituidas por motores eléctricos, son afectadas en mayor grado por las variaciones de frecuencia.

Este tipo de disturbio es muy extraño que se presente, ya que la elevada interconexión que existe en las redes eléctricas hace que no se den variaciones permanentes de frecuencia. Por este motivo sólo aparecen en redes aisladas.

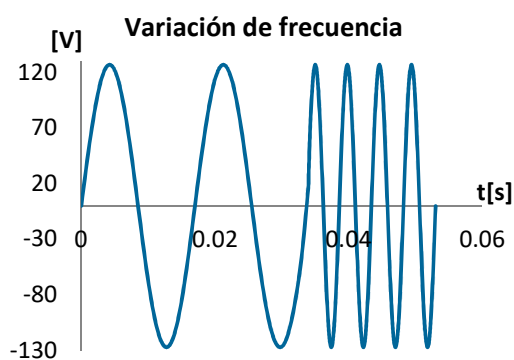
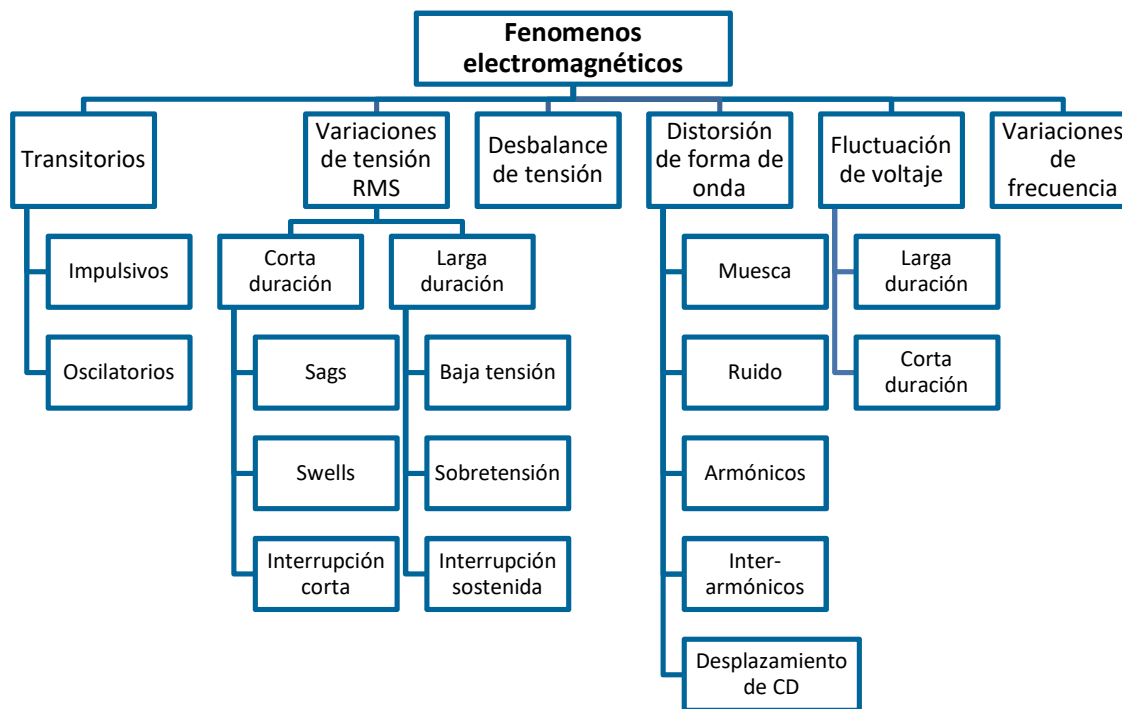


Figura 9. Variación de frecuencia.

El esquema 2 simplifica la clasificación de los disturbios eléctricos.

³³ Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, capítulo V, artículo 18.



Esquema 2. Clasificación de los disturbios eléctricos.

3.1.2 Solución de los disturbios eléctricos

Para mitigar los problemas causados por los disturbios eléctricos es recomendable tener buenas prácticas de puesta a tierra, ya que muchos de los problemas de calidad de la energía ocurren dentro de las instalaciones de los propios usuarios y están relacionadas con problemas de alambrado y malas prácticas de puesta a tierra, por lo que es necesario hacer una revisión de los mismos. El objetivo principal de la puesta a tierra en un sistema eléctrico es proveer un medio seguro para proteger a los usuarios durante la operación normal y/o en caso de falla. Los sistemas se conectan a tierra para limitar las sobretensiones eléctricas debidas a descargas atmosféricas, transitorios en la red o contacto accidental con líneas de alta tensión y para estabilizar la tensión eléctrica a tierra durante su funcionamiento normal. Los equipos se conectan a tierra de modo que ofrezcan un camino de baja impedancia para las corrientes eléctricas de falla y que faciliten el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobre corriente en caso de falla a tierra.

Otro medio para atenuar los disturbios eléctricos son las unidades ininterrumpibles de energía (UPS) ya que gracias a sus baterías, pueden proporcionar energía eléctrica tras una interrupción a todos los dispositivos que tenga conectados. Otra de las funciones del UPS es la de mejorar la

calidad de la energía eléctrica que llega a los aparatos, entregando una tensión libre de sags y swells. Además, si el rectificador es a base de IGBT (Transistor Bipolar de Puerta Aislada), reduce los armónicos de la red.

Los supresores de voltajes transitorios son dispositivos de desvío de energía, que cortan los impulsos de tensión y desvían la corriente asociada al transitorio de voltaje, para no dañar la carga sensible. La finalidad de estos dispositivos, es proteger equipos electrónicos sensibles de daños generados por picos de voltaje y/o descargas atmosféricas de hasta 20 [kV], 10 [kA], con duración de nano a microsegundos, con aparición aleatoria y bipolar en la onda senoidal.

Los filtros pasivos de armónicos son elementos eléctricos lineales que remueven señales de alta frecuencia dependiendo de las características del filtro y su capacidad, aunque en realidad, lo que hacen estos filtros es mitigar, es decir, reducen ciertas armónicas a valores aceptables sin eliminarlas por completo. Los filtros activos, basados en la electrónica de potencia, son capaces de eliminar gran parte de los armónicos de baja frecuencia.

Los bancos de capacitores se emplean para compensar potencia reactiva y controlar el voltaje. Cuando en una instalación eléctrica se tiene un bajo factor de potencia en presencia de cargas lineales, la aplicación de capacitores proporciona una corrección de este factor, obteniendo la menor cantidad de potencia aparente asociada a la potencia activa demandada, con un valor cercano a la unidad. Al corregir un bajo factor de potencia, los capacitores reducen la demanda de kVA debido a que liberan de carga a los transformadores, tableros de fuerza y otros equipos. La demanda reducida da como resultado, que los recibos de la compañía suministradora se vean libres de cargos por bajo factor de potencia, la operación del equipo sea más fría y la vida útil del mismo se prolongue.

Los reactores de línea ayudan al equipo a trabajar correctamente mediante la mitigación de los distintos tipos de disturbios que se presentan en las líneas de alimentación que en otras circunstancias dañan a los equipos sensibles, como inversores, variadores, PLC, etc. Los reactores se emplean para compensar la presencia de armónicas producidas por cargas no lineales y para atenuar transitorios.

El transformador ferromagnético o estabilizador de tensión es un sistema que mantiene energía almacenada en forma oscilante, que pulsa como un péndulo, a la misma frecuencia y en fase con la tensión de línea. Este transformador tiene la capacidad de corregir cualquier forma de onda en entrada y entrega una onda sinusoidal en la salida, son capaces de aislar la carga y de regular la salida de tensión, por lo que son apropiados para proteger contra impulsos, ruidos, sobretensiones, sags y corrientes armónicas. Al elegir estos transformadores se debe tener

precaución con su capacidad, ya que su regulación es mejor cuando se encuentran funcionando al 25% de su capacidad.

La tabla 29 indica los equipos que dan solución a diferentes disturbios.

Tabla 29. Equipos para la solución de los disturbios.

DISTURBIO ELÉCTRICO	EQUIPO PARA SOLUCIÓN DE LOS DISTURBIOS						
	Sistema de tierra	UPS	Supresor	Filtro	Banco de capacitor	Reactor de línea	Transformador
Transitorios	X	X	X				X
Swell		X					X
Sag		X					X
Sobre tensión	X	X				X	X
Baja tensión		X			X		X
Ruido		X					X
Armónicas		X		X		X	X
Fluctuaciones		X					
Variación de frecuencia		X					X
Interrupción		X					
Factor de potencia					X		

CAPÍTULO 4. MONITOREO DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS

El monitoreo en una instalación eléctrica, ayuda a tener una visión detallada del comportamiento de la misma durante su utilización diaria. Éste consiste en la recolección de datos cada determinado lapso de tiempo y para lo cual, se hace uso de un aparato llamado monitor de calidad de la energía; con ello se busca examinar los valores de los parámetros que arroja dicho sondeo para detectar anomalías en el suministro, el consumo o en el funcionamiento de la instalación así como fallas dentro de ésta. Los datos que se registran pueden variar, dependiendo del monitor que se utilice y los parámetros que se pretendan examinar; éstos pueden ser tensión, corriente, potencias, frecuencia, armónicos en corriente y tensión, demanda, factor de potencia, etc.

El presente trabajo, se basó en el monitoreo realizado al tablero de distribución B, el cual se alimenta desde la subestación del Instituto de Investigaciones Bibliográficas, ubicado bajo la escalera del acceso principal al edificio. La tensión nominal del tablero es 220 [V] entre fases, con 3 fases - 4 hilos y cuenta con un interruptor principal de 3x700 [A]. Para este monitoreo se utilizó un monitor de calidad de la energía³⁴, marca HT, modelo VEGA78, el cual se conectó en los alimentadores del tablero.

Este monitoreo se llevó a cabo por un periodo de 8 días, comenzando el 1 de agosto del 2016 y terminando el 9 de agosto del mismo año, efectuándose una recolección de las mediciones cada 5 minutos. El objetivo de este monitoreo fue realizar un diagnóstico del estado que guardan los parámetros eléctricos del TDB.

4.1 Demanda

La demanda registrada durante el monitoreo indica la variación promedio de la potencia real suministrada por el sistema, en función del tiempo. Debido a que la conexión y la desconexión de las cargas individuales es un fenómeno aleatorio, la potencia varía en función del tiempo y depende del ritmo de las actividades humanas en la región servida por el sistema. Sin embargo, el valor máximo de la potencia real determina la capacidad de generación con que se debe disponer para poder satisfacer la demanda.

La demanda máxima registrada fue de 115.9 [kW], que equivale a 120.5 [kVA], se presentó el día jueves 4 de agosto del 2016 a las 14:05 horas. La tabla 30 muestra los valores de demanda máxima, mínima y promedio registrada durante el periodo monitoreado.

³⁴ Detalles del equipo en el Anexo A.

Tabla 30. Demanda en el TDB.

