

**CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA
ACORDE CON LAS NORMAS IEC, NTC 2050 Y NEC 2017**

**ALEXANDER VALENZUELA SANTOS
FEISAL ANTONIO BAYONA SOLANO**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRONICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2017**

**CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA
ACORDE CON LAS NORMAS IEC, NTC 2050 Y NEC 2017**

**ALEXANDER VALENZUELA SANTOS
FEISAL ANTONIO BAYONA SOLANO**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIEROS
ELECTRICISTAS**

**Director
OSCAR ARNULFO QUIROGA QUIROGA
Ingeniero Electricista, Ph.D**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRONICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2017**

A mis padres Marco Antonio Bayona y Nubia Consuelo Solano, por su paciencia, apoyo y motivación en esta etapa de mi vida, sin ellos no hubiera sido posible este logro.

A mi familia y más aun a mis hermanos que fueron fuente de buena energía.

A mis amigos y compañeros universitarios que me hicieron crecer como persona, disfrutar el día a día y disfrutar de grandes experiencias.

A mi compañero de trabajo de grado Alexander Valenzuela Santos y sus hermanas.

A los de “el garaje” que fueron faros en la oscuridad para seguir adelante, motivo de superación y fuerza en los momentos de debilidad, de todo corazón muchas gracias.

A todas las vivencias, pecados y golpes.
¡Aplacad vuestros pecados!

Feisal Antonio Bayona Solano

A mis padres Ana María y José Ignacio, por ser un ejemplo, por su apoyo incondicional y ser el motor que impulsa mi vida.

A mis hermanos Martha, Oscar, Carolina, Angy y en especial a la doctora Diana por motivarme y ser un ejemplo.

A los demás miembros de mi familia, por creer en mí y estar presente en cada paso.

A mi amigo y compañero de trabajo de grado Feisal Antonio Bayona, por el empeño y la buena energía ante cualquier situación.

A todos mis amigos, por los buenos momentos y bromas y hacer todo más agradable.

Al profesor Oscar Arnulfo, por toda la colaboración brindada.

Por ultimo a todo aquel que de una u otra manera me aportaron algo en este proceso de aprendizaje.

Alexander Valenzuela Santos

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	17
1. INFLUENCIA DE LAS CARGAS EN EL DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	19
1.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO	21
1.2 GLOSARIO.....	22
2. DETERMINACIÓN DE LA CARGA INSTALADA	26
2.1 CARGA INSTALADA SEGÚN LA NORMA NTC-2050	26
2.1.1 Tipificación de la carga instalada en instalaciones eléctricas residenciales.....	26
2.1.2 Tipificación de la carga instalada en instalaciones eléctricas comerciales e industriales.	27
2.2 CARGA INSTALADA SEGÚN LA NFPA 70 (NEC 2017)	32
2.2.1 Carga instalada para instalaciones eléctricas residenciales.....	32
2.2.3 Carga instalada para instalaciones eléctricas comerciales e industriales.....	33
2.3 CARGA INSTALADA SEGÚN LA IEC.....	34
2.3.1 Carga instalada para instalaciones eléctricas residenciales.....	35
2.3.2 Carga instalada para instalaciones eléctricas comerciales.....	36
2.3.3 Carga instalada para instalaciones eléctricas industriales.....	37
3. CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA.....	38
3.1 CALCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA SEGÚN LA NTC 2050	38
3.1.1 Factores de demanda para instalaciones residenciales	38
3.1.2 Cálculos opcionales para viviendas	41
3.1.3 Factores de demanda para instalaciones comerciales e industriales.	45
3.2 CALCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA SEGÚN LA NFPA 70 (NEC 2017)	49
3.2.1 Factores de demanda para instalaciones residenciales	49
3.2.2 Factores de demanda para instalaciones comerciales e industriales.	51
3.3 CALCULO DE LA DEMANDA SEGÚN LA IEC	53

4. COMPARATIVO SOBRE EL USO Y PERTINENCIA DE CADA NORMA PARA EL CÁLCULO DE LA DEMANDA MAXIMA.....	58
4.1 COMPARATIVO PARA EL CALCULO DE DEMANDA MAXIMA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y MULTIFAMILIARES SEGÚN NORMAS IEC, NTC-2050 Y NFPA 70 (NEC 2017).....	58
4.2 COMPARATIVO PARA EL CALCULO DE DEMANDA MAXIMA EN INSTALACIONES COMERCIALES E INDUSTRIALES SEGÚN NORMAS IEC, NTC-2050 Y NFPA 70 (NEC 2017).....	61
5. CONCLUSIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	67
ANEXOS.....	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Alcances de las normas	21
-----------	------------------------------	----

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Cargas de alumbrado general por tipo de ocupación.	28
Tabla 2.	Otras cargas de iluminación	29
Tabla 3.	Porcentaje aplicar en motores usados en corto tiempo, intermitente, periódico o variable.	30
Tabla 4.	Varios motores o un motor(es) y otra(s) carga(s)	30
Tabla 5.	Equipos de aire acondicionado y refrigeración	31
Tabla 6.	Cargas instalaciones en comerciales e industriales según la NFPA 70	33
Tabla 7.	Características eléctricas de los circuitos (1).....	35
Tabla 8.	Estimación de la potencia aparente instalada	37
Tabla 9.	Factores de demanda para alimentadores de cargas de alumbrado.....	39
Tabla 10.	Factores de demanda opcionales para viviendas	42
Tabla 11.	Cargas del método opcional	42
Tabla 12.	Cálculos opcionales de los factores de demanda de unidades de multifamiliares con tres o más viviendas.....	44
Tabla 13.	Factores de demanda para alimentadores de carga de alumbrado en instalaciones comerciales	45
Tabla 14.	Factores de demanda opcionales para instituciones de enseñanza	47
Tabla 15.	Método opcional para el cálculo de los factores de demanda de los conductores del alimentador y acometida de restaurantes nuevos	48
Tabla 16.	Método para calcular las cargas en instalaciones agrícolas	48
Tabla 17.	Factores de demanda para instalaciones residenciales según el NEC 2017	50
Tabla 18.	Factores de demanda para secadoras eléctricas de ropa según el NEC 2107.....	50
Tabla 19.	Cálculos opcionales	51
Tabla 20.	Factores de demanda en instalaciones comerciales	52

Tabla 21. Métodos opcionales instalaciones comerciales	52
Tabla 22. Método opcional para el cálculo de los factores de demanda de los conductores del alimentador y acometida de restaurantes nuevos	53
Tabla 23. Factores de simultaneidad y utilización.....	54
Tabla 24. Factor de simultaneidad.....	55
Tabla 25. Factor de simultaneidad, según el número de viviendas	55
Tabla 26. Factores de simultaneidad en un bloque de apartamentos.....	56
Tabla 27. Factores de simultaneidad para número de circuitos Schneider.....	57
Tabla 28. Factores de simultaneidad para el número de circuitos Legrand	57
Tabla 29. Comparativo NTC 2050 y normas basadas en la IEC.....	59
Tabla 30. Potencia para viviendas unifamiliares según su norma.	61
Tabla 31. Potencia para viviendas multifamiliar según su norma.	61
Tabla 32. Cambio porcentual unifamiliar.....	61
Tabla 33. Cambio porcentual multifamiliar	61
Tabla 34. Demanda máxima para la instalación comercial.....	63
Tabla 35. Demanda máxima para la instalación industrial.....	63
Tabla 36. Cambio porcentual comercial.....	63
Tabla 37. Cambio porcentual industrial.....	64
Tabla 38. Potencia según área	70
Tabla 39. Cargas vivienda	70
Tabla 40. Potencias C.l.r y C.l.t.....	70
Tabla 41. Demanda máxima.....	71
Tabla 42. Carga del neutro	71
Tabla 43. Potencia de iluminación y tomacorrientes.....	72
Tabla 44. Cargas del apartamento.....	72
Tabla 45. Potencia total	72
Tabla 46. Circuito ramal áreas comunes y carga instalada	73
Tabla 47. Áreas edificio comercial	74
Tabla 48. Carga de alumbrado según tipo de ocupación comercial	74
Tabla 49. Cargas restaurante.	74

Tabla 50. Cargas Bar.....	75
Tabla 51. Cargas tipo motor	75
Tabla 52. Potencia total edificación comercial.	75
Tabla 53. Cargas instalación industrial	76
Tabla 54. Carga unitaria y potencia de iluminación y tomacorrientes	76
Tabla 55. Demanda máxima y carga del neutro	76
Tabla 56. Potencia unifamiliar según NFPA 70.....	77
Tabla 57. Potencia de vivienda multifamiliar según NFPA 70.....	78
Tabla 58. Potencia de la instalación comercial NFPA 70.....	78
Tabla 59. Potencia de la instalación industrial NFPA 70.....	79
Tabla 60. Potencia unifamiliar según IEC	80
Tabla 61. Circuitos ramales y carga instalada apartamento	81
Tabla 62. Circuitos ramales y carga instalada apartamento	81
Tabla 63. Demanda máxima.....	82
Tabla 64. Potencias de la instalación comercial restaurante IEC	82
Tabla 65. Potencias de la instalación comercial vitrinas IEC	83
Tabla 66. Potencias de la instalación comercial almacén abarrotes IEC	83
Tabla 67. Potencias de la instalación comercial de oficina IEC (Schneider).....	83
Tabla 68. Potencias de la instalación comercial de oficina IEC (reglamento electrotécnico de Madrid).....	83
Tabla 69. Potencias de la instalación comercial hotel IEC.....	84
Tabla 70. Potencias de la instalación comercial bar IEC	84
Tabla 71. Potencias de la instalación de motores y áreas comunes IEC.....	84
Tabla 72. Demanda máxima instalación comercial IEC.....	85
Tabla 73. Demanda máxima instalación industrial IEC.....	85

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A EJEMPLOS DEL CALCULO DE DEMANDA MAXIMA SEGÚN LA NTC- 2050.....	69
ANEXO B EJEMPLOS CÁLCULO DE LA DEMANDA SEGÚN LA NFPA 70 (NEC 2017).....	77
ANEXO C. EJEMPLOS DEL CÁLCULO DE LA DEMANDA SEGÚN LA IEC.....	80

RESUMEN

TÍTULO:

CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACORDE CON LAS NORMAS IEC, NTC 2050 Y NEC 2017*

AUTORES:

ALEXANDER VALENZUELA SANTOS, FEISAL ANTONIO BAYONA SOLANO**

PALABRAS CLAVE

Demanda máxima, carga instalada, alimentador, acometida, NTC-2050, NFPA 70 (NEC 2017), IEC, factores de simultaneidad.

DESCRIPCIÓN

Este trabajo tiene como objetivo documentar los métodos utilizados por las normas NTC-2050 (primera actualización), IEC y NEC 2017, para el cálculo de la demanda máxima teniendo en cuenta la carga instalada y el tipo de instalación. Se pretende que este trabajo contribuya con el estudio de la normatividad, facilite la apropiación de conceptos en la asignatura de instalaciones eléctricas que se imparte en el programa de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Industrial de Santander y sirva como aporte para el área de diseño.

La demanda máxima es uno de los insumos clave para el diseño de una instalación eléctrica, puesto que a partir de esta se dimensiona el tamaño del transformador, conductores, interruptores y demás elementos de la instalación eléctrica. Por tal es muy importante un cálculo adecuado de la demanda.

En el presente trabajo de grado se estudia el tópico del cálculo demanda máxima acorde con los criterios estipulados en las normas usadas por el RETIE como referente para las instalaciones de uso final: NTC-2050 e IEC 60364. Dado que la NTC-2050 esta derivada del NEC, también se analiza aquí su última versión (NEC- 2017) para indagar los cambios sufridos en 20 años (la NTC-2050 está tomada del NEC-1998).

Sobre el tópico analizado, se documentaron los métodos para la carga instalada, factores de demanda, factores de simultaneidad y factores de utilización dependiendo como la establece cada norma para el cálculo de demanda máxima. Mediante ejemplos sobre cada tipo de instalación se muestra la diferencia en la carga instalada y demanda máxima. De igual manera se resaltan las diferencias y similitudes evidenciadas entre las normas.

*Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga.

ABSTRACT

TITLE:

CALCULATION OF THE MAXIMUM DEMAND FOR AN ELECTRICAL INSTALLATION ACCORDING TO IEC, NTC 2050 AND NEC 2017 STANDARDS*

AUTHORS:

ALEXANDER VALENZUELA SANTOS, FEISAL ANTONIO BAYONA SOLANO**

KEY WORDS:

Maximum load, installed load, feeder, load, NTC-2050, NFPA 70 (NEC 2017), IEC, simultaneity factors.

DESCRIPTION:

This paper aims to document the methods used by NTC-2050 (first update), IEC and NEC 2017, for calculating the maximum demand taking into account the installed load and the type of installation. It is intended that this work contributes with the study of the normativity, facilitate the appropriation of concepts in the subject of electrical installations that is imparted in the Electrical Engineering program of the Industrial University of Santander and serve as contribution for the area of design.

The maximum demand is one of the key inputs for the design of an electrical installation, since it is dimensioned the size of the transformer, conductors, switches and other elements of the electrical installation. An adequate calculation of demand is therefore very important.

In the present work of degree, the topic of the calculation of maximum demand is studied according to the criteria stipulated in the standards used by RETIE as a reference for end-use facilities: NTC-2050 and IEC 60364. Since NTC-2050 is derived (NEC-2017) to investigate changes in 20 years (the NEC-2050 is taken from the NEC-1998).

On the topic analyzed, the methods for installed load, demand factors, simultaneity factors and utilization factors were documented, as determined by each standard for the calculation of maximum demand. Examples of each type of installation show the difference in installed load and maximum demand. The differences and similarities evidenced between the norms.

*Research work

** Faculty of Physical Mechanic Engineering. School of Electrical, Electronical and Telecommunications Engineering. Advisor: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga

INTRODUCCIÓN

La demanda máxima representa el máximo consumo energético instantáneo que podrá tener una instalación eléctrica. Con este cálculo se determina el tamaño del transformador y el calibre de las acometidas. Cada país cuenta con un manual, norma o recomendaciones donde se indica como estimar la demanda máxima de una instalación. En el caso de Colombia existe la Norma Técnica Colombiana (NTC 2050), la cual está basada en el National Electrical Code (NEC o NFPA 70) de 1998. Esta norma es una herramienta fundamental para el sector eléctrico colombiano ya que establece los métodos y criterios que se deben aplicar para el diseño y montaje de una instalación eléctrica. De igual manera en Colombia se podría aplicar la norma europea IEC 60364 como lo especifica el RETIE en uno de sus apartados, pero no la mezcla de las dos normas (IEC y NTC 2050). Después del año de 1998 el NEC se ha venido actualizando periódicamente siendo la de 2017 su última versión vigente, sin embargo, dichas actualizaciones no se han aplicado a la NTC 2050.

La caracterización de la carga es de vital importancia para la determinación de los implementos a usar en el sistema de la instalación eléctrica como es el caso de transformadores, equipos de protección, cables entre otros. Las características de las cargas manifiestan el comportamiento de los usuarios frente a la instalación eléctrica y por ende se establece la demanda durante el periodo de carga. Lo primero que se debe saber para caracterizar la carga es tener conocimiento de la carga instalada siendo esta la suma de todas las potencias nominales continuas de los aparatos de consumo conectados al sistema o parte de él, generalmente se expresan en potencia aparente. Se dispone a determinar la carga máxima o demanda máxima la cual corresponde a la carga mayor que se presenta en un periodo de trabajo previamente establecido en el sistema. Se tomaron las normas NTC 2050, IEC y NEC 2017 para calcular la demanda máxima, se identificaron

para cada norma los métodos para el cálculo de la carga instalada, factores de demanda y factores e simultaneidad, estos cálculos se realizarán respecto a instalaciones residenciales, comerciales e industriales.

En este documento se realiza una revisión de las normas citadas para la carga instalada y demanda máxima de una instalación de uso final. Para evidenciar los métodos utilizados por cada norma se realizaron ejemplos, en viviendas unifamiliar se tomó un barrio de 20 viviendas con cargas cotidianas, en residenciales multifamiliares un edificio de 7 pisos que dispone de 21 apartamentos, áreas comunes y carga tipo motor, la instalación comercial se tomó un complejo de siete pisos, seis de los cuales tienen diferentes servicios comerciales y un piso para garajes, zonas comunes y en instalaciones industriales se calculara la demanda máxima de un complejo con varios motores y cargas diversas de este sector, al terminar el cálculo de la demanda máxima se hará un comparativo donde se mostrara las similitudes y diferencias entre las normas citadas de igual manera de determinará cual da una mayor y menor demanda máxima, este estudio puede darnos a entender varias formas de calcular la respectiva demanda máxima y enfocarnos a nuevos proyectos para el mejoramiento del cálculo de dimensionamiento eléctrico en los diferentes sectores.

1. INFLUENCIA DE LAS CARGAS EN EL DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

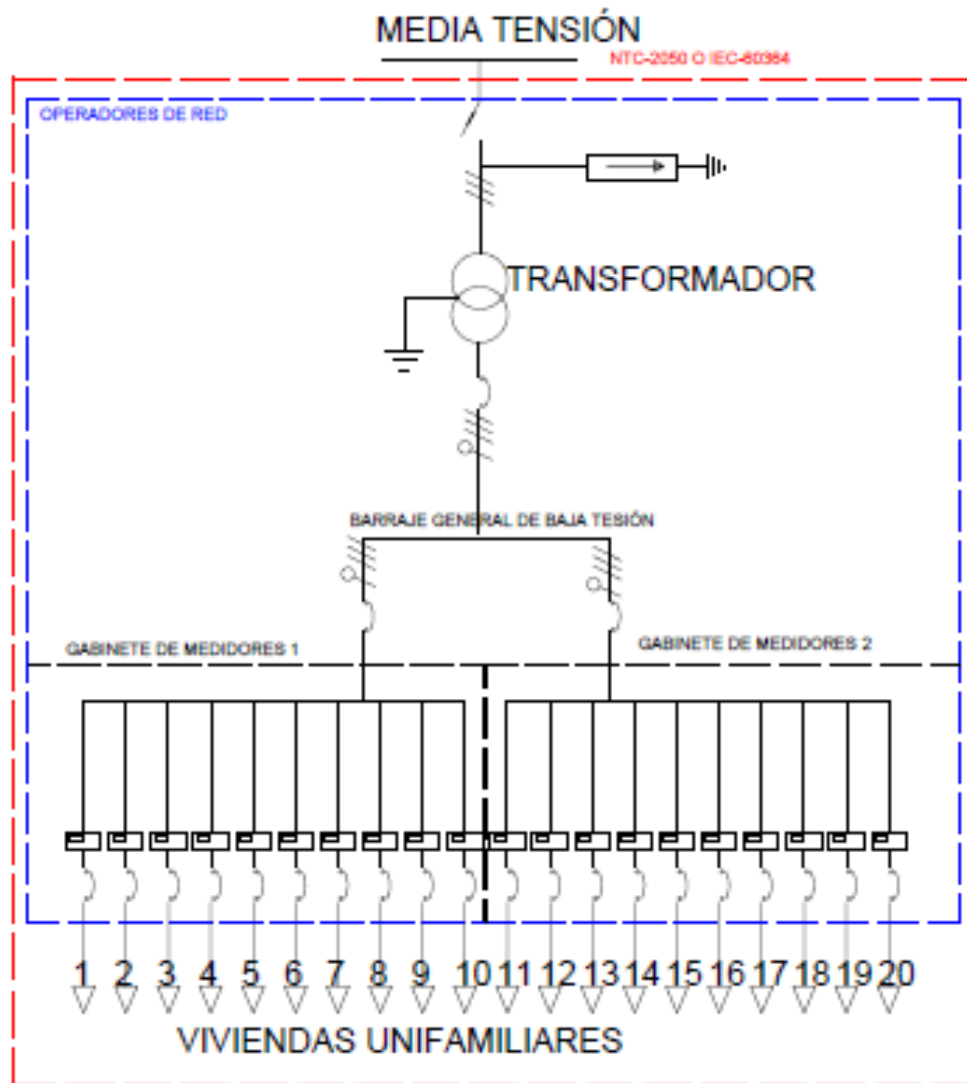
Las cargas son las partes de la instalación eléctrica que representan el mayor consumo energético, por lo general los tipos de carga utilizados en las instalaciones eléctricas de uso final son de tipo resistivo o inductivo. Dependiendo del tipo de carga y el tamaño de esta se elige el sistema que la suplirá. Por lo general las cargas en una instalación eléctrica no funcionan todas al mismo tiempo por tal motivo se debe realizar un estudio de cargas para determinar cuál sería el máximo consumo que podría llegar a tener este conjunto de cargas o la demanda máxima. Para esto se necesita información tanto de cargas como de los usuarios o utilidad de dichas cargas. Las cargas en instalaciones industriales y comerciales por lo general son de mayor tamaño que las usadas en instalaciones residenciales. Cada país o ente ya cuentan con sus estudios de carga de acuerdo al tipo de instalaciones, ubicación geográfica, aspectos socioeconómicos y entre otros, para determinar el máximo consumo energético.

Cuando se dimensiona una instalación eléctrica residencial, comercial e industrial, se parte del cocimiento de la carga que se desea alimentar, la cual se conoce como carga instalada. Para evitar que las instalaciones queden sobredimensionadas o subdimensionadas se deben conocer aspectos como: el modo de utilización de las cargas, las proyecciones de aumento de carga, su ubicación en la instalación, requisitos de carga mínima, entre otros. Conocidos dichos aspectos, se estima la demanda máxima de la instalación con la que se dimensionarán componentes claves de la misma como son las acometidas, protecciones, transformadores, etc. Estos parámetros necesarios y los métodos para el cálculo de la demanda máxima están considerados en las normas de diseño de instalaciones de uso final, siendo para Colombia la NTC-2050 el principal referente.

La versión de la NTC 2050 vigente está basada en el NEC (National Electrical Code o NFPA 70) versión 1998. El NEC se actualiza regularmente para incorporar avances en el diseño de instalaciones, siendo la última versión vigente la del año 2017. La IEC 60364 es otra norma que puede ser usada para el diseño de instalaciones eléctricas en Colombia acorde con el RETIE, teniendo presente que en el diseño de una instalación eléctrica no se deben mezclar los criterios de estas dos normas (IEC 60364 y NTC 2050).

En la figura 1 se muestran los alcances de cada norma, según lo que establece el RETIE; todo lo que está en el recuadro rojo de la figura 1 debe cumplir con la NTC-2050 o IEC-60364 pero con ninguna de las dos. La IEC 60364 hace referencia a la IEC 60439 la cual fue remplazada por la IEC 61439 y esta última establece que cada país, operador o fabricante debe realizar los estudios tanto para las cargas como para los factores de simultaneidad y utilización. Lo que está en el recuadro azul de la figura 1 pueden ser establecidos en el cálculo de la demanda máxima por los operadores de red ya que la NTC-2050 constituye esto y dispongan de unos factores con estudios previos para el cálculo de la demanda máxima de un grupo de viviendas (en el año 2000 se realizó un comparativo de demanda máxima entre la NTC-2050 y la norma del operador de red ESSA, en la Universidad Industrial de Santander).

Figura 1. Alcances de las normas



1.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Por lo anterior, se planteó como objetivo general del trabajo de grado, comparar los métodos establecidos en las normas IEC, NTC 2050 y NEC 2017 para el cálculo de la demanda en instalaciones eléctricas de uso final. Para el desarrollo de este objetivo se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Identificar los procedimientos para caracterizar las cargas, definidos por las normas IEC, NTC 2050 y NEC 2017.
- Establecer los métodos utilizados por cada norma para cálculo de demanda en instalaciones eléctricas residenciales.
- Establecer los métodos utilizados por cada norma para cálculo de demanda en instalaciones eléctricas comerciales.
- Establecer los métodos utilizados por cada norma para cálculo de demanda en instalaciones eléctricas industriales.
- Establecer los métodos utilizados por cada norma para el cálculo de demanda asociado a los servicios generales de una instalación eléctrica residencial.
- Identificar las diferencias, similitudes, ventajas y desventajas de los procedimientos recomendados por cada norma.

1.2 GLOSARIO

A continuación, se enunciarán algunos términos usados en el proyecto.

- **Carga instalada:** Es la suma de las potencias nominales de los equipos instalados, se expresa en corrientes (Ampere) o potencia (Volt-Ampere o Watt), este es un parámetro netamente técnico y corresponde a la capacidad que tiene un determinado usuario para consumir energía eléctrica.
- **Demanda máxima:** representa para un instante dado, la máxima coincidencia de cargas eléctricas operando al mismo tiempo, siendo un valor instantáneo en el tiempo.
- **Acometida:** parte de la instalación que consiste desde la derivación de la red local de energía eléctrica del distribuidor local, que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, llega hasta el registro de corte general.

- **Alimentador:** son aquellos conductores que van desde el equipo de acometida, la fuente de un sistema derivado independiente u otra fuente de suministro de energía eléctrica y el dispositivo de protección contra sobre-corriente del circuito ramal final.
- **Artefacto:** equipo de utilización, por lo general no es de uso industrial, que se fabrica normalmente o tipos normalizados y que se instala o conecta como una unidad para realizar una o más funciones.
- **Automático:** que actúa por sus propios mecanismos cuando se acciona por un medio sin intervención personal.
- **Avisos luminosos:** equipo de utilización autónomo fijo, estacionario o portátil, iluminado eléctricamente con letras o símbolos, diseñado para transmitir información o llamar la atención.
- **Capacidad de corriente:** corriente máxima (A) que puede transportar continuamente un conductor en condiciones de uso sin superar su temperatura nominal de servicio.
- **Carga continua:** carga cuya corriente máxima se prevé que circule durante tres horas o más.
- **Carga no lineal:** carga cuya onda de la corriente en estado estacionario no sigue la forma de onda de tensión aplicada.
- **Circuito ramal:** parte de la instalación que consiste en los conductores de un circuito entre el dispositivo final de protección contra sobre-corriente y las salidas o salida. Los de uso general alimentan diversas salidas para alumbrado y artefactos. Los especiales de conexión de artefactos eléctricos son aquellos que alimentan a una o más salidas a las que se pueden conectar los artefactos; esta clase de circuito no deben contener elementos de iluminación conectados permanentemente que no formen parte de un artefacto. Los individuales, son aquellos que alimentan un solo equipo de utilización.
- **Clavija, enchufe:** dispositivo para introducir o retirar manualmente de un tomacorriente, el cual posee contacto macho que entran en contacto con los contactos hembra del tomacorriente.

- **Corriente de selección del circuito ramal:** es el valor en amperios de la corriente, que se utiliza en lugar de la corriente a carga nominal para calcular las capacidades nominales de los conductores de los circuitos ramales para motores, medios de desconexión, controladores y dispositivos de protección contra cortocircuito y falla a tierra de los circuitos ramales, siempre que el dispositivo de protección en marcha contra sobrecargas permita una corriente sostenida superior al porcentaje especificado de corriente a la carga nominal. El valor de la corriente de selección del circuito ramal debe ser siempre igual o mayor que la corriente a carga nominal.
- **Cuadro de distribución:** un panel sencillo, bastidor o conjunto de paneles, de tamaño grande, en los que se montan, por delante o por detrás o por los dos lados, interruptores, dispositivos de protección contra sobre-corriente, elementos de conexión y usualmente instrumentos. Los cuadros de distribución son accesibles generalmente por delante y por detrás y no necesariamente están destinados para instalarse dentro de armarios.
- **Dispositivo:** elemento de un sistema eléctrico destinado para transportar energía, pero no para utilizarla.
- **Equipo:** termino general que incluye los materiales. Accesorios, dispositivos, artefactos, utensilios, herrajes y similares utilizados como parte de o en relación con una instalación eléctrica. Eléctrico utilitario (equipo de utilización) es el que utiliza la energía eléctrica con propósitos electrónicos, electromecánicos, químicos, de calefacción, de alumbrado o similares.
- **Factor de potencia:** es el coseno de la diferencia de ángulos de tensión y corriente, de igual manera es la relación entre la potencia activa (W) y la potencia aparente (VA), del mismo eléctrico o parte de este.
- **Iluminación de contorno:** conjunto de fuentes luminosas incandescentes o de descarga que delimitan o llaman la atención de determinadas características, como la forma de un edificio o la decoración de una vitrina.