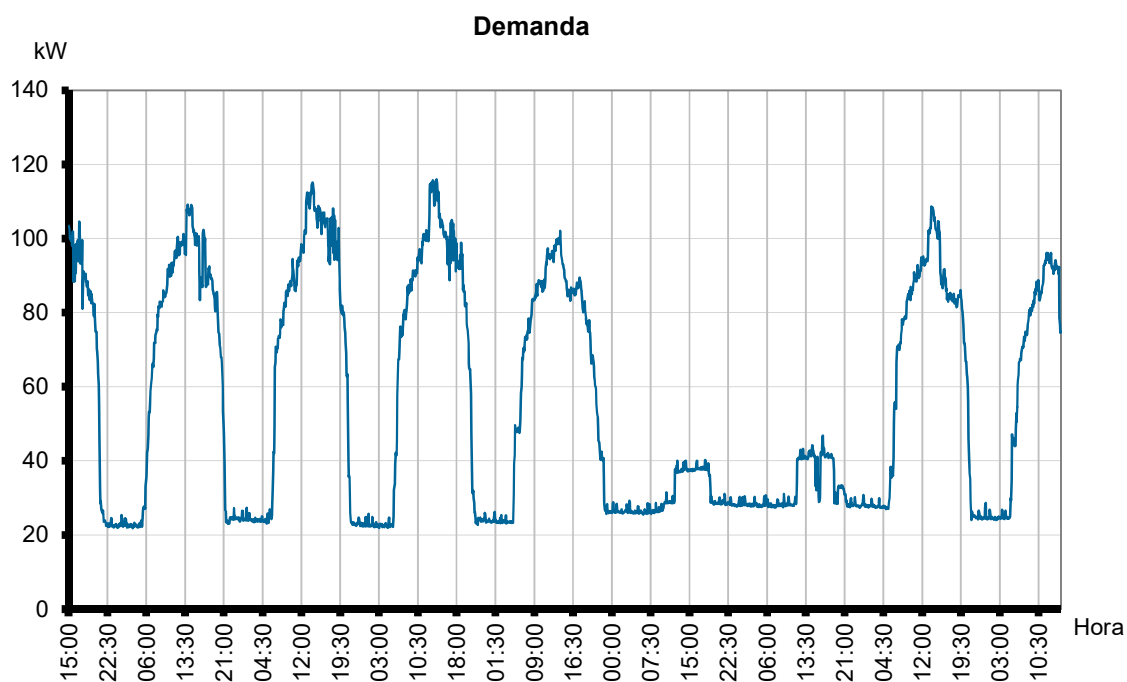
DEMANDA		
	W	VA
MÁXIMO	115,900.00	120,500.00
MÍNIMO	21,900.00	26,760.00
PROMEDIO	55,703.31	59,728.62

El trazo de la gráfica 4 muestra que el horario de mayor demanda es a partir de las 8:25h hasta las 19:25h. La demanda mínima es de 21.9 [kW]. Durante el periodo de análisis de la demanda de energía eléctrica se observa un cambio relevante entre los días laborables (lunes a viernes) y el fin de semana. El comportamiento de demanda diario de lunes a viernes se describe en forma general a continuación:

- La demanda base se presenta durante la noche, durante el periodo de 21:30 h a las 6:00 h del día siguiente. Durante este periodo la demanda tiene un valor promedio de 22 [kW].
- A partir de las 6:00 h, la curva de demanda muestra un ascenso sostenido pero con pequeñas variaciones de demanda. Este ascenso parte de los 22 [kW] base hasta alcanzar un valor próximo a los 74 [kW] alrededor de las 8:00 h.
- Entre las 8:00 h y las 19:30 h se presenta la demanda máxima del día. El valor promedio durante este periodo es 78 [kW]. Cabe destacar que el valor pico de cada día se presenta alrededor de las 14:00 h, alcanzando valores entre 107[kW] y 114 [kW].
- A partir de las 19:30 h comienza un descenso en la demanda de energía eléctrica que se detiene aproximadamente a las 21:30 h, momento en que la demanda regresa a su valor base.

En el fin de semana la demanda base ronda los 27 [kW] de las 19:00h hasta las 10:00h, el ascenso sostenido se da a partir de las 10:00h hasta las 12:00h con un valor promedio de 39 [kW], lo que significa que los fines de semana hay algunas actividades en la dependencia. La demanda máxima se da entre las 12:00h y 18:00h, con un valor que ronda entre los 41 [kW] y los 43 [kW].

El consumo de energía durante el periodo del monitoreo en el tablero TDB fue de 10,685.75 [kWh], dado lo anterior el consumo por día es alrededor de los 1304.99 [kWh] y para el fin de semana de 752.9125 [kWh].



Gráfica 4. Demanda en el TDB.

El análisis de los siguientes parámetros se realizó con base al comportamiento de la demanda.

4.2 Variación de tensión

En México, el suministro de energía eléctrica a los usuarios está regido por el *“Reglamento de la Ley del servicio público de energía eléctrica”*, en donde se especifican los límites superior e inferior de la tensión del suministro en el punto de entrega al usuario. La entrega de una tensión fuera de estos límites se considera anomalía o deficiencia del suministro.

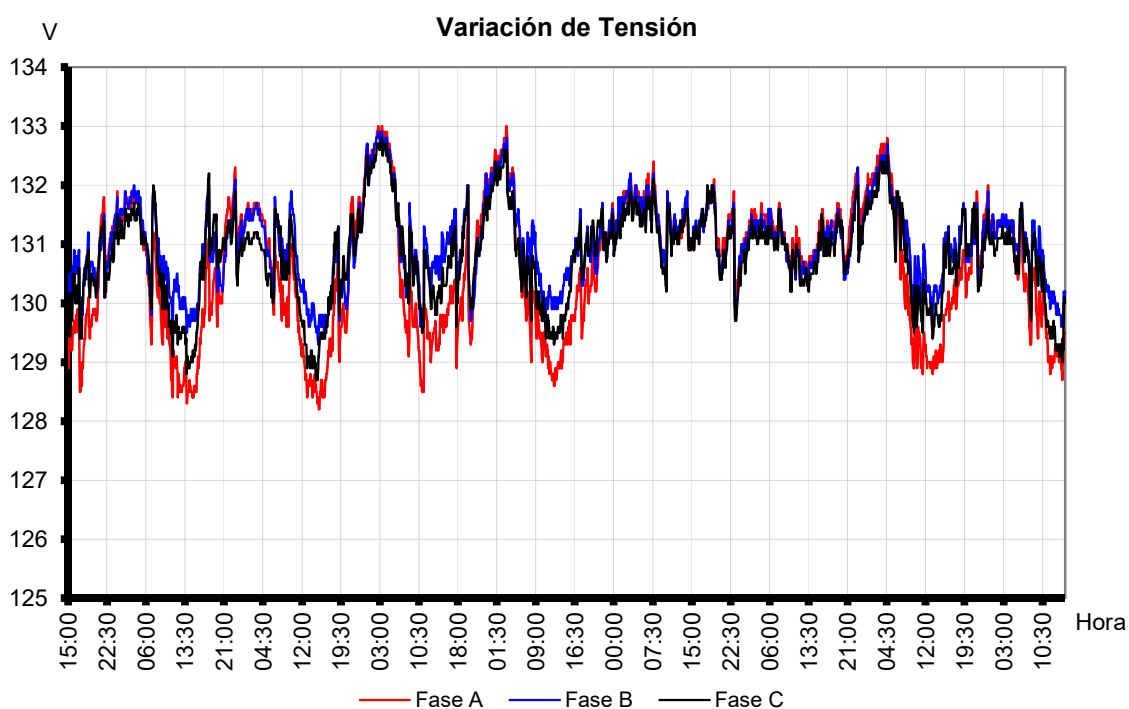
Con sustento en el capítulo V, artículo 18 de citado reglamento, el suministrador debe ofrecer y mantener el servicio con un rango de variación de tensión no mayor al $\pm 10\%$ de la tensión eléctrica nominal del sistema (127 [V]), por lo que se tiene un rango permisible desde 114.3 [V] hasta 139.7 [V].

Los valores de tensión registrados en el monitoreo se observan en la tabla 31.

Tabla 31. Variación de tensión en el TDB.

TENSIÓN [V]			
FASE	A	B	C
MÁXIMO	133.0	132.9	132.8
MÍNIMO	128.2	129.3	128.7
PROMEDIO	130.7	131.0	130.8

El valor de tensión máximo registrado fue de 133 [V] en la fase A y el mínimo de 128.2 [V] en la misma fase, lo cual equivale al +4.7 % y +0.9 % respectivamente. Cabe destacar que en las mediciones se encuentran por encima de la tensión nominal del sistema, sin embargo, las magnitudes de tensión se encuentran dentro de la variación permitida. La gráfica 5 señala el comportamiento de la tensión.



Gráfica 5. Variación de tensión en el TDB.

Durante la noche ocurre un fenómeno interesante en el comportamiento de la tensión. Al comparar las gráficas de tensión y demanda se puede observar que, el jueves por la noche cuando se alcanza la demanda base, ésta se mantiene constante pero los valores de tensión continúan creciendo. Esto significa que parte de la variación de tensión que ocurre en la noche es producida por la salida de la carga medida (hasta antes de las 21:00h) como iluminación,

contactos y fuerza, alcanzando un valor aproximado de 131.2 [V]. Pero pasado este horario, el incremento en la tensión continúa, debido a la salida de cargas que se encuentran del lado de la fuente y no pertenecen al tablero TDB, pero que comparten el mismo circuito o alimentador. Esta variación alcanza un valor de hasta 133[V], como se puede contemplar en la figura 10.

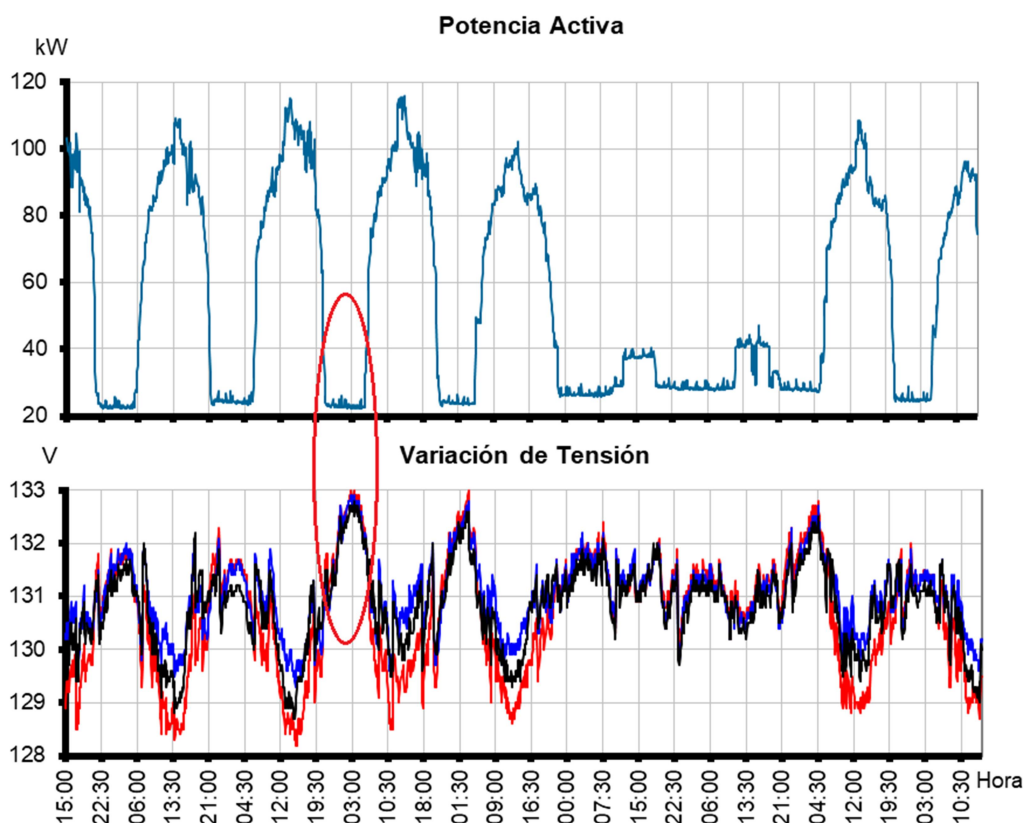


Figura 10. Comparación de demanda y tensión.