- **Motocompresor con refrigerante hermético:** conjunto de motor y compresor encerrados ambos en la misma carcasa sin ejes o sellos de ejes al exterior y el motor funcionando en el refrigerante.
- **Panel de distribución:** un panel o grupo de paneles diseñados para ensamblarse en forma de un solo panel, que incluye elementos de conexión, dispositivos automáticos de protección contra sobre-corriente y puede estar equipado con interruptores para accionamiento de circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza; está diseñado para ser instalado en un armario o caja colocado en o sobre una pared o tabique y es accesible sólo por su frente.
- **Rotulado:** equipos o materiales a los que se ha unido un rótulo, símbolo u otra marca que identifique un organismo aceptado por la autoridad con jurisdicción y que se ocupa de la evaluación del producto manteniendo inspecciones periódicas de fabricación de equipos o materiales rotulados y mediante la cual el fabricante indica que cumple de manera específica con determinadas normas o funcionamiento.
- **Salida:** punto de la instalación del que se toma corriente para suministrarla a un equipo de utilización.
- **Tensión nominal:** valor nominal asignado a un circuito o sistema para asignar su nivel de tensión.
- **Tipificación de carga:** clasificación de cargas de acuerdo al tipo de instalación.

2. DETERMINACIÓN DE LA CARGA INSTALADA

La carga instalada hace referencia a los aparatos y salidas de alumbrado y fuerza que componen la instalación eléctrica. Esta carga instalada está en función del tipo de ocupación (vivienda, industria, comercio) y del área o extensión de la misma. En función del tipo de ocupación y su área, las normas establecen los requisitos mínimos de carga instalada. Se revisará entonces cuales requisitos establecen las normas NTC 2050, NFPA-70 e IEC.

2.1 CARGA INSTALADA SEGÚN LA NORMA NTC-2050

La NTC-2050 en la sección 220 establece las cargas de los circuitos ramales y salidas necesarias para conectar las diferentes cargas en una instalación eléctrica. Las cargas se clasifican en los siguientes tipos: alumbrado por tipo de ocupación, motores, salidas de portalámparas de servicio pesado, rieles de alumbrado, avisos eléctricos e iluminación de contorno, cargas de pequeños artefactos en unidades de vivienda y otras cargas.

2.1.1 Tipificación de la carga instalada en instalaciones eléctricas residenciales. La NTC-2050 clasifica las instalaciones eléctricas residenciales en unidades de vivienda unifamiliares, bifamiliares y multifamiliares. Para este tipo de instalaciones, la norma tipifica las cargas conectadas en las siguientes categorías:

- **Cargas de alumbrado general:** la carga de alumbrado general se deduce a partir de área calculada de las dimensiones externas de la instalación, no se tiene en cuenta porches abiertos, garajes ni espacios no utilizables en un futuro. La carga para alumbrado no debe ser menor a 32 VA/m², esto incluye los tomacorrientes de uso general.

La carga de 32 VA/m² mencionados incluye las salidas de iluminación general y tomacorrientes de uso general de 20 A.

- **Pequeños electrodomésticos:** La carga para pequeños electrodomésticos se debe calcular a 1500 VA por cada circuito ramal bifilar, del cual debe existir al menos uno.
- **Planchado y lavandería:** Se debe calcular no menos de 1500 VA por cada circuito ramal bifilar, del cual debe existir al menos uno para las cargas de lavandería y planchado.
- **Estufas eléctricas y otros artefactos de cocina:** para estufas eléctricas domésticas, hornos de pared, cocinas en mostradores y otros artefactos domésticos de cocina de capacidad superior a 1,75 kW se permite calcular con el factor de demanda y “cuando haya dos o más estufas monofásicas conectadas a un circuito tetrafilar, la carga total se debe calcular sobre la base del doble del número máximo conectado entre dos fases cualesquiera”.
- **Salidas tipo motor y aire acondicionado:** las cargas tipo motor se puede implementar como bombas para agua, ascensores, entradas de parqueaderos y más. En unidades de viviendas unifamiliares y bifamiliares es un tipo de carga poco común, pero si es usada en multifamiliares. para estos casos donde se proyecten cargas tipo motor y aire acondicionado ver el 2.1.2 (salida tipo motor).
- **Secadoras eléctricas de ropa:** La carga se deber calcular como la mayor de: 5000 W (VA) o la potencia nominal de la placa de características.
- **Otros artefactos específicos u otras cargas:** la carga se calcula a partir de los amperios nominales de la placa de características.

2.1.2 Tipificación de la carga instalada en instalaciones eléctricas comerciales e industriales. La norma no hace distinción entre las instalaciones comerciales e industriales. Las instalaciones eléctricas comerciales son las construidas en los lugares como centros comerciales, restaurantes, hoteles,

moteles, escuelas, hospitales entre otras. Las industriales son aquellas que se dedican a transformar un producto, en estos tipos de instalaciones las cargas más comunes son alumbrados, motores y aire acondicionado, por lo general, las instalaciones comerciales e industriales disponen de cargas de mayor consumo que las usadas en instalaciones residenciales.

- **Iluminación general:** la carga de alumbrado general para instalaciones comerciales e industriales se deduce igual manera que para instalaciones residenciales, con la diferencia que se aplican los VA/m² de la tabla 1 al tipo de ocupación. En habitaciones de hoteles y moteles, las salidas de tomacorriente de uso general de 20 A o menos, se debe considerar como salida de alumbrado general. Se debe incluir una carga adicional de 10 VA/m² en bancos y edificios de oficinas para salidas de tomacorriente de uso general cuando no se sepa el número real de estas.

Tabla 1. Cargas de alumbrado general por tipo de ocupación.

Tipo de ocupación	Carga unitaria (VA/m ²)
Cuarteles y auditorios	10
Bancos	38
Barberías y salones de belleza	32
Iglesias	10
Clubes	22
Juzgados	22
Garajes públicos (propriadamente dichos)	5
Hospitales	22
Hoteles y moteles, incluidos bloques de apartamentos sin cocina	22
Edificios industriales y comerciales	22
Casas de huéspedes	16
Edificios de oficinas	38
Restaurantes	22
Colegios	32
Tiendas	32
Depósitos	2.5
Lugares de reunión y auditorios	10
Recibidores, pasillos, armarios, escaleras	5
Lugares de almacenaje	2.5

Extraído de la tabla 220-3 b). Cargas de alumbrado general por tipo de ocupación página 62-63 NTC-2050.

- **Otras cargas de iluminación:** en la tabla 2 se muestra la carga establecida por cada tipo de salida.

Tabla 2. Otras cargas de iluminación

Tipo de salida de iluminación	Carga
Elementos de alumbrado empotrados.	Máxima capacidad nominal en VA.
Salidas para portalámparas de servicio pesado.	Debe tener una capacidad de 600 Va por salida.
Rieles de alumbrado.	Un metro de riel equivale a 246 VA.
Avisos eléctricos e iluminación de contorno.	1200 VA por cada circuito ramal.
Metro lineal de vitrina.	Carga no menor a 650 VA.

- **Salida tipo motor:** las cargas tipo motor son usadas en escaleras eléctricas, ascensores, portones, motocompresores o aires acondicionados y otras cargas. Generalmente se pueden tener este tipo de salida como un solo motor, motor con carga combinada, equipo de varios motores, equipos de varios motores y otras cargas, motocompresores y más.
 - Un solo motor:** El circuito ramal debe tener una capacidad no menor de 125% de la corriente a plena carga del motor para servicio continuo. Para motores con velocidades variables no debe ser menor a la corriente nominal por circuito ramal del suministro del lado del controlador. Si el modo de funcionamiento del motor es de corto tiempo, intermitente, periódico o variable el circuito ramal no debe tener una capacidad de corriente menor a los establecidos en la tabla 3. Para motores de corriente continua conectado a un puente rectificador deben tener una capacidad de corriente no menor al 190 % de media onda o 150% si es de onda completa¹.

¹ COLOMBIA MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Código eléctrico colombiano: Norma Técnica Colombiana 2050 – NTC 2050. 1998. P. 324-358

Tabla 3. Porcentaje aplicar en motores usados en corto tiempo, intermitente, periódico o variable.

Clasificación del Servicio	Porcentaje de la corriente nominal por placa de características			
	5 minutos	15 minutos	30 y 60 minutos	Continuo
Tiempo designado de servicio del motor	5 minutos	15 minutos	30 y 60 minutos	Continuo
Servicio por corto tiempo: motores de válvulas, de levantamiento o bajada de rodillos, etc.	110	120	150	--
Servicio intermitente: ascensores y montacargas, cabezales de herramientas, bombas, puentes levadizos, plataformas giratorias, etc. Para soldadores de arco.	85	85	90	140
Servicio periódico: rodillos, máquinas de manipulación de minerales y carbón, etc.	85	90	95	140
Servicio variable	110	120	150	200

Extraído de la tabla 430-22 a). Porcentajes a aplicar en el cálculo de capacidad de corriente nominal de los conductores de los circuitos de motores. Página 332-333 NTC-2050.

- ii) Varios motores o un motor(es) y otra(s) carga(s): Para los diferentes tipos de estas cargas se especifican en la tabla 4.

Tabla 4. **Varios motores o un motor(es) y otra(s) carga(s)**

Tipo de operación	Capacidad del circuito ramal
Varios motores o un motor(es) y otra(s) carga(s).	La suma de todas las corrientes a plena carga de todos los motores y otras cargas más el 25% de la carga del mayor motor del grupo.
Motor(es) de corto tiempo, intermitentes, periódico o variables.	No debe ser menor a la especificada en la tabla 5, para el mayor motor la suma no debe tener una capacidad no menor al 125% de la corriente nominal a plena carga.
Circuitos enclavados que impiden el funcionamiento simultaneo de determinados motores y otras cargas.	La suma de las corrientes de todos los motores y las otras cargas que puedan funcionar simultáneamente y que resulten en la mayor corriente total.

- **Equipos de varios motores o de cargas combinadas:** La capacidad nominal del circuito ramal no debe ser menor a lo rotulado en la placa de características del equipo. Si el equipo no tiene los valores de placa la capacidad de corriente de los conductores se debe establecer de acuerdo al numeral ii.
- **Equipo de aire acondicionado y refrigeración:** Para este tipo de cargas en la tabla 5 se muestra las capacidades de corriente de acuerdo al tipo de aire acondicionado y refrigeración del motor. El valor de la corriente de selección del circuito ramal debe ser siempre igual o mayor que la corriente a carga nominal especificada en placas.

Tabla 5. Equipos de aire acondicionado y refrigeración

Tipo de circuito	Capacidad de corriente
Un solo motocompresor.	125% del mayor de estos dos valores: la corriente a carga nominal del motocompresor o la corriente de selección del circuito ramal.
Motocompresores con o sin cargas adicionales de motores.	La suma de las corrientes a la carga nominal o a la corriente de selección del circuito ramal, de todos los compresores, más las corrientes a plena carga de los demás motores más el 25% de la capacidad nominal del mayor motor o motocompresor del grupo. Si el circuito está enclavado se calcula a partir del mayor motocompresor o grupo de motocompresores que pueda estar funcionando en un momento dado.
Cargas combinadas (motocompresores adicional a cargas de alumbrado o artefactos).	Deben tener una capacidad de corriente suficiente para la carga de alumbrado o artefactos más la capacidad de corriente necesaria para la carga del motocompresor. Si son Motocompresores con o sin cargas adicionales de motores deben tener una capacidad mayor a: la suma de las corrientes a la carga nominal o la corriente de selección del circuito ramal, de todos los motocompresores, más las corrientes a plena carga de los demás motores más el 25% de la capacidad nominal del mayor motor o motocompresor del grupo. Si el circuito está enclavado se calcula a partir del mayor motocompresor y otras cargas que pueda estar funcionando en un momento dado.
Equipos con varios motores y cargas combinadas.	No debe ser menor a la capacidad mínima del circuito rotulada en la placa de características del equipo.
Aires acondicionados para cuartos.	Una sola unidad de motor. A efectos de cálculo de los requisitos del circuito ramal, se debe considerar como una sola unidad de motor, cuando se cumplan todas las condiciones siguientes: Que esté conectado con cordón y clavija. Se designe como monofásico y para no más de 40 A y 250 V nominales. Aparezca en su placa de características la corriente total a la carga nominal, en lugar de las corrientes individuales de cada motor.

	<p>La capacidad nominal de corriente del dispositivo de protección del circuito ramal contra cortocircuito y falla a tierra no supere el menor de estos dos valores: la capacidad de corriente de los conductores del circuito ramal o la del tomacorriente.</p> <p>Cuando no se alimenten otras cargas. Cuando no haya otras cargas conectadas al circuito, la capacidad nominal de corriente total rotulada en acondicionadores de aire para cuartos conectados con cordón y clavija, no debe superar el 80% de la capacidad de corriente del circuito ramal.</p> <p>Cuando también se alimenten unidades de alumbrado o artefactos. Cuando haya conectados al circuito unidades de alumbrado u otros artefactos eléctricos, la capacidad de corriente total rotulada en los acondicionadores de aire para cuartos, conectados con cordón y clavija, no debe superar el 50% de la capacidad de corriente del circuito ramal.</p>
--	--

- **Otros tipos de salidas:** Las salidas de tomacorriente sencillo o múltiple se debe considerar a no menos de 180 VA, no se debe considerar para circuitos específicos, tomacorrientes de uso general ni motores. En artefactos específicos u otra carga, excepto para motores se considera la corriente nominal de la carga instalada.

2.2 CARGA INSTALADA SEGÚN LA NFPA 70 (NEC 2017)

La norma NFPA 70 se desarrolla en su sección 220, la caracterización de la carga. Dado que la NFPA 70 fue la base para la construcción de la NTC 2050, se tiene la misma tipificación de las cargas en las dos normas. Solo que la NFPA 70 en algunas cargas de alumbrado general toma 1 o 0,5 V/ m², no considera la carga de rieles de alumbrado y considera una carga para iluminación de pista.

2.2.1 Carga instalada para instalaciones eléctricas residenciales. Para el cálculo de demanda máxima se deberá enfatizar lo más relevante sobre las respectivas cargas, caracterizándolas. Las unidades de viviendas residenciales se dividen en unifamiliar, bifamiliares y multifamiliar.

- **Iluminación general:** La carga de iluminación general tabla 220.12 (General Lighting by Occupancy) de la NFPA 70 (NEC 2017) tiene las mismas

características que el cálculo de iluminación general según la NTC 2050 en la sección 2.1.1 con la diferencia que se le suma 1 V/ m².