4.3 Desbalance de tensión

El desbalance de tensión se evalúa con base en la especificación *CFE L0000-45, Desviaciones Permisibles en las Formas de Onda de Tensión y Corriente en el Suministro y Consumo de Energía Eléctrica; Tabla 6. Desbalance máximo permitido en la tensión en el punto de acometida*, en el cual para tensiones menores a 1 [kV] se permite un desbalance máximo del 3%.

El desbalance de tensión se calculó de la manera siguiente:

$$\% \text{ Desbalance (Sec. 0)} = \frac{E_i}{E_d} \times 100$$

Donde:

E_i = secuencia de la terna negativa.

E_d = secuencia de la terna directa.

El valor de desbalance de tensión queda registrado en la tabla 32. Y se observa que el valor máximo de desbalance que se presentó es de 0.75 % el cual se encuentra dentro del rango permitido.

Tabla 32. Desbalance de tensión en el TDB.

DESBALANCE EN TENSIÓN [%]	
MÁXIMO	0.75
MÍNIMO	0.00

4.4 Distorsión armónica de tensión

Con base en la especificación *CFE L0000-45, Tabla 2. Límites máximos de distorsión armónica total en tensión y de CAIMT en el punto de acometida*, para una tensión menor de 1 [kV] la distorsión armónica en tensión máxima que se permite es de 8%.

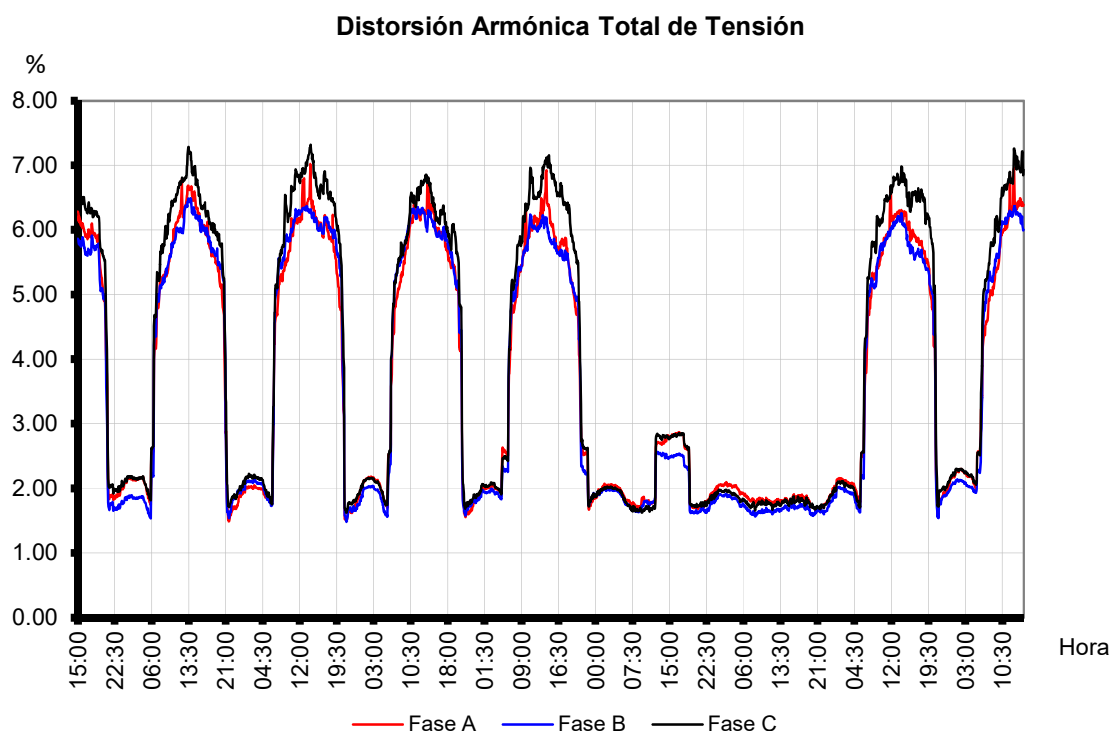
Aquí cabe hacer una aclaración importante, en la especificación de CFE L0000-45 así como en la recomendación del IEEE Std. 519-2014, se menciona que el lugar donde se debe realizar la medición de los niveles de distorsión debe ser el punto de acoplamiento común, en otras palabras la acometida, y que los niveles de distorsión armónica de voltaje o corriente especificados en estos documentos, no son aplicables a equipos individuales o al interior de las instalaciones. Lo que buscan ambos escritos es establecer un nivel de compromiso, entre lo que el usuario puede inyectarle al suministrador en corriente y lo que este último puede entregarle en tensión a la contraparte. Pero a pesar de estas restricciones, es práctica común del sector utilizar estos estándares para evaluar los niveles de distorsión en voltaje y en corriente.

Por la anterior razón, es que se decidió tomar estas especificaciones como punto de comparación, aun sabiendo y aclarando que no es lo correcto. Solo con finalidad de tener una referencia de los datos obtenidos. La tabla 33 indica los valores de distorsión obtenidos.

Tabla 33. Distorsión armónica total de tensión en TDB.

DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE TENSIÓN [%]			
FASE	A	B	C
MÁXIMO	7.0	6.5	7.3
MÍNIMO	1.5	1.5	1.6

La distorsión máxima total registrada es de 7.3 % en la fase C por lo tanto no excede los valores máximos permitidos. En general, estos valores no representan un riesgo, sin embargo existe la posibilidad de que esta distorsión provoque una mayor distorsión armónica en corriente en los equipos, ya que se están alimentando de una tensión contaminada. En la gráfica 6 se observa el comportamiento de la distorsión total de tensión.



Gráfica 6. Distorsión armónica total de tensión en el TDB.

Otro fenómeno que puede observarse comparando la gráfica anterior con la de demanda es que ambas curvas tienen un comportamiento parecido, cuando la demanda crece también lo hace la distorsión armónica en tensión, lo cual es un indicador de que cuando la demanda es alta, la distorsión armónica en tensión es producida por la corriente de la carga.

Pero ahora bien, cuando la demanda llega a su valor base, específicamente durante la noche y permanece constante durante este periodo de tiempo, la distorsión armónica en tensión tiene un crecimiento ligero; posteriormente decrece y vuelve a presentar un crecimiento, pero ahora asociado a la demanda.

Este pequeño incremento de la distorsión armónica en tensión, durante el periodo de demanda base viene del lado de la fuente, provocado por la operación de otras cargas que comparten el

mismo circuito de alimentación del tablero TDB o posiblemente se deba a un problema procedente del suministro.

En la figura 11 se presenta la comparación de ambos parámetros.

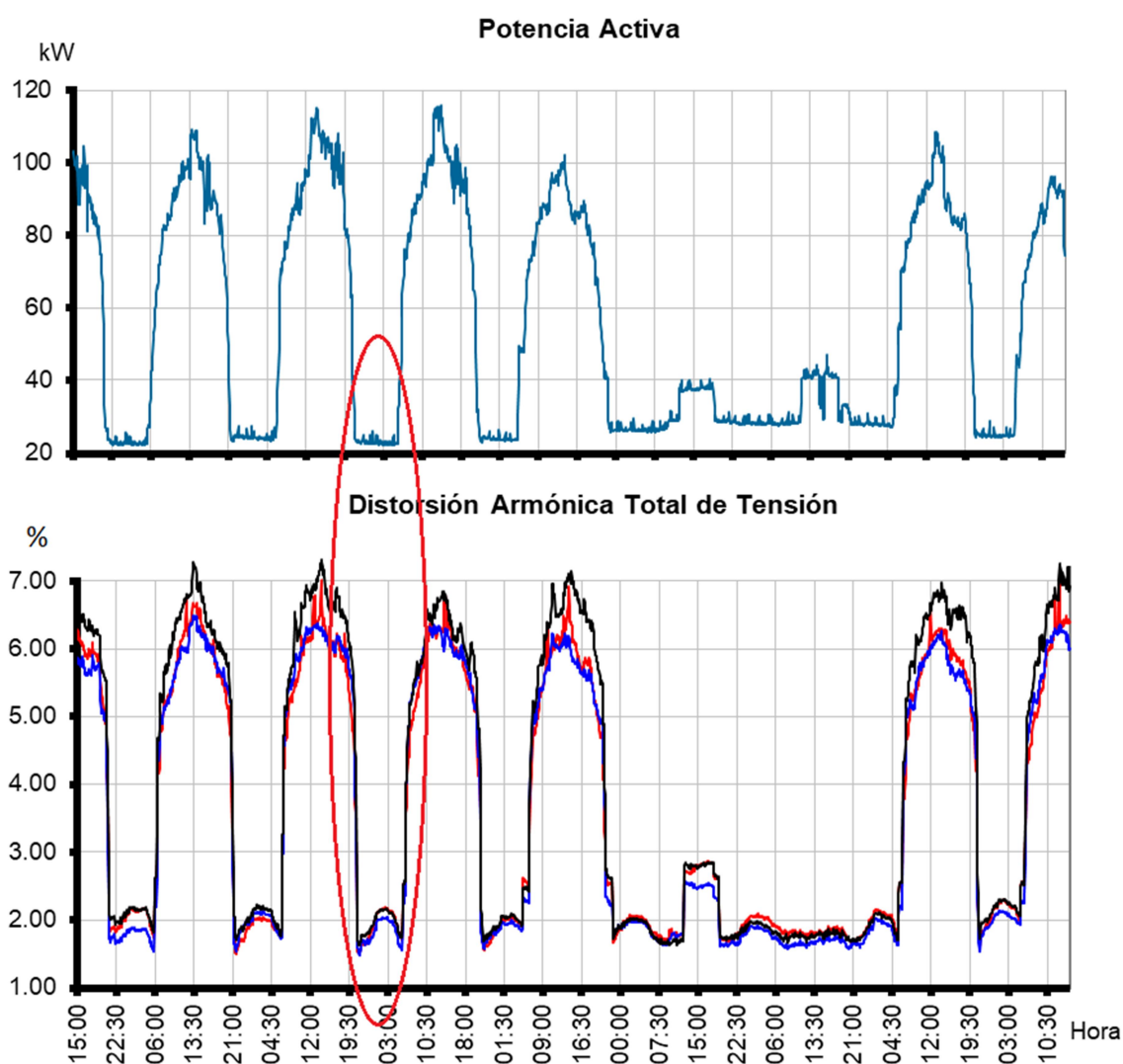


Figura 11. Comparación de demanda y DATT.