- **Salidas tipo motor y aire acondicionado, Planchado y lavandería o Secadoras eléctricas de ropa:** El cálculo para este tipo de cargas es similar a lo citado en la 2.1.1. En el caso de que existan dos o más secadores monofásicos conectados por un alimentador trifásico, 4 hilos de servicio, la carga total se calculara sobre la base de dos veces el número de conexión máxima entre dos fases.

2.2.3 Carga instalada para instalaciones eléctricas comerciales e industriales. En la sección 2.1.2 se muestra los tipos de carga para instalaciones eléctricas comerciales e industriales las cuales son similares a las descritas por la NFPA 70, solo tienen unas diferencias en las cargas de alumbrado general. Además, no se considera una carga para los rieles de alumbrado. Las diferencias y similitudes se muestran en la tabla 6. En la tabla 220.12 (General Lighting by Occupancy) de la NFPA 70 (NEC 2017) se describe las cargas de alumbrado general por tipo de ocupación.

Tabla 6. Cargas instalaciones en comerciales e industriales según la NFPA 70

Tipo de carga	Observación
Cargas de alumbrado general por tipo de ocupación	
Cuarteles y auditorios Bancos Barberías y salones de belleza Iglesias Garajes públicos Casas de huéspedes Edificios de oficinas Colegios Tiendas Lugares de reunión y auditorios Recibidores, pasillos, armarios, escaleras	Mas 1 VA/m ² a los descritos en la tabla 1, ejemplo para cuarteles y auditorios serían 11 VA/m ² .
Depósitos Lugares de almacenaje	Mas 0,5 VA/m ² a los descritos en la tabla 1, ejemplo para depósitos serían 3 VA/m ² .

Clubes Juzgados Hospitales Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin Cocina Edificios industriales y comerciales Restaurantes	Los mismos VA/m ² que los descritos en la tabla 1.
Otras cargas de alumbrado	
Elemento de alumbrado empotrados Salidas para portalámparas de servicio pesado Avisos eléctricos e iluminación de contorno Vitrinas	Es igual a lo establecido en la sección 2.1.2. Descrito esto en la sección 220 de la NFPA 70 (NEC 2017).
Iluminación de pista	660 VA/metro lineal.
Rieles de alumbrado	No consideran este tipo de carga.
Motores	
Con respecto a esta sección la carga de motores no hay diferencia con la sección 2.1.2. Descrito esto en la sección 430 de la NFPA 70 (NEC 2017).	

2.3 CARGA INSTALADA SEGÚN LA IEC.

La norma IEC en las secciones 60439, 61439 y 60364 no cuenta con una proyección de cargas, se toma como referente la guía de instalaciones eléctricas Schneider del 2008 para el cálculo de la demanda máxima siendo la IEC guía de esta, de igual manera el reglamento electrotécnico para baja tensión de Madrid 2004, como la IEC deja a libertad los factores de simultaneidad y utilización según el estudio pertinente que se haga en cada país, se tomaron las anteriores guías para la carga instalada.

Las cargas individuales no operan necesariamente a su potencia nominal máxima ni funcionan necesariamente al mismo tiempo. La IEC utiliza los factores K_u (factor de utilización máxima) y K_{\square} (factor de simultaneidad) los cuales permiten determinar la demanda máxima de un circuito y potencia aparente realmente necesaria para dimensionar la instalación².

² SCHNEIDER ELECTRIC. Guía de diseño de instalaciones eléctricas. Según normas internacionales IEC. 2008. P. A16

2.3.1 Carga instalada para instalaciones eléctricas residenciales. Schneider cuenta con calefacción y ventilación visto en la Tabla 7, no cuenta con una proyección de cargas para el sector residencial, se toma el reglamento electrotécnico para baja tensión de Madrid siendo la IEC guía de esta.

La carga máxima por vivienda depende del grado de utilización que se desee alcanzar, se establecen dos grados de electrificación los cuales son:

- **Electrificación básica:** cubre las necesidades de utilización primarias sin necesidad de obras posteriores de adecuación. Debe permitir la utilización de los aparatos eléctricos de uso común en una vivienda, la potencia no debe ser inferior a 5750 W a 240 V, en cada vivienda, independiente de la potencia a contratar por cada usuario.
- **Electrificación elevada:** Corresponde a la utilización de aparatos electrodomésticos superiores a la electrificación básica o con previsión de utilización de sistemas de calefacción eléctrica o de acondicionamiento de aire o con superficies útiles de la vivienda superiores a 160 m², o con cualquier combinación mencionada anteriormente, la potencia a prever no será inferior a 9200³.

La potencia a prever se corresponderá con la capacidad máxima de la instalación, definida por la intensidad asignada del interruptor general automático, según la Tabla 7.

Tabla 7. Características eléctricas de los circuitos (1)

Circuito de utilización	Potencia prevista por toma (W)
Iluminación	200
Tomas de uso general	3450
Cocina y horno	5400
Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico	3450
Baño, cuarto de cocina	3450
Calefacción	(2)
Aire acondicionado	(2)

³ COMUNIDAD DE MADRID. Servicio de Normativa Técnica, Supervisión y Control. Reglamento Electrotécnico para baja tensión. 2004. ITC-BT-10 P. 1-2

Secadora	3450
Automatización	(3)

Extraído de la tabla 1 Características eléctricas de los circuitos. Página 5 ITC-BT-25.

- (1) La tensión considerada es de 240 V entre fases.
- (2) La potencia máxima permisible por circuito será de 5750 W.
- (3) La potencia máxima permisible por circuito será de 2300 W.

- **Carga total correspondiente a un edificio destinado preferentemente a viviendas:** La carga total correspondiente a un edificio destinado principalmente a viviendas, de los servicios generales del edificio y de los garajes que forman el mismo.
 - i. **Carga correspondiente a un conjunto de viviendas:** se obtendrá multiplicando la media aritmética de las potencias máximas previstas en cada vivienda, por el coeficiente de simultaneidad indicado en la tabla 25 según el número de viviendas.
 - ii. **Carga correspondiente a los servicios generales:** es la suma de la potencia prevista en ascensores, aparatos elevadores, centrales de calor y frío, grupos de presión, alumbrado de portal, caja de escalera y espacios comunes.
 - iii. **Carga correspondiente a los garajes:** se calculará considerando un mínimo de 10 W por metro cuadrado y planta para garajes de ventilación natural y de 20 W para los de ventilación forzada, con un mínimo de 3450 W a 240 V⁴.

2.3.2 Carga instalada para instalaciones eléctricas comerciales. Se calculará considerando un mínimo de 100 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 3450 W a 240 V esto visto desde el reglamento electrotécnico para

⁴ COMUNIDAD DE MADRID. Servicio de Normativa Técnica, Supervisión y Control. Reglamento Electrotécnico para baja tensión. 2004. ITC-BT-10 P. 2-3

baja tensión de Madrid. Schneider cuenta con estimación para oficinas visto en la Tabla 8.

2.3.3 Carga instalada para instalaciones eléctricas industriales. Schneider cuenta con la estimación de la potencia aparente instalada correspondiente a la tabla 8. El reglamento electrotécnico para baja tensión de Madrid específica para este tipo de cargas como mínimo de 125 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 10350 W a 240 V⁵.

Tabla 8. Estimación de la potencia aparente instalada

Iluminación fluorescente (corregida a $\cos \phi=0.86$)	
Tipo de aplicación	Tubo fluorescente estimado (VA/m²) con reflector industrial.
Carreteras y autopistas, áreas de almacenamiento, trabajo intermitente.	7
Trabajos industriales: fabricación y ensamble de piezas de trabajo muy grandes.	14
Trabajo diario: trabajo de oficina.	24
Trabajos delicados talleres de ensamblaje de alta precisión de oficinas técnicas.	41
Circuitos de potencia	
Tipo de aplicación	Estimado (VA/m²)
Aire comprimido de estación de bombeo	3 a 6
Ventilación de las instalaciones	23
Calefacción de convección eléctricos: casas privadas, pisos y apartamentos	De 115 a 146
Oficinas	25
Taller de distribución	50
Taller de montaje	70
Taller de máquinas	300
Taller de pintura	350
Planta de tratamiento de calor	700

Extraído de la Figura A9 Estimación de la potencia aparente instalada página A16

Guía de instalaciones eléctricas Schneider.

⁵ COMUNIDAD DE MADRID. Servicio de Normativa Técnica, Supervisión y Control. Reglamento Electrotécnico para baja tensión. 2004. ITC-BT-10 P. 4

3. CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA

La demanda máxima corresponde a la potencia mayor de un conjunto carga que se presenta en un periodo de trabajo establecido en el sistema, esta se calcula en una instalación eléctrica o un conjunto de instalaciones eléctricas. La NTC 2050 y la NFPA 70 usan factores de demanda y la IEC usa factores de simultaneidad, tanto como los factores de demanda y de simultaneidad dependen del circuito ramal para así determinar el tamaño del alimentador o acometida. Calculo

3.1 CALCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA SEGÚN LA NTC 2050

La NTC 2050 da a conocer los respectivos factores de demanda dependiendo el tipo de carga e instalación como por ejemplo los factores para iluminación general, pequeños artefactos, estufas eléctricas entre otros. La sección 220-37 permite calcular la capacidad del transformador, acometida o alimentador para edificaciones multifamiliares o grupo de viviendas de acuerdo con las tablas o métodos establecidos por las empresas locales de suministro de energía.

3.1.1 Factores de demanda para instalaciones residenciales. En esta sección se mostrarán los factores de demanda los cuales consisten en el cociente entre la demanda máxima y la carga instalada, se presenta un método general y unos métodos opcionales para esta clase de instalaciones. Debido al contexto en el que se encuentra la región no se tendrá en cuenta los factores de demanda para calefacción eléctrica fija de ambiente.

- **Alumbrado general:** En la tabla 9 se muestra los respectivos factores de demanda, los cuales se deben aplicar a la carga total de alumbrado general la cual se ha determinado mediante el método especificado en 2.1.1 (cargas de

alumbrado general). Los factores de demanda de la tabla 9 no se deben aplicar para determinar el número de circuitos.

Tabla 9. Factores de demanda para alimentadores de cargas de alumbrado

Tipo de ocupación	Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (VA)	Factor de demanda %
Unidades de vivienda	Primeros 3.000 o menos	100
	De 3.001 a 120.000	35
	A partir de 120.000	25

Extraído de la tabla 220-11. Factores de demanda para alimentadores de cargas de alumbrado. Página 64-65 NTC-2050.

- **Motores:** Los factores de demanda para este tipo de carga se especifican en la 2.1.2 (Varios motores o un motor(es) y otra(s) carga(s).)
- **Calefacción:** 100% de la carga total conectada para calefacción fija de ambiente, en ningún caso la capacidad de un circuito debe ser mayor al alimentador. La autoridad competente puede dar un permiso para una capacidad de corriente menor al 100% para equipos que funcionan según ciclos de servicio, intermitentemente o no funcionan todos a la vez. Para este tipo de carga está permitido los métodos opcionales especificados más adelante.
- **Pequeños artefactos, Planchado y lavandería:** Se le aplicara los factores de demanda especificados en la tabla 9. A estas cargas se le permite que incluyan la carga de alumbrado general.
- **Artefactos de unidades de vivienda:** Se aplica un factor de demanda del 75% de la capacidad nominal de datos de placa para cuatro o más artefactos fijos que no sean estufas eléctricas, secadoras, equipo de calefacción de ambiente o de aire acondicionado, servidos por el mismo alimentador en unidades de vivienda.
- **Secadoras eléctricas de ropa:** Para este tipo de cargas se le aplicaran los factores de demanda según el número de secadoras a instalar: las primeras 4

secadoras se toman al 100%, si existen más secadoras en una instalación empieza a aplicarse un factor de demanda del 80% y se reduce hasta un 25% cuando se tienen más de 40 o más secadoras, visto esto en la NTC-2050 tabla 220-18 (Factores de demanda para secadoras domesticas eléctricas de ropa).

- **Estufas eléctricas y otros artefactos de cocina:** si cumple lo requerido en 2.1.1 (Estufas eléctricas y otros artefactos de cocina) para las primeras 25 estufas con una potencia no mayor a 12 kW la demanda máxima a tomar va desde 8 kW hasta 40 kW, de 26 kW a 40 kW se toma 15 kW más 1 kW por cada estufa instalada, de 41 kW en adelante su demanda máxima se determina tomando 25 kW más 0.75 por cada estufa. Para estufas menores a 3.5 kW nominales empieza a tomarse un factor de demanda de: una estufa a 80% y se reduce hasta el 30% cuando se tienen más de 61 instaladas. Estufas de 3.5 kW a 8.75 kW tiene un factor de demanda que va desde 80% hasta 16% si se tienen más de 61 estufas. Todas las estufas de 12 kW a 27 kW tienen el mismo valor nominal y se debe aumentar en un 5% la demanda máxima indicada anteriormente, visto esto en la NTC-2050 tabla 220-19 (Factores de demanda para estufas eléctricas domésticas, hornos de pared, estufas de sobreponer y otros electrodomésticos de cocina de más de 1,75 kW nominales).
- **Cargas no coincidentes:** Si existan dos cargas que tengan la posibilidad de no trabajar simultáneamente se puede omitir la menor de las dos para calcular la carga total del alimentador.
- **Carga del neutro del alimentador:** debe ser el máximo desequilibrio de la carga determinado por:
 - la carga neta máxima calculada entre el neutro y cualquier otro conductor no puesto a tierra, excepto en sistemas de dos fases trifilares o pentafilares en los que la carga se debe multiplicar por 1,4.
 - En un alimentador para estufas eléctricas domésticas, hornos de pared, estufas de sobreponer y secadoras eléctricas, la carga máxima de

desequilibrio se debe considerar el 70 % de la carga en los conductores no conectados a tierra.

- Para los sistemas de c.c. o monofásicos de c.a. trifilares, trifásicos tetrafilares, bifásicos trifilares o bifásicos pentafileares, se permite aplicar otro factor de demanda del 70 % para la parte de la carga en desequilibrio superior a 200 A.
- No debe reducirse la capacidad de corriente del neutro en la parte de la carga que consista en cargas no lineales alimentadas con un sistema trifásico tetrafililar conectado en estrella ni en el conductor puesto a tierra de un circuito trifilar que consista en dos hilos de fase y el neutro o un sistema trifásico tetrafililar conectado en estrella. Un sistema trifásico tetrafililar conectado en estrella utilizado para alimentar cargas no lineales, puede requerir que el sistema esté diseñado de modo que permita que pasen por el neutro corrientes con alto contenido de armónicos⁶.

3.1.2 Cálculos opcionales para viviendas. Se presenta un método opcional para viviendas unifamiliares y otro para multifamiliares. La NTC 2050 en la sección 220-37 establece que es permitido calcular la capacidad del transformador, una acometida o un alimentador para edificaciones multifamiliares o grupo de viviendas, de acuerdo con las tablas o métodos establecidos por las empresas locales de suministro de energía. La CREG-E-2003-8833 establece que no podrán contravenir las normas técnicas nacionales vigentes o en su defecto las normas técnicas internacionales.

- **Unidades de vivienda**

Para unidades de vivienda se presenta el siguiente método el cual se divide en cargas del alimentado y acometida y cargas. De igual manera se presenta un método para instalaciones existentes.

⁶ COLOMBIA MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Código eléctrico colombiano: Norma Técnica Colombiana 2050 – NTC 2050. 1998. P. 67-68

- Carga del alimentador y acometida

Se permita calcular las cargas del alimentador y acometida se acuerdo a la tabla 10, con una carga del neutro determinada como se especificó anteriormente.

Tabla 10. Factores de demanda opcionales para viviendas

La mayor de i a v, más el 100% de los primeros 10 kVA de todas las demás cargas, más el 40% del resto de todas las demás cargas.		
Numeral	Tipo de carga, capacidad nominal de la placa de características	Porcentaje
i	Equipos de aire acondicionado y refrigeración, incluidos los compresores de las bombas de calor.	100%
ii	Acumuladores térmicos eléctricos y otros sistemas de calefacción cuando se espera que la carga normal sea continua. Que no estén en ningún de los numerales de esta tabla.	100%
iii	Equipos de calefacción eléctrica central, incluida la calefacción suplementaria integrada en las bombas de calor.	65%
iv	Equipos de calefacción eléctrica de ambiente, si son inferiores a cuatro unidades con mando independiente.	65%
v	Equipos de calefacción eléctrica de ambiente si son cuatro o más unidades con mando independiente.	40%

Extraído de la tabla 220-30. Cálculos opcionales en unidades de vivienda. Página 68 NTC-2050.

- Cargas: las cargas a las que se refieren en la tabla 10 como “resto de las demás cargas” y “todas las demás cargas” se muestran la tabla 11.

Tabla 11. Cargas del método opcional

Carga	Valor en VA
Por cada rama bifilar y 20 A para pequeños artefactos y cada circuito ramal para lavandería	1500
Alumbrado general y tomacorrientes de uso general.	32
Todos los artefactos fijos, conectados permanentemente o colocados para conectarlos a un circuito dado, estufas, hornos de pared, estufas de sobreponer, secadoras de ropa y calentadores de agua.	Valor nominal de la placa de características
Motores y todas las demás cargas con bajo factor de potencia	Valor nominal de la placa de características en A o VA

- Cálculo opcional de las cargas adicionales en las unidades de vivienda existentes: los primeros 8 kVA al 100%, resto de la carga 40%, lo anterior incluye: 32VA/m² para alumbrado, 1500 VA por circuito ramal bifilar para pequeños artefactos, todos los circuitos ramales para lavandería y planchado, las estufas u hornos de pared y las estufas de sobreponer y otros artefactos permanentemente conectados o fijos, a su valor nominal según la placa de características.

Si en la instalación existente se van instalar equipo de aire acondicionado o de calefacción de ambiente se deben tomar al 100 % se debe aplicar a la mayor de las dos, pero no ambas, más el método anterior y todos los demás artefactos fijos, incluidos cuatro o más artefactos de calefacción de ambiente con mando independiente, a la potencia nominal de su placa de características, para determinar si la acometida tiene la capacidad existente.

- **Vivienda multifamiliares**

En lugar de los métodos anteriores se permite calcular la carga del alimentador o de la acometida de tres viviendas unifamiliares o una vivienda multifamiliar según la tabla 12, si ninguna unidad de vivienda está servida por más de un alimentador, cada unidad de vivienda tenga equipo de cocina eléctrico y estén equipadas con calefacción eléctrica de ambiente, aire acondicionado o las dos.

Excepción: Cuando la carga calculada para viviendas multifamiliares sin estufa eléctrica sección 2.1.1 supere la calculada según este método opcional para idéntica carga, más la estufa eléctrica (8 kW por unidad), se permite aplicar la menor de las dos cargas.

Las cargas conectadas a las que se les aplica los factores de demanda de la tabla 12, son los mismos dichos en la sección 3.1.1 (estufas eléctricas y otros artefactos de cocina), más la mayor de las cargas del equipo de aire acondicionado o de

calefacción eléctrica de ambiente. Podrá tener la carga del neutro como se determinó en carga del neutro del alimentador de esta sección.

Tabla 12. Cálculos opcionales de los factores de demanda de unidades de multifamiliares con tres o más viviendas

Número de unidades de vivienda	Factor de demanda %
3-5	45
6-7	44
8-10	43
11	42
12-13	41
14-15	40
16-17	39
18-20	38
21	37
22-23	36
24-25	35
26-27	34
28-30	33
31	32
32-33	31
34-36	30
37-38	29
39-42	28
43-45	27
46-50	26
51-55	25
56-61	24
De 62 en adelante	23

Extraído de la tabla 220-32. Cálculo opcional de los factores de demanda de unidades multifamiliares con tres o más viviendas. Página 70 NTC-2050.

- **Calculo opcional para viviendas bifamiliares:** cuando dos viviendas bifamiliares estén alimentadas por un solo alimentador y la carga calculada en el numeral 2.1.1. supere las tres unidades idénticas calculada según el cálculo opcional para viviendas multifamiliares, se permite aplicar la menor de las dos cargas.
- **Unidades de vivienda agrícolas:** la carga del alimentador en una vivienda de este tipo se debe calcular según lo establecido en 2.1.1. si la vivienda tiene calefacción eléctrica y la explotación tiene sistemas eléctricos para el secado

del grano, no se debe aplicar los métodos opcionales para calcular la carga de la vivienda.

3.1.3 Factores de demanda para instalaciones comerciales e industriales. Las instalaciones comerciales tienen método general para calcular la demanda, un opcional para instituciones de enseñanza y otro para restaurantes nuevos, en instalaciones industriales tienen un método general.

- **Alumbrado general:** para la carga de alumbrado general se debe aplicar los factores de demanda de la tabla 13, de los cuales no debe aplicar para calcular el número de circuitos ramales. La tabla 13 no se debe aplicar la carga calculada de los alimentadores a las zonas de hospitales, hoteles y moteles en la que es posible que se deba utilizar con toda la iluminación al mismo tiempo, como quirófanos y salas de baile. El método general para instalaciones comerciales e industriales como se describe en el numeral 3.1.2.

Tabla 13. Factores de demanda para alimentadores de carga de alumbrado en instalaciones comerciales

Tipo de ocupación	Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (VA)	Factor de demanda %
Hospitales	Primeros 50.000 o menos	40
	A partir de 50.000	20
Hoteles y moteles, incluidos bloques de apartamentos sin cocina *	Primeros 20.000 o menos	50
	De 20.001 a 100.000	40
	A partir de 100.000	30
Depósitos	Primeros 12.500 o menos	100
	A partir de 12.500	50
Todos los demás	VA totales	100

Extraído de la tabla 220-11. Factores de demanda para alimentadores de cargas de alumbrado. Página 64-65 NTC-2050.

- **Alumbrado en vitrinas:** La carga para no debe ser menor a 650 VA por cada metro lineal de vitrina, medido horizontalmente a lo largo de su base.

- **Tomacorrientes:** Se permite añadir a las cargas de alumbrado cargas para tomacorrientes de no más de 180 VA por salida, sujetas a los factores de demanda de la Tabla 13 o también sujetas a un factor de demanda de los 10kVA al 100% y el resto al 50%. En instalaciones industriales.
- **Calefacción:** Este tipo de carga se calculada de igual manera que en la sección 3.1.1. con la excepción de que no aplica lo de los métodos opcionales.
- **Motores:** Los factores de demanda para este tipo de carga se especifican en la 2.1.2 (Varios motores o un motor(es) y otra(s) carga(s).)
- **Equipos de cocina:** La carga de los equipos eléctricos de las cocinas comerciales, calentadores de agua de los lavavajillas, otros calentadores de agua y otros equipos de cocina, se deben calcular según los dos primeros equipos al 100%, del 3, 4,5 al 90%,80%,70% respectivamente y más de 6 al 65%, se les aplican a todos los equipos de cocina controlados por termostato o de uso intermitente. No se aplican a equipos de calefacción eléctrica, ventilación o aire acondicionado. Sin embargo, en ningún caso la demanda del alimentador debe ser menor a la suma de las cargas de los dos mayores equipos de cocina.
- **Cargas no coincidentes y del neutro del alimentador:** la carga para neutro y las cargas no coincidentes se calculan de la misma manera que en el numeral anterior 3.1.1.
- **Método opcional para instituciones de enseñanza:** se admite aplicar el cálculo de un alimentador o acometida para instituciones de enseñanza según la tabla 14 en lugar del método general presentado en la parte anterior 3.1.3, cuando existan equipos de calefacción eléctrica, aire acondicionado o ambos. La carga a la que se aplican lo factores de demanda de la tabla 14 debe incluir todo el alumbrado interior y exterior, calentadores de agua, estufas, otras cargas y la mayor de aire acondicionado o de calefacción eléctrica de ambiente de la edificación. Se admite que los conductores de los alimentadores y acometidas cuya carga de demanda viene determinada por este cálculo opcional. Y una carga del neutro determinada por el 3.1.1. (carga del neutro).

Cuando se calcula la carga de la edificación o estructura por este método opcional, los alimentadores deben tener la capacidad de corriente que permite este método opcional; sin embargo, no se exige que la capacidad de corriente del conductor de cada alimentador individual sea superior a la de toda la edificación.

Tabla 14. Factores de demanda opcionales para instituciones de enseñanza

Carga conectada en VA por metro cuadrado	Factor de demanda %
Los primeros 32 VA/metro cuadrado	100
Desde 32 hasta 215 VA/metro cuadrado	75
Más de 215 VA/metro cuadrado	25

Extraído de la tabla 220-34. Método opcional para calcular los factores de demanda de los conductores y de acometidas en institutos de enseñanza. Página 70 NTC-2050.

- **Cálculos opcionales en de cargas adicionales en instalaciones existentes:** para poder conectar cargas adicionales a los alimentadores y acometidas existentes, se permite aplicar las cifras de demanda real máxima para determinar la carga existente sobre un alimentador o acometida, cuando se cumplan todas las siguientes condiciones:
 - que existan los datos de demanda máxima de todo el año. Si no existen datos de demanda máxima de todo un año, se permite que esos datos se basen en la corriente real en Ampere (A) medidos continuamente durante un periodo mínimo de 30 días en un registrador de corriente conectado a la fase de mayor carga del alimentador o de la acometida. Los datos deben reflejar la demanda máxima verdadera del alimentador o de la acometida por haber sido tomados con la edificación ocupada y deben incluir, por medida o cálculo, la mayor carga de los equipos de calefacción o aire acondicionado
 - que la demanda actual al 125% más la nueva carga no supere la capacidad de corriente del alimentador o la corriente nominal de la acometida.
 - Que el alimentador tenga un dispositivo de protección contar sobrecorriente.

- **Calculo opcional para restaurante nuevo:** se admite hacer el cálculo según la tabla 15, cuando el alimentador soporta la carga total, en lugar que lo descrito anteriormente, con una carga del neutro como se determinó en 3.1.1.

Tabla 15. Método opcional para el cálculo de los factores de demanda de los conductores del alimentador y acometida de restaurantes nuevos

Carga total conectada (kVA)	Factor de demanda para todo eléctrico (%)	Factor de demanda para no todo eléctrico (%)
0-250	80	100
252-280	70	90
281-325	60	80
326-375	50	70
376-800	50	65
Más de 800	50	50

Extraído de la tabla 220-36. Método opcional para el cálculo de los factores de demanda de los conductores del alimentador y de la acometida de restaurantes nuevos. Página 71 NTC-2050.

- **Método de cálculo de cargas en instalaciones agrícolas:** para la carga de alimentada por dos o más circuitos ramales, la carga de los conductores del alimentador, de la acometida y equipo de esta, se calcular según los factores de la tabla 16.

Tabla 16. Método para calcular las cargas en instalaciones agrícolas

Carga en A 240 V máximo	Factor de demanda (%)
Cargas que se espera que funcionen sin diversidad, pero a no menos del 125 % de la corriente a plena carga del motor más grande y no menor a los primeros 60 A de carga	100
Siguientes 60 A de todas las demás cargas	50
Siguientes 60 A de todas las demás cargas	25

Extraído de la tabla 220-41. Método de cálculo de la carga total de una instalación agrícola. Página 72 NTC-2050.

- **Carga total:** la carga total de los conductores de la acometida y equipo de la acometida de la instalación se debe calcular según la carga de la unidad de vivienda de la instalación y los factores de demanda en la tabla 16. Cuando se

tenga equipos en dos o más edificaciones de la instalación o cargas que tengan la misma función se debe calcular según la tabla 15 y se permite combinarlas como una sola carga para aplicar la tabla 16 y calcular la carga total. A esta carga total se le suma la carga de la unidad de vivienda.

3.2 CALCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA SEGÚN LA NFPA 70 (NEC 2017)

El NEC 2017(NFPA 70) en la sección 220 establece la mayoría de los factores de demanda para instalaciones eléctricas residencial, comercial e industrial. La carga calculada para un alimentador no debe ser inferior a la suma de las cargas en los circuitos derivados, después los factores de demanda aplicables permitidos en esta sección.

Los factores de demanda en la NFPA 70 presentan pocas diferencias con respecto a la NTC 2050. Tienen los mismos factores de demanda para los diferentes tipos de cargas de acuerdo a las instalaciones, solo difieren un poco en los factores de demanda para secadoras eléctricas de ropa y factores de demanda del método opcional para restaurantes nuevos.

3.2.1 Factores de demanda para instalaciones residenciales. A continuación, se presentan los factores de demanda para instalaciones residenciales unifamiliares y multifamiliares, en la tabla 17 se muestran los factores de demanda para este tipo de instalaciones.