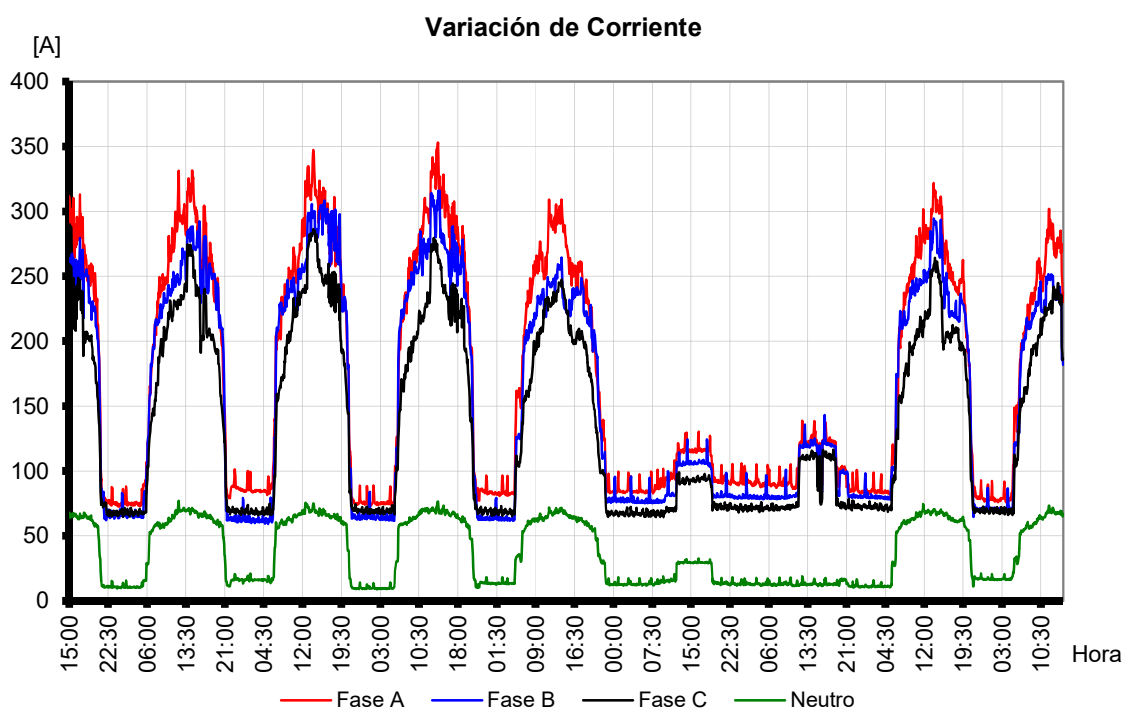
4.5 Corriente

La tabla 34 expone los resultados obtenidos durante el monitoreo, referidos al parámetro de corriente en cada fase y en el conductor neutro.

Tabla 34. Corriente en el TDB.

CORRIENTE [A]				
FASE	A	B	C	N
MÁXIMO	353.0	316.1	286.2	77.0
MÍNIMO	72.7	59.3	64.4	8.9

Los valores de corriente varían dependiendo la carga conectada al TDB. En la fase A se presenta el valor máximo de corriente, debido a que el tablero tiene una mayor carga conectada a esta fase, sin embargo, no representa un problema para la protección general del tablero y los alimentadores. La gráfica 7 exhibe la variación de la corriente durante el monitoreo.

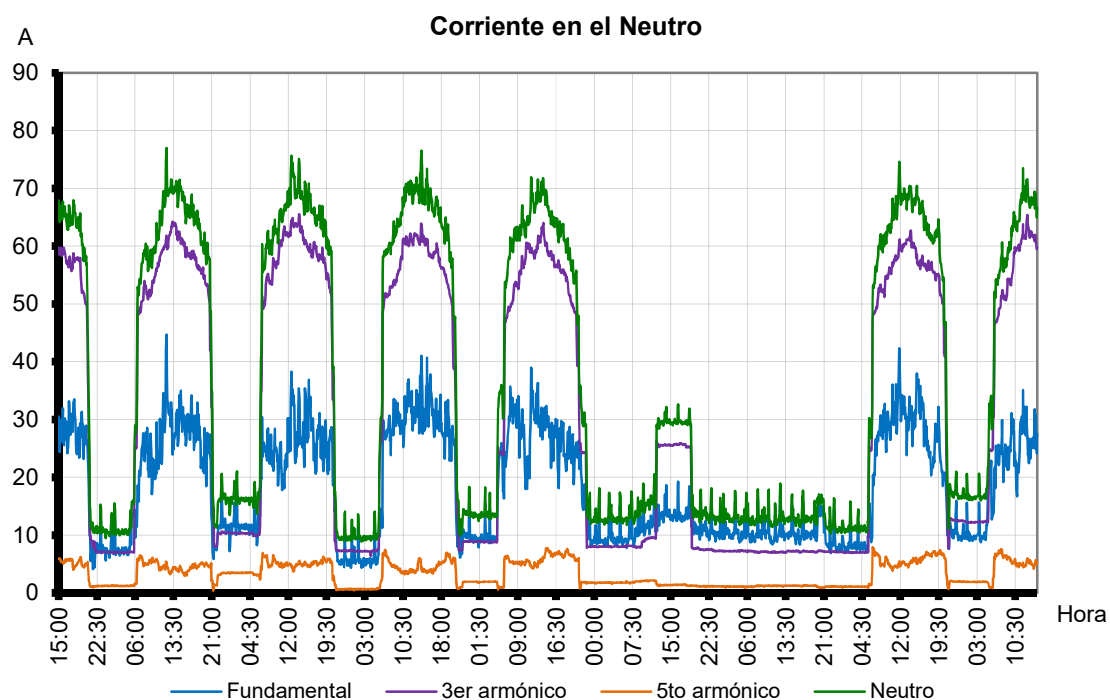


Gráfica 7. Corriente en el TDB.

El gráfico del comportamiento de la corriente muestra alteraciones entre las 13:00 y las 16:00 horas; horario donde se ostenta la mayor demanda.

La presencia de corriente en el neutro indica un desbalance en el sistema o bien es un indicador de la presencia de dispositivos no lineales (incluso aunque la carga esté balanceada), y lo ideal es que la corriente sea cercana a cero.

Haciendo un análisis de la corriente en el neutro, se aprecia que la componente fundamental es muy baja comparada con la corriente total en el neutro, esto significa que a 60 Hz el sistema no tiene un desbalance muy severo y la corriente eficaz en el neutro se debe a la alta presencia de armónicos principalmente de tercer orden como se puede ver en la gráfica 8.



Gráfica 8. Corriente en el neutro en el TDB.

4.6 Desbalance de corriente

Este parámetro se evalúa con base en la especificación de CFE L0000-45, *Desviaciones Permisibles en las Formas de Onda de Tensión y Corriente en el Suministro y Consumo de Energía Eléctrica*. Debido a que no fue posible adquirir los datos del sistema para obtener la impedancia relativa (I_{CC}/I_L), se tomó el valor máximo permitido en la Tabla 7 de la especificación ya mencionada, 20 %. La tabla 35 muestra los valores obtenidos.

Tabla 35. Desbalance de corriente en el TDB.

DESBALANCE EN CORRIENTE [%]	
MÁXIMO	30.3
MÍNIMO	2.2

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior, el desbalance que se presenta está por encima de lo permitido por la especificación de CFE L0000-45, esto se debe a que no están circulando las mismas intensidades por las tres fases del sistema, como ya se había mencionado, la fase A presenta los valores más altos de corriente durante el monitoreo en relación a las otras dos fases. En este caso, lo recomendable es hacer un balance de cargas a fin de obtener fases equilibradas a 60 Hz para disminuir la contribución de esta corriente en el neutro y mitigar los armónicos en la red.

4.7 Distorsión armónica de corriente

Los valores de Distorsión Armónica Total de Corriente (DTAC) van de 4.6 % hasta 51.7 %. Los valores más altos se registraron entre 6:00h y 7:00h, lapso en el cual la demanda comienza a crecer. En la tabla 36 se pueden observar los resultados obtenidos en el monitoreo.

Tabla 36. Distorsión armónica total de corriente en el TDB.

DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE CORRIENTE [%]			
FASE	A	B	C
MÁXIMO	34.3	51.7	44.3
MÍNIMO	9.0	5.2	4.6

La DATC puede arrojar falsos positivos (niveles altos de distorsión en corriente en bajas condiciones de carga) ya que depende del nivel de carga. Por lo tanto, para realizar una correcta evaluación de este parámetro se obtuvo la Distorsión Armónica Total de Demanda (DTAD) la cual es inmune a este nivel de carga. Además, no es posible evaluar la DATC conforme a la especificación del suministrador ya que este únicamente evalúa la DTAD. En la tabla 37 se muestran los valores calculados de la DATD de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$DATD = DATC \left(\frac{I_1}{I_L} \right) \times 100$$

Donde:

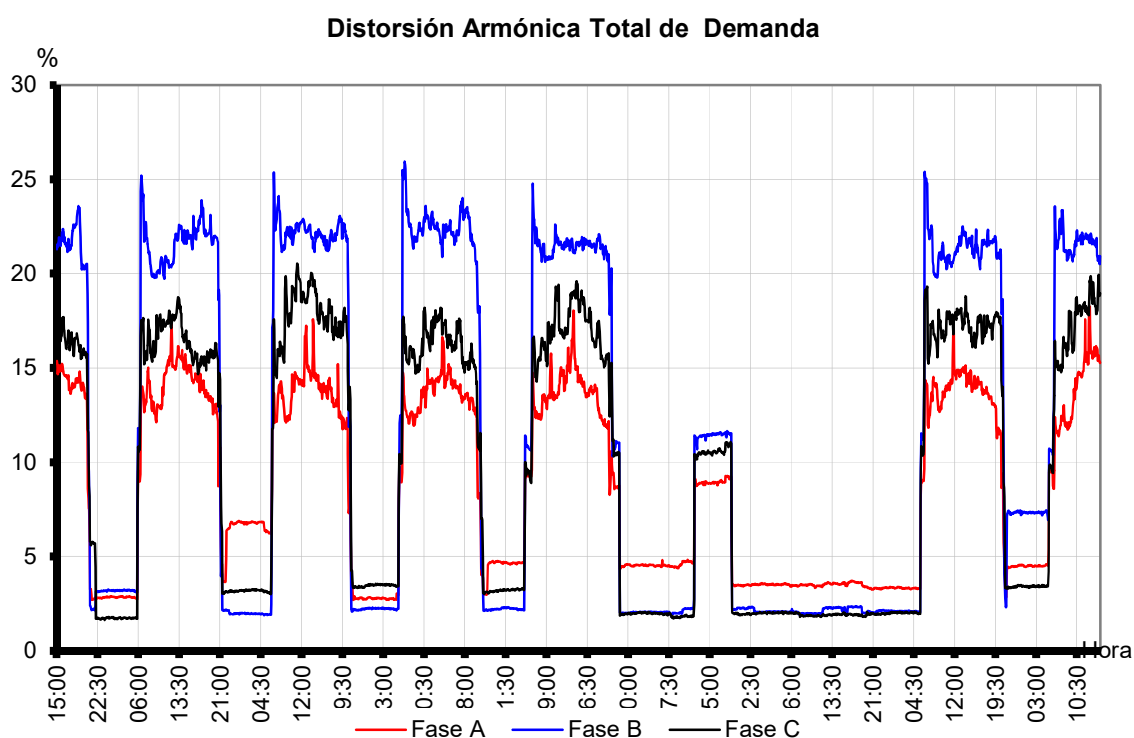
I_1 = componente de corriente de frecuencia fundamental

I_L = corriente máxima de carga

Tabla 37. Distorsión armónica total de demanda en el TDB.

DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE DEMANDA [%]			
FASE	A	B	C
MÁXIMO	18.0	25.9	20.5
MÍNIMO	2.7	1.9	1.6

De acuerdo a la especificación de CFE L0000-45, *Desviaciones Permisibles en las Formas de Onda de Tensión y Corriente en el Suministro y Consumo de Energía Eléctrica. Tabla 3*, al no poder obtener los datos del sistema para calcular la impedancia relativa (I_{CC}/I_L), nuevamente se tomó la impedancia relativa máxima. El valor máximo permitido es de 20%, por lo tanto, las fases B y C no cumplen con dicha especificación. En la gráfica 9 se puede ver reflejado el comportamiento de la distorsión armónica en demanda en cada fase.



Gráfica 9. Distorsión armónica total de demanda en el TDB.

Los armónicos que presentan valores mayores a lo permitido son de 3er orden. Esto se debe a la gran cantidad de alumbrado fluorescente que se encuentra alimentado por este tablero, los cuales utilizan balastos electrónicos para su funcionamiento, además de equipos electrónicos,

que son cargas no lineales e inyectan corriente con armónicas en la red, generando fuertes componentes de 3ra armónica inyectadas a la red de distribución como se muestra en la gráfica de la corriente en el neutro.

Los picos en la distorsión armónica se presentan alrededor 6:00h y 7:00h, cuando la demanda es aún baja y estos disminuyen en cuanto la demanda crece, hasta que se apaciguan de cierta manera con el transcurso del día. Esto hace suponer que los picos son ocasionados por el encendido de la iluminación o el arranque de algún equipo con alto contenido armónico. Lo anterior se puede apreciar en la figura 12.

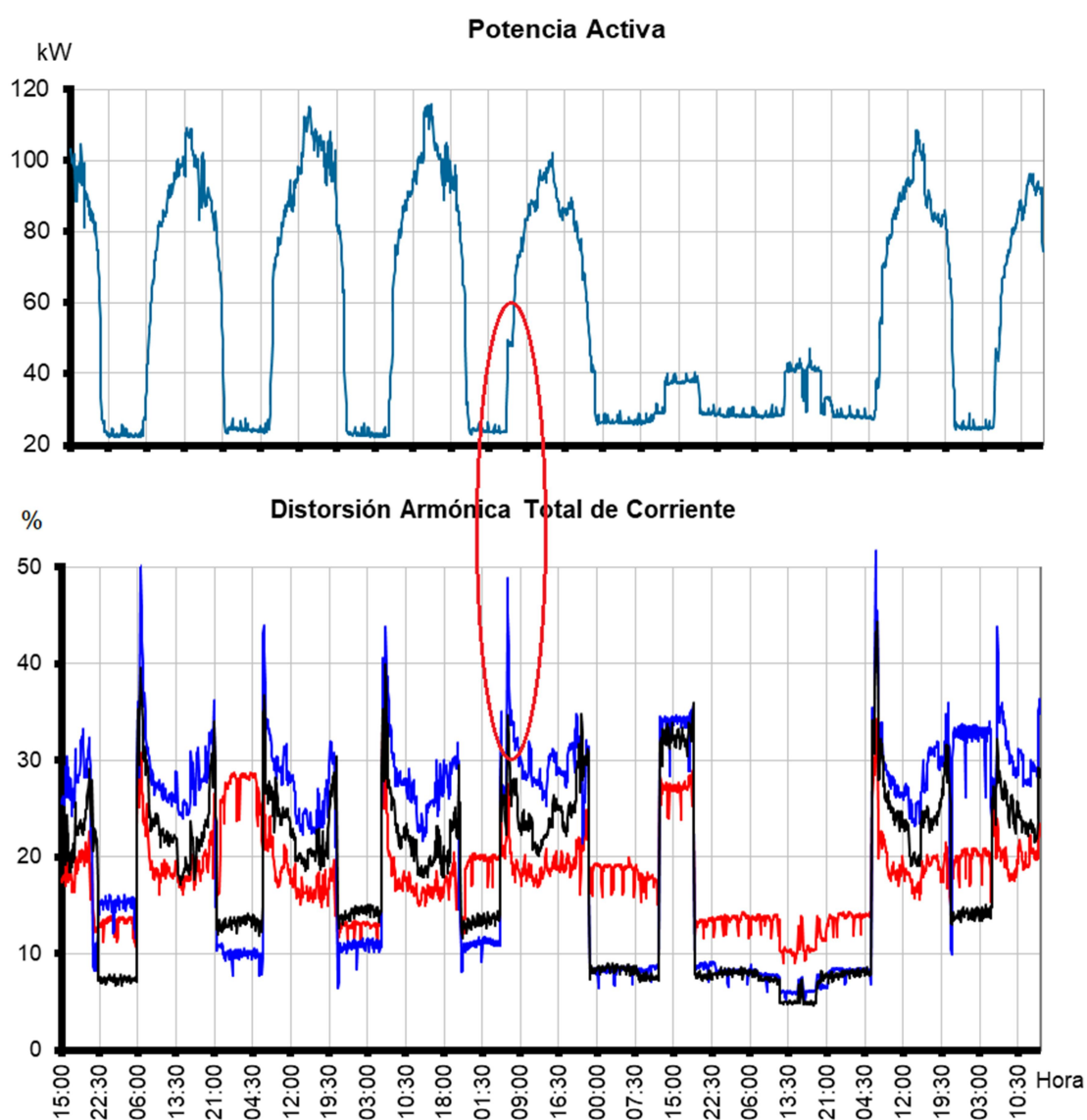


Figura 12. Comparación de demanda y DATC.

Para la presencia de armónicos, se puede recomendar el uso de:

- Un filtro activo que reduce el contenido armónico global y es ideal para instalaciones con gran cantidad de cargas monofásicas y trifásicas. Estos equipos proporcionan una corrección armónica mediante la introducción activa de corrientes iguales y contrarias al sistema de distribución eléctrica, cancelando todo el espectro de corrientes armónicas en el punto de conexión.
- Conectar las cargas no lineales lo más cercano posible a la fuente ya que las perturbaciones armónicas generales aumentan a medida que disminuye la potencia de cortocircuito.
- Instalar un transformador de aislamiento con factor K en conexión delta-estrella para mitigar los armónicos de tercer orden.

4.8 Factor de potencia

El factor de potencia es un parámetro que se define en términos eléctricos, como la relación entre la potencia activa y la potencia aparente, y que a su vez puede obtener valores entre 0 y 1, lo cual indica qué tanta potencia se está aprovechando o en su defecto desperdiciando, por parte del consumidor. Para la relación entre compañía suministradora y cliente, este dato sirve para realizar un ajuste a la tarifa y saber si se debe bonificar al cliente o penalizarlo. Para ello, el valor debe de estar dentro del rango de “noventa centésimos atrasados y uno”, de acuerdo al Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica. Esto quiere decir, que el consumidor tiene que mantener esta relación entre 0.9 y 1.

Para este tablero, la relación del factor de potencia muestra en la tabla 38.

Tabla 38. Factor de potencia en el TDB.

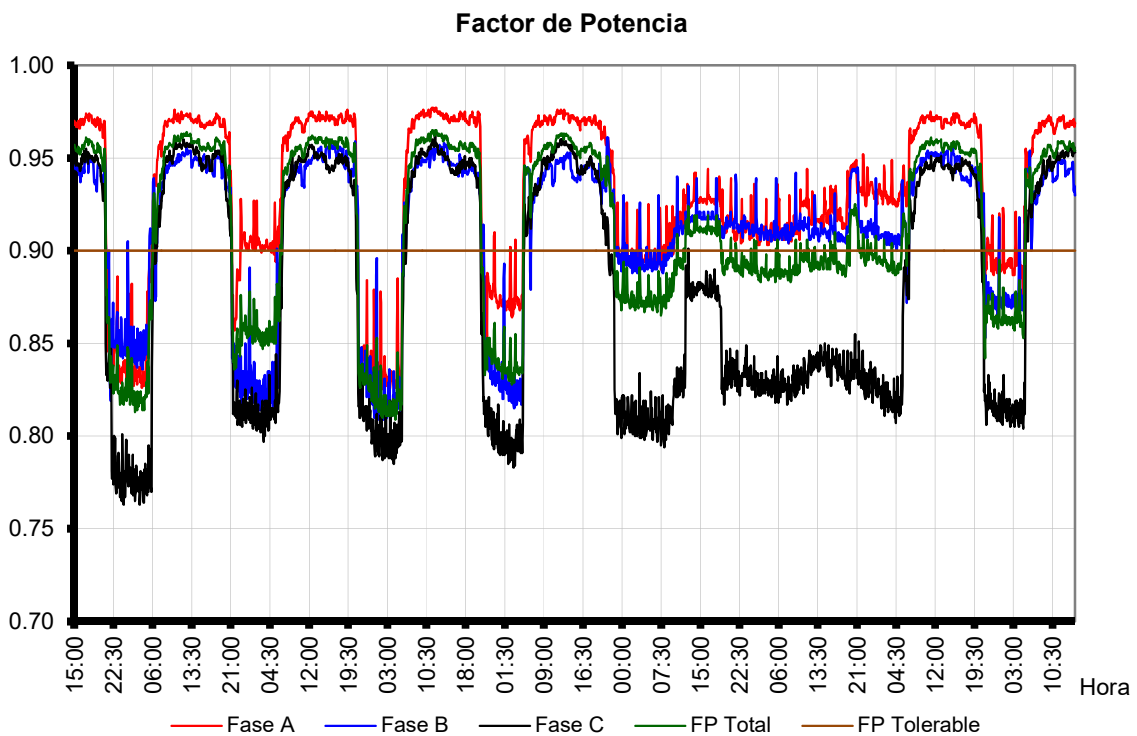
FACTOR DE POTENCIA				
FASE	A	B	C	T
MÁXIMO	0.98	0.96	0.96	0.97
MÍNIMO	0.83	0.81	0.76	0.81

El factor de potencia facturable se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula, tomando como datos el consumo durante el lapso monitoreado:

$$f.p. = \frac{kWh}{\sqrt{(kWh)^2 + (kVARh)^2}}$$

$$f.p. = \frac{3100.33}{\sqrt{(3100.33)^2 + (3983.45)^2}} = 0.61$$

Un factor de potencia de 0.61 indica un desperdicio de energía por parte del usuario. Este parámetro se encuentra por debajo del mínimo establecido por el Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, lo cual genera una penalización monetaria en la factura por parte de la compañía suministradora. Para calcular la penalización real, es necesario obtener el factor de potencia total del edificio, ya que éste f.p. es generado únicamente por algunas cargas de la hemeroteca y puede verse compensado con las cargas restantes instaladas. La gráfica 10 dejar ver más detalladamente el comportamiento del factor de potencia en el TDB.