Tabla 17. Factores de demanda para instalaciones residenciales según el NEC 2017

Tipo de carga	Observación sobre los factores de demanda
Iluminación general.	Es igual a la de la sección 3.1.1, (tabla 9), se puede observar en la NFPA 70 (NEC 2017) tabla 230.42.
Carga del circuito de pequeños artefactos y circuito de lavandería.	No presenta cambios planteado para esta carga en la sección 3.1.1. Esto visto en la sección 220.52 de la NFPA 70 (NEC 2017).
Calefacción fija de ambiente.	De calcula de igual manera que en la sección 3.1.1. Con la excepción que no menciona lo de los métodos opcionales. Esto visto en la sección 220.51 de la NFPA 70 (NEC 2017).
Carga de artefactos.	75% de la capacidad nominal de artefacto, igual que lo planteado en la sección 3.1.1. Para este tipo de carga. Esto visto en la sección 220.53 de la NFPA 70 (NEC 2017).
Secadoras de ropa.	Para este tipo de carga se permite aplicar los factores de la tabla 18. Esto visto en la sección 220.54 de la NFPA 70 (NEC 2017).
Estufas eléctricas y otros artefactos de cocina.	Es igual a la de la sección 3.1.1 Esto visto en la sección 220.55 de la NFPA 70 (NEC 2017).
Cargas no coincidentes.	Es igual a la de la sección 3.1.1, para este tipo de carga. Esto visto en la sección 220.60 de la NFPA 70 (NEC 2017).
Carga del neutro de alimentador.	Es igual a la de la sección 3.1.1, para este tipo de carga. Esto visto en la sección 220.61 de la NFPA 70 (NEC 2017).

Tabla 18. Factores de demanda para secadoras eléctricas de ropa según el NEC 2107

Numero de sacadoras	Factor de demanda (%)
1-4	100
5	85
6	75
7	65
8	60
9	55
10	50
11	47
12-23	47% menos 1% por cada secadora que exceda de 11
24-42	35% menos 0,5% por cada secadora que exceda de 23
Más de 43	25

Extraído de la tabla 220.54. Demand factors for Household Electric Clothes Dryers. Página 73 NFPA 70 (NEC 2017).

- **Cálculos opcionales**

A continuación, se muestran los métodos opcionales para viviendas multifamiliares y unidades de estas, estos cálculos se muestran en la tabla 19, esto descrito en la sección 220 de la NFPA 70 (NEC 2017).

Tabla 19. Cálculos opcionales

Tipo de instalación	Observación
Viviendas unifamiliares	<p>Este método opcional aplica a unidades de vivienda teniendo la carga total conectada por en un único conjunto de 120/240 voltios o 208Y/120 voltios de tres hilos de servicio o alimentador con una capacidad de corriente de 100 A o mayor. Será permitido aplicar este método opcional en lugar que lo especificado anteriormente. Para este cálculo se utilizará lo especificado en la sección 3.1.2 (cálculo opcional para viviendas unifamiliares)</p> <p>Para unidades de vivienda existentes se puede determinar si el servicio o alimentador existente es de capacidad suficiente para cargas adicionales del servidor. Cuando la unidad de vivienda este alimentada a 120/240 voltios o 208Y/120 voltios, tres hilos de servicio. Este método es igual al especificado en el 3.1.2 (Calculo opcional para viviendas existentes).</p>
Viviendas multifamiliares	Se permite usar este método opcional para calcular la carga de la acometida o servicio que suministre tres o más unidades de vivienda o vivienda multifamiliar, si cumple las mismas condiciones que lo especificado en 3.1.2. (Calculo opcional para viviendas multifamiliares), con la misma excepción solo que aplica para este numeral, las mismas cargas (tabla 11) y aplicar los factores de demanda de la tabla 12 para calcular la carga del alimentador.
Dos unidades de viviendas	Cuando dos unidades de vivienda sean abastecidas por un solo alimentador y la carga calculada de acuerdo con el numeral 3.2.1 exceda la de tres unidades idénticas calculadas bajo lo anterior (viviendas multifamiliares), se permitirá el uso de la menor de las dos cargas.

3.2.2 Factores de demanda para instalaciones comerciales e industriales.

Los factores de demanda para este tipo de instalación son iluminación, equipos de cocina, aire acondicionado, calefacción, equipos de cocina motores entre otros. La forma de calcular estos factores se muestra en la tabla 20.

Tabla 20. Factores de demanda en instalaciones comerciales

Tipo de carga	Observación sobre el factor de demanda
Iluminación general	Se debe aplica lo mismo para lo especificado en 3.1.3. Para este tipo de carga y la misma tabla 13 sin cambios. Visto esto en la NFPA 70 (NEC 2017) tabla 220.42.
Iluminación de vitrinas	660 VA/metro línea
Iluminación de pista	150 VA por cada 0,6 metro de pista o facción
Tomacorrientes en edificaciones	Se permitirán 180 VA si consta de dos salidas, si consta más de 4 salidas a no menos de 90 VA. Esto está sujeto a un factor de demanda de 100% los primeros 10kVA y 50% más de 10kVA.
Equipos de cocina	Se debe toma de la misma manera que en la sección 3.1.3. Visto esto en la NFPA 70 (NEC 2017) sección 220.55.
Cargas no coincidentes	Cuando sea poco probable que dos o más cargas no coincidentes estarán en uso al mismo tiempo, también se permitirá, usar solo la carga (s) más grande que será utilizado en un tiempo de cálculo de la carga total de un alimentador o servicio. Visto esto en la NFPA 70 (NEC 2017) sección 220.60.
Carga del neutro del alimentador	Es igual a la de la sección 3.1.1, para este tipo de carga. Visto esto en la NFPA 70 (NEC 2017) sección 220.61.

- **Métodos opcionales:** en la tabla 21 se muestran los métodos opcionales para instituciones de enseñanza, restaurantes nuevos e instalaciones existentes. Para todos los métodos opcionales están permitidos en lugar que lo descrito anteriormente y una carga del neutro como se determina en 3.1.1.

Tabla 21. Métodos opcionales instalaciones comerciales

Tipo	Observación sobre el factor de demanda
Instituciones de enseñanza	No presenta cambios con respecto al descrito en la sección 3.1.3 para este tipo de carga. Visto esto en la NFPA 70 (NEC 2017) sección 220.86.
Instalaciones existentes	No presenta cambios con respecto al descrito en la sección 3.1.3 para este tipo de carga. Visto esto en la NFPA 70 (NEC 2017) sección 220.87.
Restaurantes nuevos	Este permitido para calcular la carga del alimentador o servicio de acuerdo a la tabla 22 (nota: agregue todas las cargas eléctricas, incluidas las cargas de calefacción y refrigeración, para calcular la carga total conectada. Seleccione el factor de demanda que se aplica a partir de la tabla multiplique la carga total conectada por este factor de demanda único.). Visto esto en la NFPA 70 (NEC 2017) sección 220.88.
Instalaciones agrícolas	No presenta cambios con respecto al descrito en la sección 3.1.3 para este tipo de carga. Visto esto en la NFPA 70 (NEC 2017) parte v de la sección 220.

Tabla 22. Método opcional para el cálculo de los factores de demanda de los conductores del alimentador y acometida de restaurantes nuevos

Carga total conectada (kVA)	Factor de demanda para toda carga eléctrica (kVA)	Factor de demanda para no toda carga eléctrica (kVA)
0-200	80%	100%
201-325	10%(cantidad más de 200) +160	50%(cantidad más de 200) +200
326-800	50%(cantidad más de 325) +172.5	45%(cantidad más de 200) +262.5
Más de 800	50%(cantidad más de 800) +410	20%(cantidad más de 200) +467.3

Extraído de la tabla 220.88. Optional Method-Permitted Load Calculations for service and Feeder Conductors for New Restaurants. Página 77 NFPA 70 (NEC 2017)

3.3 CALCULO DE LA DEMANDA SEGÚN LA IEC

Se toma como referencia el reglamento electrotécnico para baja tensión de Madrid, la guía para instalaciones eléctricas de Schneider del 2008 y Legrand, ya que la norma IEC deja a disposición de los operadores de red o entes, el estudio previo de las cargas a instalar y factores de simultaneidad, se toma estas tres normativas para hacer el estudio comparativo y poder cumplir los objetivos del proyecto, La IEC 61439-0 en el artículo 13.4 menciona lo anteriormente dicho. La IEC utiliza los factores K_u y K_s los cuales permiten determinar la demanda máxima de un circuito y potencia aparente realmente necesaria para dimensionar la instalación.

K_u (factor de utilización) = El cociente entre la potencia efectivamente demandada por la carga y la potencia nominal de la misma ($K_u = P_d / P_n$).

K_s (factor de simultaneidad) = El cociente entre la demanda máxima de una instalación y la suma de las potencias máximas individuales de todas Las cargas que pueden conectarse a ella ($K_s = DM_t / (\sum DM_i)$).

El reglamento electrotécnico para baja tensión de Madrid especifica el cálculo de corriente prevista en cada circuito se calculará de acuerdo con la fórmula:

$$I = n \times I_a \times K_s \times K_u$$

N= número de tomas o receptores.

I_a= intensidad prevista por toma o receptor.

K_s (factor de simultaneidad) =Relación de receptores conectados simultáneamente sobre el total.

K_u (factor de utilización) = Factor medio de utilización de la potencia máxima del receptor.

Factor de simultaneidad y factor de utilización para instalaciones residenciales.

En la tabla 23 se pueden detallar los factores para el cálculo de demanda máxima para los circuitos mínimos previstos, estos valores son sacados por el reglamento electrotécnico para baja tensión de Madrid.

Tabla 23. Factores de simultaneidad y utilización

Circuito de utilización	Factor de simultaneidad K_s	Factor de utilización K_u
Iluminación	0.75	0.5
Tomas de uso general	0.2	0.25
Cocina y horno	0.5	0.75
Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico	0.66	0.75
Baño, cuarto de cocina	0.4	0.5
Calefacción	----	-----
Aire acondicionado	----	-----
Secadora	1	0.75
Automatización	----	-----

Extraído de la tabla 1 Características eléctricas de los circuitos página 5 ITC-BT-25.

Schneider también posee factores de simultaneidad para este tipo de cargas los cuales están descritos en la tabla 24.

Tabla 24. Factor de simultaneidad

Función del circuito	Factor de simultaneidad (Ks)
Alumbrado	1
Calefacción y aire acondicionado	1
Tomas de corriente	De 0.1 a 0.2 (1)

Extraído de la Figura A13. Factor de simultaneidad según la función del circuito. Página A18 de la Guía de instalaciones eléctricas de Schneider.

- **Factor de simultaneidad correspondiente a un conjunto de viviendas:** en la tabla 25 se indican los factores de simultaneidad.

Tabla 25. Factor de simultaneidad, según el número de viviendas

Numero viviendas	Factor de simultaneidad
1	1
2	2
3-9	3 más 0,8 por cada vivienda
10-13	8.5 más 0,7 por cada vivienda
14-19	11,3 más 0,6 por cada vivienda
20	14,8
21	15,3
N>21	$15,3+(n-21)\times 0,5$

Extraído de la tabla 1 Coeficiente de simultaneidad, según el número de viviendas página 3 ITC-BT-10.

Para edificios cuya instalación este prevista para la aplicación de la tarifa nocturna, el factor de simultaneidad será de 1 (coeficiente de simultaneidad igual al número de viviendas).

- **Bloque de apartamento:** En la tabla 26 se muestran algunos valores típicos y se pueden aplicar a todos los consumidores domésticos con suministro de 240/420 V (trifásico de cuatro hilos). En el caso de los consumidores que utilizan acumuladores de calor eléctricos para la calefacción, se recomienda un factor de 0.8 con independencia del número de consumidores.

Tabla 26. Factores de simultaneidad en un bloque de apartamentos

Número de consumidores	Factor de simultaneidad (ks)
De 2 a 4	1
De 5 a 9	0.78
De 10 a 14	0.63
De 15 a 19	0.53
De 20 a 24	0.49
De 25 a 29	0.46
De 30 a 34	0.44
De 35 a 39	0.42
De 40 a 49	0.41
50 y más	0.40

Extraído de la Figura A10. Factor de simultaneidad según la función del circuito. Página A17 de la Guía de instalaciones eléctricas de Schneider.

- Servicios generales: factor de simultaneidad es igual a 1.
- Garajes: factor de simultaneidad igual a 1.
- Varios circuitos: En la tabla 32 se observan los factores de simultaneidad.

Factor de simultaneidad para instalaciones comerciales e industriales.

Para este tipo de instalaciones el factor de simultaneidad es 1, esto se puede aplicar a tomacorrientes e iluminación, para el caso de tomacorrientes debe ser un valor más grande que la especificada en la tabla 23 y 24.

- Ascensores y montacargas: para el motor más potente se toma un factor de simultaneidad de 1, para el segundo motor más potente un factor de 0.75 y para todos los motores de 0.60. La corriente que hay que tomar para este tipo

de cargas es igual a la corriente nominal del motor aumentada en un tercio de su corriente de arranque.

- Varios circuitos: Schneider muestra algunos valores hipotéticos de K_s para un cuadro de distribución que suministra a varios circuitos para los que no hay indicación sobre el modo en que se divide la carga total entre ellos en la tabla 27. Si los circuitos son principalmente para cargas de iluminación, sería prudente adoptar los valores de K_s cercanos a la unidad. Así mismo Legrand tiene sus factores de simultaneidad ya que cada fabricante de tableros los asigna vistos en la tabla 28.

Tabla 27. Factores de simultaneidad para número de circuitos Schneider

Numero de circuitos	Factor de simultaneidad (K_s)
Montajes comprobados completamente 2 y 3	0.9
4 y 5	0.8
De 6 a 9	0.7
10 y más	0.6
Montajes probados parcialmente; selección en cada caso.	1

Extraído de la Figura A12. Factor de simultaneidad para cuadros de distribución. Página A18 de la Guía de instalaciones eléctricas de Schneider.

Tabla 28. Factores de simultaneidad para el número de circuitos Legrand

Numero de circuitos	Factor de simultaneidad (K_s)
Montajes comprobados completamente 2 y 3	0.8
4 y 5	0.7
De 6 a 9	0.55
10 y más	0.4
Montajes probados parcialmente; selección en cada caso.	1

Extraído de Tableros a Norma Legrand página 27 factores de simultaneidad.