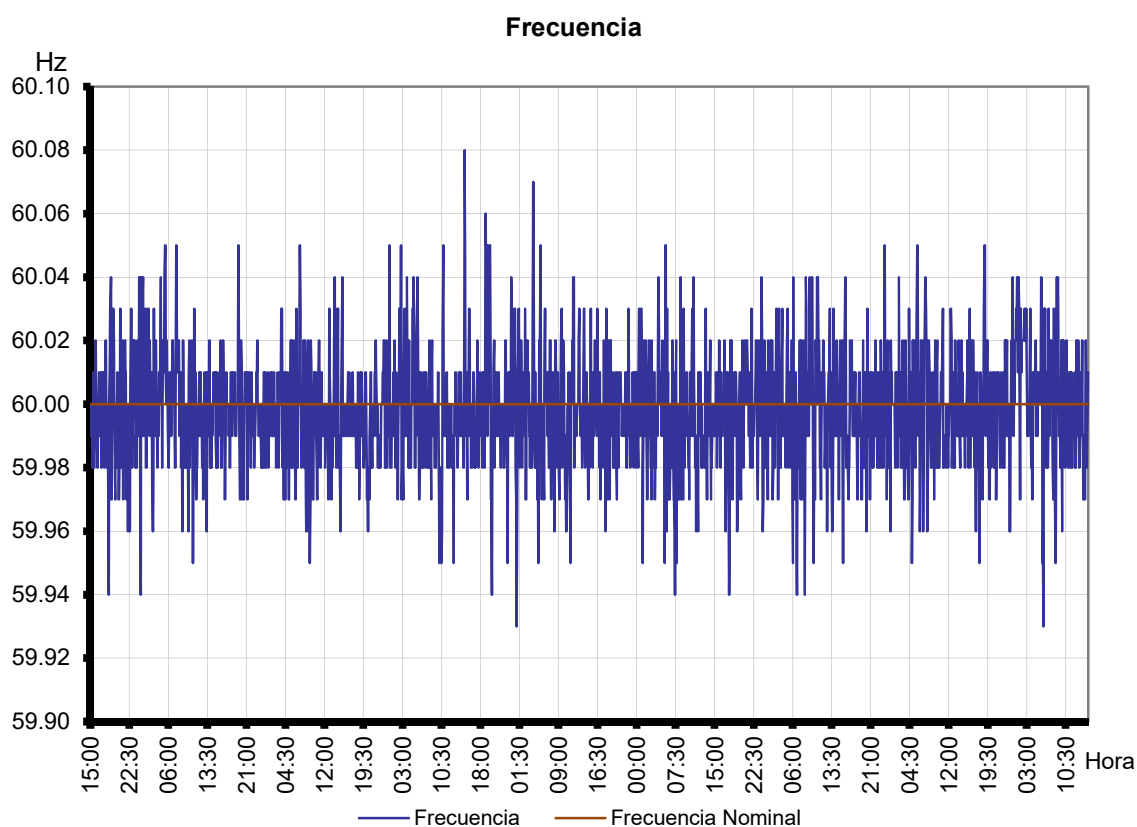
Gráfica 10. Factor de Potencia en el TDB.

4.9 Variación de frecuencia

La frecuencia se define como, el número de periodos completos realizados por una forma periódica, el cual se mide en Hertz (Hz) y éste a su vez equivale a un ciclo completo por segundo. De acuerdo al *Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica*, en su capítulo V, artículo 18, el suministrador tiene la obligación de “que la frecuencia sea de 60 Hertz, con una

tolerancia de 0.8 % en más o en menos". Es decir, debe haber un rango de variación máximo entre 59.52 y 60.48 Hertz.

En la gráfica 11, puede observarse que las variaciones que se presentaron, no afectaron, ni alcanzaron los límites permitidos (los valores más altos y bajos que se alcanzaron, fueron 59.93 y 60.08 respectivamente), por lo que se considera que el valor de la frecuencia cumple con lo estipulado en el reglamento.



Gráfica 11. Variación de frecuencia en el TDB.

CONCLUSIONES

En este último capítulo, se presentan las conclusiones a las que se llegaron después de la realización del levantamiento eléctrico a la Hemeroteca Nacional de México y del análisis de los datos recabados, con base en la normatividad utilizada en este trabajo de investigación.

- Durante el tiempo que se realizó el levantamiento eléctrico se observó que no hay personal capacitado en la dependencia para atender los problemas relacionados al sistema eléctrico.
- La subestación eléctrica necesita mantenimiento, dado que se encuentra llena de polvo y es empleada incorrectamente como almacén, además es importante colocar señalización de riesgo eléctrico para evitar accidentes con el personal.
- En la HNM se tienen 42 tableros derivados de los cuales el 26 % se energizan a través de zapatas principales, es decir, tienen una protección mal aplicada y al haber una falla eléctrica en el tablero, ésta se seguirá hasta el tablero que lo alimente corriendo el riesgo de desenergizar otras cargas conectadas al mismo circuito. El 45 % de los tableros tiene una protección mal dimensionada, ya sea de una capacidad menor (impidiendo que los conductores se usen a la ampacidad para la que fueron diseñados) o mayor (dejando desprotegidos a los conductores en caso de sobrecorrientes) a lo indicado por la NOM-001-SEDE-2012. Se recomienda instalar los interruptores adecuados, sobre todo aquellos que no protegen al conductor. En caso de no encontrar la capacidad que se recomienda puede elegirse de un valor inmediato superior.
- En cuanto a los conductores de tierra, el 69 % de los tableros no cuentan con éste hilo o no llega con los alimentadores por lo tanto ningún circuito dependiente de estos tableros se encuentra protegido contra una falla, el 14 % cuentan con este conductor pero no es del calibre adecuado. La ausencia de un conductor de tierra no permite que se establezca la tensión en condiciones normales de operación y no se disipan o drenan a tierra las corrientes de falla.
- En la evaluación física de los tableros se obtuvo que la mayoría están en mal estado, es decir, mal instalados, no están encinchados los conductores, están sucios o saturados. Es necesario dar mantenimiento a los tableros para evitar fallas dentro de los mismos. En algunos casos se observaron tableros marca Federal Pacific, haciendo referencia a que la

instalación ya es vieja por lo que es mejor hacer un remplazo completo de estos tableros en lugar de solo adaptarlos.

- El sistema de iluminación representa la carga más grande del recinto con 193.13 [kW] y está formado en su mayoría por lámparas T8 de 32 [W].
- En cuanto a normatividad para el sistema de iluminación, se obtuvo que el 62 % de los departamentos analizados no cumplen con los niveles de iluminación establecidos por la NOM-025-STPS-2008, esto se debe a la falta de mantenimiento de las luminarias ya que los difusores se encuentran sucios y algunas lámparas están por terminar su vida útil o se encuentran fundidas. En el área de acervos hay una mala distribución de las lámparas ya que los estantes obstaculizan el paso de la luz y crean sombras sobre los pasillos. Específicamente en esta área se recomienda un control de iluminación a través de sensores de presencia ya que al ser zonas poco concurridas puede mantenerse la iluminación apagada por largos periodos de tiempo, reduciendo también el tiempo de exposición a la luz del material resguardado para evitar un rápido deterioro de estos.
- En cuanto al DPEA, se obtuvo que el 48 % de las áreas revisadas no cumple con la NOM-007-ENER-2014, principalmente las oficinas y salas de lectura. En estas áreas predominan las luminarias T8 2x32 [W] por lo que se podrían remplazar por T5 2x28[W] o paneles de tecnología led, cuidando siempre que los niveles de iluminación no se vean afectados. Debido a que las lámparas fluorescentes y led no tienen las mismas características y no es posible hacer una sustitución uno a uno sin afectar la calidad de la iluminación, se necesita un proyecto en el cual se simulen los niveles de iluminación y se pueda calcular DPEA para que la dependencia pueda cumplir con la normatividad.
- También se encontró que en ciertas zonas no hay iluminación, como en las escaleras, lo cual se vuelve peligroso para los usuarios durante la noche.
- En la revisión de contactos se observó que varios de ellos se encuentran mal instalados, dejando sus terminales expuestas y propensas a un cortocircuito, poniendo en riesgo la seguridad del usuario. Otra anomalía común fue el uso de multicontactos, esto afecta directamente al sistema eléctrico ya que el balance de tableros, el calibre de los conductores y la capacidad de los interruptores fueron diseñados para una determinada carga.

- En el análisis de la calidad de la energía se encontró que hay un incremento en los valores de tensión y en la distorsión armónica de la tensión durante el tiempo de demanda base, por lo que se concluye que estos problemas provienen de lado de la fuente y no son debidos al usuario.
- La corriente en el neutro se debe al desbalance en las cargas conectadas al tablero y a la presencia del 3er armónico en el sistema, por lo que se sugiere hacer un balance de cargas para evitar calentamiento en alguno de los conductores de fase e instalar un filtro activo para contrarrestar los armónicos que se están inyectando a la red.
- También se presentó un factor de potencia bajo para en el tablero TDB, indicando que las cargas conectadas a este tablero están desperdiciando la energía proporcionada por la compañía suministradora.
- Aproximadamente el 85 % de la instalación no cumple con la normatividad, la instalación eléctrica que se diseñó en la construcción de la Hemeroteca Nacional de México ha quedado sobrepasada por las nuevas cargas. Por lo tanto, se recomendaría un proyecto de reestructuración, que abarque principalmente las partes más críticas de la instalación, documentadas en esta investigación.

REFERENCIAS

- Bratu N. y Campero E. (1995), *Instalaciones Eléctricas Conceptos Básicos y Diseño*. México: Alfaomega.
- Disposiciones en materia de instalaciones eléctricas.
- Dugan R., McGranaghan M., Santoso S. & Beaty H. (2012). *Electrical Power Systems Quality*. McGraw-Hill Education, 3rd ed. Pag. 6.
- Enríquez, H. (2004). *El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión*. México: Limusa.
- Enríquez, H. (2005). *Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión*. México: Limusa.
- Especificación CFE L0000-45 Desviaciones Permisibles en las Formas de Onda de Tensión y Corriente en el Suministro y Consumo de Energía Eléctrica.
- ISO 11799 Information and documentation — Document storage requirements for archive and library materials.
- NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones Eléctricas (Utilización).
- NOM-007-ENER-2014 Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.
- NOM-022-STPS-2008 Electricidad estática en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad.
- NOM-025-STPS-2008 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.
- NOM-029-STPS-2011 Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad.
- Reglamento de la Ley del servicio público de energía eléctrica.
- Schlabach J., Blume D. & Stephanblome (2001), *Voltage Quality in Electrical Power Systems*. The Institution of Electrical Engineers.
- Std IEEE 1159-2009 Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality.
- Viqueira J. *Redes eléctricas 1*. México: Facultad de Ingeniería, UNAM.

ANEXO A. EQUIPO UTILIZADO

TRAZADOR DE CORRIENTE



Marca: AMPROBE

Modelo: T100

Para uso con cables energizados de 9V hasta 300V_{AC/DC}

General Specifications	
Specifications	Details
Operating Frequency	6.25 kHz
Operating Temperature	0°F - 120°F
Storage Temperature	-40°F - 150°F
T100 Transmitter	
Fuse	250V 1/4 amp, Normal 3 AG
Case	Flame resistant ABS Plastic
Operating Voltage	9 to 300 Volts AC/DC
Operating Frequency	6250 Hertz (6.25kHz)
Line Frequency Range	DC to 5 Hertz (5 kHz)
Maximum Load	200ma Peak at 10 Volts
Duty Cycle	Transmits every .164 seconds for .836 Seconds
P100 Probe	
Power	9 Volt Alkaline Battery
Battery Life	100 hours (with normal use)
Case	Flame resistant ABS Plastic
Gain Settings on Probe	
Range Switch	Relative gain
Wires	x1
Circuit Breakers	x2
Scan	x25

MEDIDOR DE INTENSIDAD DE LUZ – LUXÓMETRO



Marca: AEMC

Modelo: CA811

Catálogo 2121.20

Descripción: Portátil, con sensor foto-óptico CIE especialmente diseñado para coincidir con la respuesta del ojo humano, con función de retención y corrección de coseno dando como resultado el instrumento ideal para análisis y planeación de luminosidad.

Especificaciones:

1. Rangos Medición: 20/200/2,000/20,000 fc, 20/200/2,000/20,000 Lux.
2. Resolución: 0.01 fc o 0.01 lux.
3. Tipo Sensor: Fotodiodo de Silicio, con corrección de coseno(Removible para lectura remota).
4. Respuesta Espectral: Curva Prototipo CIE.
5. Precisión: fuente de luz 2856 K: $\pm 5\%$ de lectura, ± 10 cts. Fuente de luz común: $\pm 18\%$ de Lectura, ± 2 cts.
6. Rango Muestreo: 2.5 veces por segundo, nominal.
7. Pantalla LCD de 3 ½ dígitos, 2000 cuentas.
8. Temperatura de funcionamiento: 0 a 50 °C (32 a 122 °F) <80% de humedad relativa.
9. Temperatura de almacenamiento: -20 a 60 °C (-4 a 140 °F) humedad relativa de a 80% sin batería.
10. Polaridad: automática.
11. Fuente de alimentación: una batería alcalina de 9V.
12. Indicador Batería Baja: Incluido.
13. Dimensiones: 173 x 60 x 38 mm (6,81 x 2,38 x 1,5 pulg).
14. Peso unitario aproximado: 214 gramos (7,55 oz), incluyendo batería.
15. Valor Máximo Cresta: Por botón, cada 50 milisegundos.
16. Cubierta Protectora: Es un Protector instalado Alrededor del Equipo.

ANALIZADOR/REGISTRADOR DE REDES ELÉCTRICAS TRIFÁSICO



Marca: HT Italia
Modelo: Vega 78

Funciones:

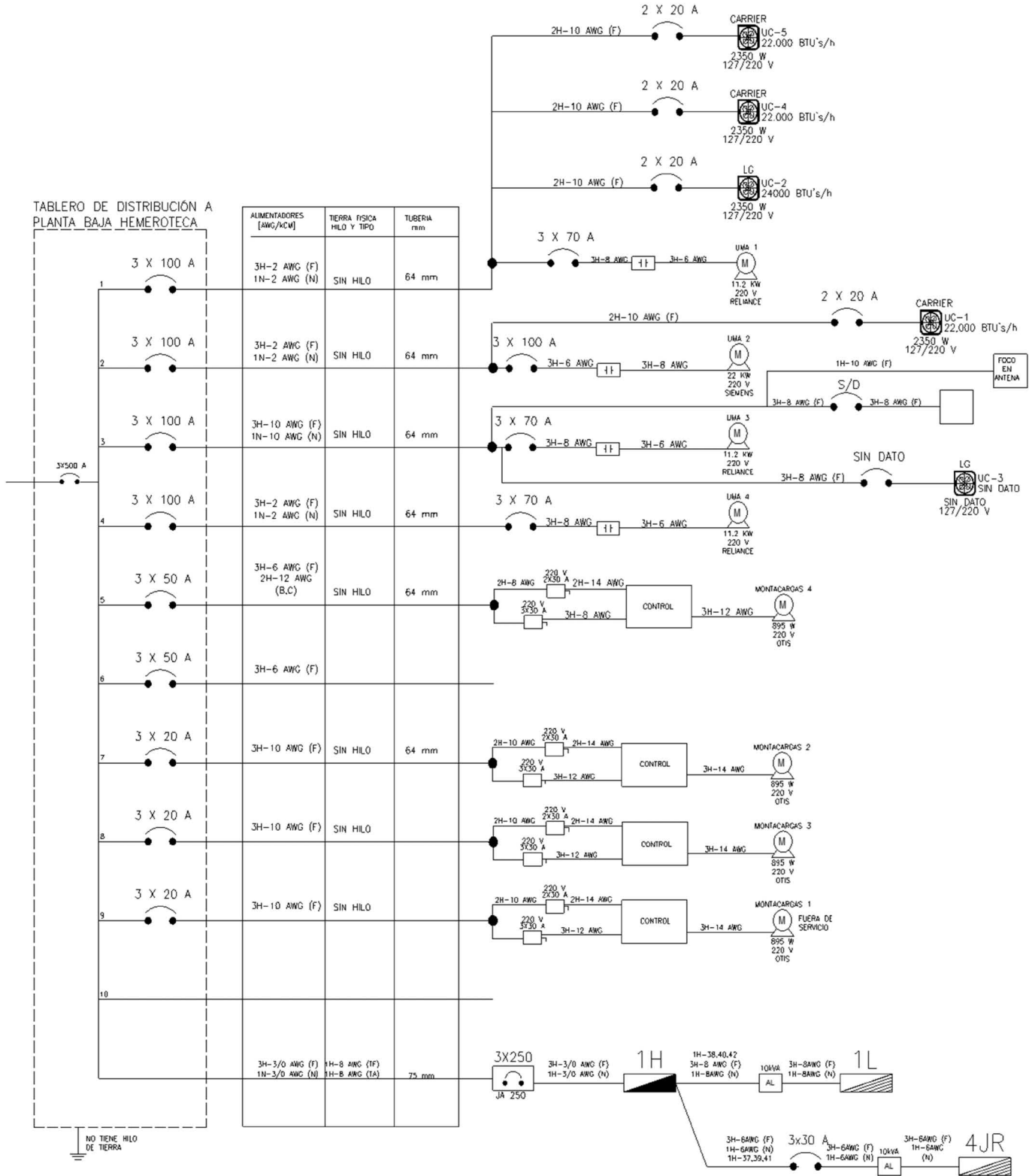
1. Tensión CA en sistemas Monofásico/Trifásico.
2. Corriente CA/CC en sistemas Monofásico/Trifásico.

3. Cosphi, Factor de Potencia.
4. Asimetría tensiones (NEG%, ZERO%).
5. Potencia/Energía Activa, Reactiva, Aparente y potencia CC.
6. Armónicos de tensión y corriente hasta el 49º con THD%.
7. Anomalías de tensión (huecos, picos) con resolución 10ms (@ 50Hz).
8. Sentido cíclico de las fases.
9. Tensión Neutro-Tierra.
10. Corriente de Neutro.
11. Registro con periodo de integración seleccionable 1s-60m.

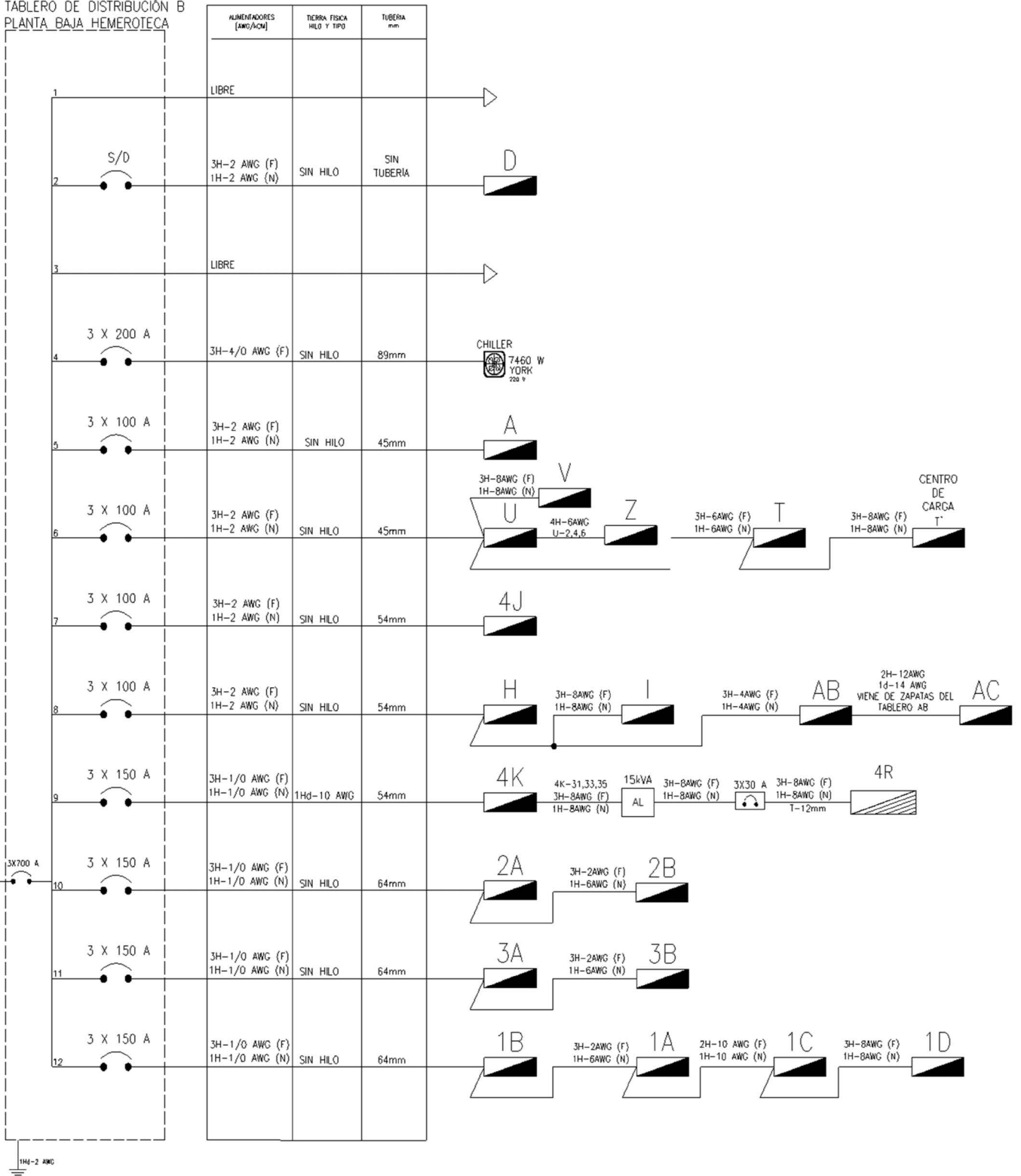
Normativas:

1. EMC 2004/108/CE Directive
2. LVD 2006/95/CE Directive
3. IEC/EN 61010-1
4. EMC: IEC/EN61326
5. MARCAJE CE
6. IEC/EN61000-4-30 Class B

ANEXO B. DIAGRAMA UNIFILAR



TABLERO DE DISTRIBUCIÓN B
PLANTA BAJA HEMEROTECA



ANEXO C. TABLAS DE LA NOM-001-SEDE-2012

Tabla 310-15(b)(16).- Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C*.