4. COMPARATIVO SOBRE EL USO Y PERTINENCIA DE CADA NORMA PARA EL CÁLCULO DE LA DEMANDA MAXIMA.

A continuación, se mostrarán las diferencias, similitudes, ventajas y desventajas identificadas de los procedimientos y recomendaciones por cada norma citada, se dispuso a efectuar un comparativo a grandes rasgos de los factores de demanda y demanda máxima según la normativa y los ejemplos citados en los anexos.

4.1 COMPARATIVO PARA EL CALCULO DE DEMANDA MAXIMA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y MULTIFAMILIARES SEGÚN NORMAS IEC, NTC-2050 Y NFPA 70 (NEC 2017)

Debido a que la NTC-2050 está basada en la NFPA 70 versión 1998 y es importante saber que tanto ha cambiado la NFPA 70 (NEC 2017) a través del tiempo, se tomara como referencia los datos de la NTC-2050. De igual manera para el comparativo de NTC-2050 e IEC, la NFPA 70 (NEC2017) no se comparara con la IEC ya que existe una pequeña diferencia con respecto a la NTC-2050, la comparación será entre la NTC-2050 e NFPA 70 (NEC) y la NTC-2050 con las normas basadas por la IEC.

- **Comparativo de carga instalada entre NTC 2050 y NFPA 70(NEC 2017):** se presenta pocas diferencias entre estas dos normas, la NFPA 70 (NEC 2017) ha aumentado en comparación con la NTC-2050 los valores de iluminación general en un 3,13%, las demás cargas permanecen constantes como se puede observar en la tabla 6.
- **Comparativo de carga instalada entre normas basadas en la IEC y NTC-2050:** el Manual Electrotécnico de Madrid establece dos tipos de instalaciones

básica y elevada las cuales deben tener un valor mínimo de 5750 W y 9200 W. la NTC establece un mínimo por m² para iluminación general y un valor máximo para circuitos ramales en la tabla 29 se muestran

Tabla 29. Comparativo NTC 2050 y normas basadas en la IEC

Carga	Diferencia
Iluminación general	La NTC establece un valor de acuerdo al área, las normas basadas por la IEC de acuerdo a las salidas.
Pequeños artefactos, lavado y planchado	las normas basadas por la IEC aumentan de la NTC-2050 en un 230 %
Secadora eléctrica de ropa.	Las normas basadas por la IEC disminuyen en un 69% con respecto a la NTC 2050
Estufas	Las normas basadas por la IEC cuentan con una potencia prevista 308,6% con respecto al mínimo que toma la NTC 2050.

- **Comparativo de factores de demanda entre NTC-2050 y NFPA 70 (NEC 2017):** solo se presenta una diferencia en los factores de demanda para secadoras eléctricas de ropa los cuales aumentaron en un 5% y un 10 % dependiendo el número de estufas.
- **Comparativo de factores de demanda entre NTC-2050 y normas basadas en la IEC:** Las normas basadas en la IEC cuenta con un factor de simultaneidad para cada carga instalada y con respecto al número de circuitos ramales que tengan se le aplican otro factor de simultaneidad descrito por el fabricante de tableros. Con respecto a las viviendas multifamiliares se tiene un método opcional, la NTC 2050 aplica este factor de demanda cuando se tiene más de 3 viviendas y las normas basadas en la IEC desde 2 viviendas, para un mínimo de casas su diferencia es del 222,22% y para el máximo es del 55%.
- Para el cálculo de demanda máxima se tomó el ejemplo número 2 b. descrito en el capítulo 9 de la NTC 2050 siendo su demanda máxima de 29192 VA, el NEC 2017 dispone de este mismo ejemplo y tiene una potencia máxima de 29200 VA, con respecto a la IEC se dispone de dos datos de demanda máxima

según el fabricante de tableros para Schneider es 20784 VA y para Legrand es 16331 VA. Se toma la NTC 2050 de referencia, la NEC 2017 esta 0,027% más elevada, Schneider un 28,8% menor y Legrand un 44,06% menor.

- Se tomó el ejemplo número 4 a. de la NTC 2050 descrito en el capítulo 9, siendo su demanda máxima de 104550 VA, la NEC tiene una demanda máxima de 105350 VA, la IEC dispone de dos datos de demanda según el fabricante de tableros, para Schneider es 88445 VA y Legrand 78618 VA, la diferencia porcentual teniendo como referencia la NTC 2050 es; con respecto a la NEC 2017 es de 0,77%, Schneider 15,4% y Legrand 24,8%.

En la tabla 30 y 31 se puede observar la demanda máxima para instalaciones residenciales unifamiliares y multifamiliares respectivamente, se toma como referencia la NTC 2050 ya que es la vigente en Colombia, se visualiza el cambio porcentual con respecto a la NEC 2017 e IEC vistos en tabla 32 y 33. La IEC tiene dos formas de calcular la demanda máxima y según el fabricante del tablero se toma un factor de simultaneidad, el primer método según la IEC es aplicar a cada circuito ramal su respectivo factor de simultaneidad y con el total de circuitos ramales se le aplica el factor de simultaneidad según el fabricante de tableros; Schneider tabla 27 y Legrand tabla 28, el segundo caso es sumar la potencia aparente de la vivienda, multiplicarla por el número de apartamentos y según el número de consumidores se multiplica por el factor de simultaneidad de la tabla 26, se le adiciona los circuitos ramales de áreas comunes según Legrand y Schneider. Los ejemplos para el cálculo de las demandas máximas están descritos en los ANEXOS A, B y C.

Tabla 30. Potencia para viviendas unifamiliares según su norma.

Norma		Potencia (kVA)
NTC 2050 (Anexo A ejemplo 1)		358,8
NEC 2017 (Anexo B ejemplo 1)		361
IEC (Anexo C ejemplo 1)	Schneider	244,2
	Legrand	191,9

Tabla 31. Potencia para viviendas multifamiliar según su norma.

Normativa		potencia (kVA)
NTC 2050 (Anexo A ejemplo 2)		381,2
NEC 2017 (Anexo B ejemplo 2)		382,6
IEC (Anexo C ejemplo 2)	Legrand	283,2
	Schneider opc.1	360,4
	Schneider opc. 2, área común Schneider	335,4
	Schneider opc 2, área común Legrand	297,7

Tabla 32. Cambio porcentual unifamiliar

Comparativo	Diferencia (%)
NTC 2050 - NEC 2017	0,6
NTC 2050 - IEC (Schneider)	32,0
NTC 2050 - IEC (Legrand)	46,5

Tabla 33. Cambio porcentual multifamiliar

Comparativo	Diferencia (%)
NTC 2050 - NEC 2017	0,4
NTC 2050 - Legrand	25,7
NTC 2050 - Schneider opc. 1	5,5
NTC 2050 - Schneider opc.2 área común Schneider	12,0
NTC 2050 - Schneider opc.2 área común Legran	21,9

4.2 COMPARATIVO PARA EL CALCULO DE DEMANDA MAXIMA EN INSTALACIONES COMERCIALES E INDUSTRIALES SEGÚN NORMAS IEC, NTC-2050 Y NFPA 70 (NEC 2017)

La NTC 2050 y la NEC 2017 no hace distinciones sobre este tipo de cargas se trabajarán en paralelo, se determinará el cambio de la NTC 2050 con respecto a la NEC 2017 y las diferencias con la IEC.

- **Comparativo de carga instalada entre NTC 2050 y NFPA 70(NEC 2017):** presenta diferencias en las cargas de alumbrado general las cuales algunas aumentaron hasta un 10% en la NFPA, de igual manera la NTC-2050 no considera la iluminación de pista y la NFPA 70 no considera los rieles de alumbrado.
- **Comparativo de carga instalada entre normas basadas en a IEC y NTC-2050:** La IEC cuenta con un valor fijo mínimo si es comercial o industrial de 100 W y 125 W metro cuadrado respectivamente con respecto al reglamento electrotécnico de Madrid, Schneider se centra en el sector industrial dando sus valores unitarios según el tipo de taller. La IEC en motores se eleva un 6,4%, la diferencia es que en la IEC se debe aumentar todos los motores la potencia y en la NTC 2050 el de mayor potencia.
- **Comparativo de factores de demanda entre NTC-2050 y NFPA 70 (NEC 2017):** Presentan cambios en acometidas de nuevos restaurantes; la carga instalada de la NTC 2050 tiene un porcentaje según lo instalado, la NEC 2017 según la carga se le debe sacar un porcentaje y sumarle una potencia sea el caso.
- **Comparativo de factores de demanda entre NTC-2050 e IEC:** Las normas basadas en la IEC cuenta con un factor de simultaneidad para cada carga instalada y con respecto al número de circuitos ramales que tengan se le aplican otro factor de simultaneidad descrito por el fabricante de tableros. En motores aparte de la carga de mayor potencia las normas basadas en la IEC toman la segunda carga un 25% menor y el resto de cargas un 40% menor a la NTC 2050.

Schneider posee un valor unitario para oficinas diferente al reglamento electrotécnico de Madrid, por ende, se hará el cálculo de la demanda máxima para la IEC de dos formas; opción uno, tomando oficinas según Schneider y opción dos, Reglamento electrotécnico de Madrid. En la tabla 34 se muestra las potencias de la demanda máxima según sus respectivas normas para comercial y en la tabla

35 para industrial. Los ejemplos para el cálculo de las demandas máximas están descritos en los ANEXOS A, B y C.

Tabla 34. **Demanda máxima para la instalación comercial**

Normativa	Potencia (kVA)	
NTC 2050 (Anexo A ejemplo 3)	201,4	
NEC 2017 (Anexo B ejemplo 3)	202,4	
Demanda máxima IEC (Anexo C ejemplo 3)		
Fabricante	Potencia opción 1 (kVA)	Potencia opción 2 (kVA)
Schneider	187,3	189,8
Legrand	136,7	135,5

Tabla 35. **Demanda máxima para la instalación industrial**

Normativa	potencia (kVA)	
NTC 2050 (Anexo A ejemplo 4)	33,7	
NEC 2017 (Anexo B ejemplo 4)	33,8	
IEC (Anexo C ejemplo 4)	Schneider	35,1
	Legrand	27,6

En la tabla 36 y 37 se describen el porcentaje que cambia la potencia de una instalación comercial e industrial respectivamente tomando como referencia la NTC 2050.

Tabla 36. **Cambio porcentual comercial**

Comparativo	Diferencia (%)
NTC 2050 - NEC 2017	0,5
NTC 2050 - Schneider opc. 1	7,0
NTC 2050 - Schneider opc. 2	5,8
NTC 2050 - Legrand opc. 1	32,1
NTC 2050 - Legrand opc. 2	32,7

Tabla 37. **Cambio porcentual industrial**

Comparativo	Diferencia (%)
NTC 2050- NEC 2017	0,2
NTC 2050 - Schneider	4,0
NTC 2050 - Legrand	18,3

5. CONCLUSIONES

El trabajo se desarrolló cumpliendo los diferentes objetivos propuestos, consultando las tres normas y en algunos casos libros que referencian dichas normas. Las normas IEC tienen un costo elevado y la Universidad Industrial de Santander no tiene convenio para consultar dichas normas, lo cual hizo difícil el desarrollo del trabajo. Se determinó los métodos para la carga instalada y demanda máxima de las diferentes instalaciones eléctricas de uso final. Es importante valorar que la NTC-2050 no hace diferencia entre las instalaciones comerciales e industriales.

- Cabe resaltar que la IEC 60364 es mencionada en el RETIE y puede ser usada para diseño de instalaciones de uso final, pero esta no cuenta con factores de demanda o de simultaneidad, ni con cálculos para determinar la carga instalada.
- En el cálculo de la carga instalada se utiliza grupos de cargas de acuerdo a su uso, aplicación y tamaño, para instalar dichas cargas en la futura instalación, de acuerdo a la NTC 2050, NEC 2017 e IEC se dividen en circuitos ramales con unos valores de potencia recomendados y en algunos casos obligatorios.
- Como resultado la NTC 2050 está basada en una norma extranjera y de cierta manera no se ha realizado y reglamentado el estudio para las cargas de acuerdo a los pisos térmicos en Colombia, puede que los cálculos de carga instalada y demanda máxima no sean apropiados a lo que realmente deberían ser.

- Se encontró que en el cálculo de la carga instalada no hay grandes diferencias entre la NTC-2050 y el NEC 2017, solo en algunos valores de iluminación general, con diferencia máxima del 10% como se muestra en la tabla 6. Entre la IEC y NTC 2050 se presentan diferencias en casi todos los tipos de cargas, resaltando que en la carga tipo motor la NTC-2050 y NEC 2017 se eleva en un 25% la potencia del mayor motor, mientras que las normas basadas en la IEC elevan 1/3 todas las cargas tipo motor.
- Es importante valorar que en la metodología para el cálculo de la demanda máxima en instalaciones residenciales, comerciales e industriales no se presenta diferencias significativas entre la NTC-2050 y NEC 2017. Pero entre la NTC-2050 y las normas basadas en la IEC si se presentar grandes diferencias y más en instalaciones residenciales.
- Se encontró que la NFPA 70(NEC 2017) en estos 20 años, luego de haber sido tomada como referente para la NTC-2050, no ha tenido cambios en términos de la carga instalada y demanda aplicadas a las nuevas tecnologías como la iluminación LED, bombillas ahorradoras y estufas de inducción entre otros.
- Todas las normas presentan ventajas y desventajas, la NTC-2050 Y NEC 2017 recomiendan mayores valores de potencia evitando que se sobrecargue el transformador y con posibilidad de adiciones futuras de carga, pero con un costo inicial mayor. Por el contrario, las normas basadas en la IEC sugieren valores menores de carga adaptadas a las nuevas tecnologías, con un costo de instalación menor.
- Se determinó que para estudios futuros queda el comparativo de cargas y demanda máxima entre los diferentes operadores de red en Colombia, donde se resalten los aspectos más importantes.

BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO, F. B. R. Metodología para el cálculo de factores de simultaneidad y demanda. 2007.

CENTRALES ELÉCTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A.E.S.P. Instalaciones Internas CENS- Norma Técnica – CNS-NT-08. Norte de Santander. 2015.

COLOMBIA MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Código eléctrico colombiano: Norma Técnica Colombiana 2050 – NTC 2050. 1998.

COMUNIDAD DE MADRID. Servicio de Normativa Técnica, Supervisión y Control. Reglamento Electrotécnico para baja tensión. 2004.

DÍAZ VERGEL, E., García Moya, W., & Quintero Martínez, E. Estudio Preliminar de los Factores de Demanda Máxima y de Diversidad en el Área Metropolitana de Bucaramanga. Bucaramanga.1996.