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la tabla 310-104(a)]					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm ²	AWG o kcmil	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHWLS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW- 2, ZW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW, XHHW, USE	TIPOS SA, SIS, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
0.824	18**	—	—	14	—	—	—
1.31	16**	—	—	18	—	—	—
2.08	14**	15	20	25	—	—	—
3.31	12**	20	25	30	—	—	—
5.26	10**	30	35	40	—	—	—
8.37	8	40	50	55	—	—	-
13.30	6	55	65	75	40	50	55
21.20	4	70	85	95	55	65	75
26.70	3	85	100	110	65	75	85
33.60	2	95	115	130	75	90	100
42.40	1	110	130	150	85	100	115
53.49	1/0	125	150	170	100	120	135
67.43	2/0	145	175	195	115	135	150
85.01	3/0	165	200	225	130	155	175
107.20	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	195	230	260
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	350	420	475	285	340	385
355	700	385	460	520	315	375	425

380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	445
456	900	435	520	585	355	425	480
507	1000	455	545	615	375	445	500
633	1250	495	590	665	405	485	545
760	1500	525	625	705	435	520	585
887	1750	545	650	735	455	545	615
1013	2000	555	665	750	470	560	630

* Véase 310-15(b) (2) para los factores de corrección de la ampacidad cuando la temperatura ambiente es diferente a 30 °C.

** Véase 240-4(d) para limitaciones de protección contra sobrecorriente del conductor.

Tabla 250-122.- Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc., sin exceder de: (amperes)	Tamaño			
	Cobre		Cable de aluminio o aluminio con cobre	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2.08	14	—	—
20	3.31	12	—	—
60	5.26	10	—	—
100	8.37	8	—	—
200	13.30	6	21.20	4
300	21.20	4	33.60	2
400	33.60	2	42.40	1
500	33.60	2	53.50	1/0
600	42.40	1	67.40	2/0
800	53.50	1/0	85.00	3/0
1000	67.40	2/0	107	4/0
1200	85.00	3/0	127	250
1600	107	4/0	177	350
2000	127	250	203	400
2500	177	350	304	600
3000	203	400	304	600

4000	253	500	380	750
5000	355	700	608	1200
6000	405	800	608	1200

Para cumplir con lo establecido en 250-4(a) (5) o (b) (4), el conductor de puesta a tierra de equipos podría ser de mayor tamaño que lo especificado en esta Tabla.

* Véase 250-120 para restricciones de instalación.

ANEXO D. NIVELES DE ILUMINACIÓN

Tabla 7. Niveles de Iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo. NOM-025-STPS-2008.

Niveles de Iluminación		
Tarea Visual del Puesto de Trabajo	Área de Trabajo	Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750

instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.		
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: <ul style="list-style-type: none"> • de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; • exactas y muy prolongadas, y • muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño. 	2000

Disposiciones en Materia de Instalaciones Eléctricas. Artículo 2.4.2. Niveles de iluminación.

Local	Luxes
Aulas.	400
Oficinas.	300
Bibliotecas (Salas de lectura).	400
Laboratorios.	500
Salas de juntas.	300
Salas de cómputo.	300
Salas de dibujo.*	500
Salas de espera	300
Sanitarios.	150
Pasillos interiores.	100
Pasillos exteriores a cubierto.	100
Andadores peatonales y ciclo vías.	50
Cubículos.	300
Escaleras interiores.	100
Pasos a cubierto.	100
Subestaciones.	300
Plantas de Emergencia, UPS.	300
Auditorios.	300
Salas de Videoconferencias.	800
Patios y estacionamientos exteriores.	20
* Dibujo asistido por computadora, ir a sala de cómputo	

ANEXO E. DENSIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA PARA ALUMBRADO

Tabla 1. Densidades de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA). NOM-007-ENER-2014

Tipo de espacio específico	DPEA (W/m ²)
Oficinas	
Oficinas	12
Escuelas y demás centros docentes	
Escuelas o instituciones educativas	14
Bibliotecas	15
Establecimientos comerciales	
Tiendas de autoservicio, departamentales y de especialidades	15
Hospitales	
Hospitales, sanatorios y clínicas	14
Hoteles	
Hoteles	12
Moteles	14
Restaurantes	
Bares	14
Cafeterías y venta de comida rápida	15
Restaurantes	14
Bodegas	
Bodegas o áreas de almacenamiento	10
Recreación y Cultura	
Salas de cine	12
Teatros	15
Centros de convenciones	15
Gimnasios y centros deportivos	14
Museos	14
Templos	14
Talleres de servicios	
Talleres de servicio para automóviles	11
Talleres	15
Carga y pasaje	
Centrales y terminales de transporte de carga	10
Centrales y terminales de transporte de pasajeros, aéreas y terrestres	13

Aunado a la tabla anterior dentro de la norma NOM-007-ENER-2014 (Anexo C), se encuentra esta otra tabla, la cual tiene como fin, orientar acerca de los desgloses de las áreas en diferentes tipos de edificaciones, por lo que se tomó en cuenta para el análisis.

Tabla C.1. Valores de DPEA para diferentes espacios pertenecientes a diferentes tipos de edificios. NOM-007-ENER-2014

Tipo de espacio específico	DPEA (W/m2)
Almacén médico (hospital)	13.67
Área de casilleros	8.07
Área de equipaje Centrales / aeropuertos	8.18
Área de lectura (biblioteca)	10.01
Área de exhibición (centro de convenciones)	15.61
Áreas de ventas	18.08
Asientos auditorio	8.50
Asientos centro de convenciones	8.83
Asientos estadios	4.63
Asientos templos	16.47
Aulas	13.35
Bancos	14.85
Bar	14.10
Bodegas	6.78
Bodegas para material frágil	10.23
Cafetería (hospital)	11.52
Catálogo de biblioteca	7.75
Celdas de centros de readaptación (penales)	11.84
Consultorios	17.87
Enfermería (hospital)	9.47
Escaleras	7.43
Estacionamiento	2.05
Estantes de biblioteca	18.41
Farmacia (hospital)	12.27
Gimnasio	12.92
Habitaciones de hospital	6.67
Habitaciones de hotel	11.95
Juzgado	12.59
Laboratorio escolar	13.78
Laboratorio médico, industrial, investigación	19.48
Lavandería (hospital)	6.46
Manufactura detallada industria	13.89
Oficina abierta	10.55
Oficina cerrada	11.95
Oficina postal	10.12
Pasillo central (templos)	6.89
Pasillos	7.10

Pasillos fábricas / industria	4.41
Pasillos hospital	9.58
Preparación de comida	10.66
Probadores de tiendas	9.36
Pulpito, coro (templos)	16.47
Radiología e imagen (hospital)	14.21
Recuperación (hospital)	12.38
Restauración (museos)	10.98
Restaurante	9.58
Restaurante de hotel	8.83
Salas de cine sección de asientos	12.27
Salas de exhibición (museos)	11.30
Salas de juntas	13.24
Salas de lectura	13.35
Teatro sección de vestidores (camerinos)	4.31
Tiendas de autoservicio	11.84
Salas de usos múltiples	13.24
Salas de capacitación	13.35
Sanitarios	10.55
Talleres	17.11
Talleres de servicio automotriz	7.21
Teatro sección de asientos	26.16
Terapia física (hospital)	9.80
Terminal centrales / aeropuertos	11.63
Urgencias (hospital)	24.33
Vestíbulo	9.69
Vestíbulo de cine	5.60
Vestíbulo de elevador	6.89
Vestíbulo de hotel	11.41
Vestíbulo de teatro	21.53

ANEXO F. FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS

Table 2 —Categories and typical characteristics of power system electromagnetic phenomena. IEEE 1159-2009

Categories	Typical spectral content	Typical duration	Typical voltage magnitude
1.0 Transients			
1.1 Impulsive			
1.1.1 Nanosecond	5 ns rise	< 50 ns	
1.1.2 Microsecond	1 μ s rise	50 ns – 1 ms	
1.1.3 Millisecond	0.1 ms rise	> 1 ms	
1.2 Oscillatory			
1.2.1 Low frequency	< 5 kHz	0.3–50 ms	0–4 pu ^a
1.2.2 Medium frequency	5–500 kHz	20 μ s	0–8 pu
1.2.3 High frequency	0.5–5 MHz	5 μ s	0–4 pu
2.0 Short-duration root-mean-square (rms) variations			
2.1 Instantaneous			
2.1.1 Sag		0.5–30 cycles	0.1–0.9 pu
2.1.2 Swell		0.5–30 cycles	1.1–1.8 pu
2.2 Momentary			
2.2.1 Interruption		0.5 cycles – 3 s	< 0.1 pu
2.2.2 Sag		30 cycles – 3 s	0.1–0.9 pu
2.2.3 Swell		30 cycles – 3 s	1.1–1.4 pu
2.3 Temporary			
2.3.1 Interruption		>3 s – 1 min	< 0.1 pu
2.3.2 Sag		>3 s – 1 min	0.1–0.9 pu
2.3.3 Swell		>3 s – 1 min	1.1–1.2 pu
3.0 Long duration rms variations			
3.1 Interruption, sustained		> 1 min	0.0 pu
3.2 Undervoltages		> 1 min	0.8–0.9 pu
3.3 Overvoltages		> 1 min	1.1–1.2 pu
3.4 Current overload		> 1 min	
4.0 Imbalance			
4.1 Voltage		steady state	0.5–2%
4.2 Current		steady state	1.0–30%
5.0 Waveform distortion			
5.1 DC offset		steady state	0–0.1%
5.2 Harmonics	0–9 kHz	steady state	0–20%
5.3 Interharmonics	0–9 kHz	steady state	0–2%
5.4 Notching		steady state	
5.5 Noise	broadband	steady state	0–1%
6.0 Voltage fluctuations	< 25 Hz	intermittent	0.1–7% 0.2–2 Pst ^b
7.0 Power frequency variations		< 10 s	\pm 0.10 Hz

NOTE—These terms and categories apply to power quality measurements and are not to be confused with similar terms defined in IEEE Std 1366™-2003 [B27] and other reliability-related standards, recommended practices, and guides

^a The quantity pu refers to per unit, which is dimensionless. The quantity 1.0 pu corresponds to 100%. The nominal condition is often considered to be 1.0 pu. In this table, the nominal peak value is used as the base for transients and the nominal rms value is used as the base for rms variations.

^b Flicker severity index Pst as defined in IEC 61000-4-15:2003 [B15] and IEEE Std 1453™-2004 [B28].