GUEVARA ROJAS, J. A., & López Osorio, D. Comprobación Preliminar de los Factores de Demanda Máxima y de Diversidad en el Área Metropolitana de Bucaramanga. Bucaramanga.1997.

RAMÍREZ, Samuel. Redes de Distribución de Energía. Manizales. 2004.

SCHNEIDER ELECTRIC. Guía de diseño de instalaciones eléctricas. Según normas internacionales IEC. 2008.

TANAKA, R. International Standard. Order A Journal On the Theory of Ordered Sets and Its Applications.2009.

ZAMBRANO, Medina & MEDINA Coneo. Estudio Comparativo de los Factores de Demanda Maxima y Diversidad Según Normas ESSA y NTC 2050. Bucaramanga. 2000.

ANEXOS

ANEXO A. EJEMPLOS DEL CALCULO DE DEMANDA MAXIMA SEGÚN LA NTC-2050

Se mostrarán ejemplos según el tipo de instalación; en instalaciones residenciales se tomaron las unifamiliares y multifamiliares, en las instalaciones comerciales se tomó un edificio con varios tipos de instalaciones de esta índole, para la instalación industrial una pequeña empresa.

A.1. EJEMPLO 1: CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA PARA VIVIENDA UNIFAMILIARES

Se toma como ejemplo una vivienda de dos pisos los cuales tienen un área de 102,4 m² en el primer piso, 94,78 m² en el segundo piso y 73,6 m² de áreas no techadas que comprenden de garaje, patio y jardín. El transformador abastece a un total de 20 viviendas.

Para el cálculo de la carga instalada (C.I) de iluminación y tomacorrientes se dispone la siguiente ecuación:

$$C.I.= \text{Área (m}^2\text{)} \times \text{carga unitaria (VA/ m}^2\text{)} \quad \text{formula 1.}$$

En la tabla 38 se encuentra la potencia mínima que debe tener la vivienda para las áreas techadas y no techadas, en la tabla 39 se muestran las diferentes cargas de la vivienda

Tabla 38. Potencia según área

Zona	Área (m ²)	Carga unitaria (VA/ m ²)	Potencia (VA)
Área techada	197,18	32	6310
Área no techada	73,6	5	368

Tabla 39. Cargas vivienda

Carga	Potencia aparente (VA)
Lavadora	1500
Calentador de agua	1600
Secador eléctrico de ropa	3100
Aire acondicionado	5100
Calefacción	5400
Cocina eléctrica con horno	5200
Iluminación y tomacorriente	6680
Pequeños artefactos	3000

Se dispone a encontrar la carga instalada sin aire acondicionado ni calefacción (C.l.r), ya que la calefacción y el aire acondicionado no se prenden a la par, se toma el de mayor potencia y se encuentra la potencia total instalada (C.l.t) estas potencias vistas en la tabla 40

Tabla 40. Potencias C.l.r y C.l.t

Circuito ramal	Potencia (VA)
C.l.r	21080
C.l.t	26480

Para el cálculo de la demanda máxima se toma los primeros 10 kVA al 100% de C.l.r y la carga restante al 40%, La suma da la carga instalada total sin la calefacción ni aire acondicionado (C.t.t), para encontrar la demanda máxima se le debe adicionar a C.t.t el 65% de la potencia de la calefacción ya que no van a

funcionar a la par el aire acondicionado ni la calefacción, la demanda máxima se puede ver en la tabla 41.

Tabla 41. Demanda máxima

C.t.1 (primeros 10 kVA de C.l.r)	10 kVA
C.t.2 (restantes de C.l.r al 40%)	4432 VA
C.t.t	14432 VA
Demanda máxima	17942 VA

La carga del neutro se especifica en la sección 3.1.1 (factores de demanda para instalaciones residenciales), en la tabla 42 se obtiene el valor de la carga.

Tabla 42. Carga del neutro

Circuito de neutro	Potencia (VA)
C.n.1 (iluminación, tomacorriente y lavadora)	11180
C.n.2 (los primeros 3 kVA de C.n.1)	3000
C.n.3 (demás carga de C.n.2 al 35 %)	2863
C.n.4 (Estufa los primeros 8 kVA al 70%)	5600
C.n.5 (secador de ropa al 70%)	2170
total (C.n.2+C.n.3+C.n.4+C.n.5)	13633

Con la demanda máxima y el número de viviendas se obtiene la potencia que debe tener el transformador, la cual es 358840 VA.

A.2. EJEMPLO 2: CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA PARA VIVIENDAS MULTIFAMILIARES

Se dispone de un edificio de 7 pisos con 21 apartamentos, estos tienen 110 m² cada uno, el edificio dispone de jacuzzi, bomba periférica, un ascensor y motor para el portón. Dos pisos subterráneos para garajes con un área de 320 m² y zonas no techadas de 190 m², Con la ecuación 1 del apartado A1.1 se encuentran

la potencia de iluminación y tomacorrientes del apartamento, en la tabla 43 se puede ver los datos de potencia. En la tabla 44 se tiene las cargas.

Tabla 43. Potencia de iluminación y tomacorrientes

Zona	Área (m ²)	Carga unitaria (VA/ m ²)	Potencia (VA)
Área apartamento	110	32	3520

Tabla 44. Cargas del apartamento

Carga	potencia aparente (VA)
Lavadora	1500
Calentador de agua	1600
Secador eléctrico de ropa	3100
Aire acondicionado	5100
Calefacción	5400
Cocina eléctrica con horno	5200
Iluminación y tomacorriente	3522
Pequeños artefactos	3000

Se hace el mismo procedimiento de A1.1 (NTC 2050), en la tabla 45 se encuentran las potencias de demanda máxima, instalada, neutro y el total de todos los apartamentos.

Tabla 45. Potencia total

	Potencia (VA)
Carga instalada	23320
Demanda máxima	16679
Carga del neutro	12528
Potencia de todos los apartamentos	350,3 kVA

En la tabla 9 se muestran las cargas de áreas comunes para determinar la demanda máxima.

Tabla 46. Circuito ramal áreas comunes y carga instalada

Carga	Potencia (VA)
Iluminación y tomacorriente	2550
Pequeños artefactos	3000
Motor jacuzzi	1000
Bomba periférica	3000
Portones de garaje	1400
Ascensores	16000
Carga instalada	26950

Se toma el motor con más potencia y se le adiciona un 25% y los demás motores a potencia nominal más los primeros 10 kVA y al 35% el resto de cargas, la demanda máxima es 31 kVA.

Para el cálculo de la potencia del neutro se toma los primeros 3 kVA al 100% de los circuitos de iluminación y tomacorrientes más los de pequeños artefactos y el resto de la carga al 35% y las cargas de tipo motor al 70% (portón) la potencia da 4873 VA y la de todo el edificio es la adición de la potencia del neutro de áreas comunes con la de todos los apartamentos y su valor es 268 kVA.

La demanda máxima del edificio es la potencia de los 21 apartamentos más la de las áreas comunes, esta demanda es 381,2 kVA.

A.3. EJEMPLO 3: CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA PARA INSTALACIONES COMERCIALES

Se toma de ejemplo un edificio de siete pisos que tienen las siguientes especificaciones: en el primer piso existe un restaurante, en el segundo un almacene de vitrinas, en el tercer piso un almacén de abarrotes, en el cuarto piso oficinas, en el quinto piso un hotel, el sexto piso un bar con jardines y lo referente a cargas tipo motor, un sótano como parqueadero y parqueadero externo con jardín, las áreas se especifican en la tabla 47.

Tabla 47. Áreas edificio comercial

Tipo	Área (m ²)	Área común (m ²)
Restaurante	300	100
Almacén de vitrinas	320	80
Almacén de abarrotes	350	50
Oficinas	350	50
Hotel	340	60
Bar	200	50
Garajes	550	50

Los procedimientos para el cálculo de la carga de iluminación, demanda máxima y cálculo del neutro se especifican en A1.1, cambian según la carga unitaria y depende del tipo de circuito que se vaya a usar, estos vistos en la tabla 48.

Tabla 48. Carga de alumbrado según tipo de ocupación comercial

Tipo	Carga unitaria según tipo (VA/m ²)
Restaurante	22
Almacén de vitrinas	22
Almacén de abarrotes	32
Oficinas	38
Hotel	22
Bar	22
Garajes y área común	5

En la tabla 49 se observan las cargas del restaurante, en la tabla 50 los del bar y en la tabla 51 cargas tipo motor, estas tablas no contienen las cargas de pequeños artefactos, iluminación y tomacorrientes

Tabla 49. Cargas restaurante.

Carga	Circuito ramal	Potencia aparente (VA)
Cafetería	C.I.1	2500
Campana extractora	C.I.2	2000
Horno	C.I.3	5200
Termo acumulador	C.I.4	3000

Tabla 50. Cargas Bar

Carga	Circuito	Potencia (VA)
Refrigeración	C.I.5	3000
Sonido	C.I.6	2000

Tabla 51. Cargas tipo motor

Carga	Circuito	Potencia (VA)
Ascensor	C.I.7	16000
Bomba periférica	C.I.8	3000
Motor garaje	C.I.9	1400

No existen otras cargas aparte de las mencionadas anteriormente y de los aires acondicionados, en la tabla 52 se dará la demanda máxima y la carga del neutro.

Tabla 52. Potencia total edificación comercial.

Tipo	Carga instalada (VA)	Demanda Máxima (VA)	Carga del neutro(VA)
Restaurante	30900	19635	15425
Almacén de vitrinas	85840	45436	39134
Almacén de abarrotes	74750	39725	33468
Oficinas	37850	24965	20553
Hotel	32080	22657	18533
Bar	19250	14975	12223
Tipo motor y garajes	29600	34000	6290
Total	310,3 kVA	201,4 kVA	145,6 kVA

A.4. EJEMPLO 4: CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA PARA INSTALACIONES INDUSTRIALES

Se pondrá de ejemplo una empresa de 600 m² con un área de oficinas de 70 m², 100 m² de áreas comunes y un almacén de 50 m², en la tabla 53 se tienen las cargas a instalar con su respectiva potencia aparente. En la tabla 54 se tiene la

potencia aparente de iluminación y tomacorriente con respecto a la carga unitaria según el caso dado en el ejemplo.

Tabla 53. Cargas instalación industrial

Carga	Potencia aparente (VA)
Motor 1	3000
Motor 2	1400
Motor 3	2000
Aire acondicionado	5100
Cortadora	1200
Compresor	1500
Tronchadora	1800
Esmeril	1000
Soldador	4500
Pequeños artefactos	9000

Tabla 54. Carga unitaria y potencia de iluminación y tomacorrientes

Tipo	Carga unitaria (VA/m ²)	Potencia (VA)
Industrial	22	13200
Oficina	38	2660
Áreas comunes	5	500
Almacén	2,5	125

Para el cálculo de la demanda máxima se repite lo mencionado cuando existen motores, de igual manera para la carga del neutro, en la tabla 55 se observa la carga instalada, demanda máxima y carga del neutro.

Tabla 55. Demanda máxima y carga del neutro

	Potencia (VA)
Carga instalada	46985
Demanda máxima	33718
Carga del neutro	12410

ANEXO B. EJEMPLOS CÁLCULO DE LA DEMANDA SEGÚN LA NFPA 70 (NEC 2017)

Se mostrarán ejemplos según el tipo de instalación; en instalaciones residenciales se tomaron las unifamiliares y multifamiliares, en las instalaciones comerciales se tomó un edificio con varios tipos de instalaciones de esta índole, para la instalación industrial una pequeña empresa.

B.1. EJEMPLO 1: CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA PARA VIVIENDA UNIFAMILIARES

Se toma el ejemplo 1 descrito en el anexo 1 y el procedimiento para el cálculo de la demanda máxima descrito en dicha sección, solo aumentan 1 VA/ m², la potencia de iluminación y tomacorrientes a la cual al multiplicar por el área da 6950, en la tabla 56 se observa las potencias adquiridas.

Tabla 56. Potencia unifamiliar según NFPA 70

	Potencia (VA)
Carga instalada	21349
Demanda máxima vivienda	18050
Carga del neutro vivienda	13728

La demanda máxima de cada vivienda se debe multiplicar por las 20 unidades de vivienda para obtener la potencia que debe tener el transformador, su potencia es 361 kVA.

B.2. EJEMPLO 2: CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA PARA VIVIENDAS MULTIFAMILIARES

Se toma el ejemplo 2 del anexo A este cambia en los valores unitarios de carga para iluminación y tomacorrientes sumándole 1 VA/ m², los circuitos ramales de iluminación y tomacorrientes en el apartamento tiene un total de 3630 VA y en áreas comunes 3060 VA, en la tabla 57 se dan las potencias resultantes siguiendo los pasos descritos en el anexo A.

Tabla 57. Potencia de vivienda multifamiliar según NFPA 70

	Potencia (VA)
Carga instalada apartamento	23430
Demanda máxima apartamento	16722
Carga del neutro apartamento	12566
Potencia de todos los apartamentos	351162
Carga instalada áreas comunes	27460
Demanda máxima áreas comunes	31460
carga del neutro áreas comunes	5051
Total carga instalada del edificio	519,5 kVA
Total de carga del neutro del edificio	268,9 kVA
Total demanda máxima del edificio	382,6 kVA

B.3. EJEMPLO 3: CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA PARA INSTALACIONES COMERCIALES

Se toma el ejemplo 3 del anexo A y el procedimiento del ejemplo 1 del anexo A para encontrar el cálculo de la demanda máxima y carga del neutro de la tabla 3, la tabla 48 del anexo A cambia según lo indica la tabla 6 del proyecto. En la tabla 58 se muestra los valores de demanda máxima.

Tabla 58. Potencia de la instalación comercial NFPA 70

Tipo	Carga instalada (VA)	Demanda Máxima (VA)	Carga del neutro(VA)
Restaurante	31000	19675	15460
Almacén de vitrinas	85920	45468	39162
Almacén de abarrotes	75150	39885	33608
Oficinas	38250	25125	20693
Hotel	32140	22681	18 554
Bar	19300	14995	12240
Tipo motor y garajes	30600	34600	6290
Total	312,4 kVA	202,4 kVA	146 kVA

B.4. EJEMPLO 4: CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA PARA INSTALACIONES INDUSTRIALES

Se toma el ejemplo 4 del anexo A, la tabla 54 del anexo A cambia según sea el caso de la carga unitaria vista en la tabla 6 del proyecto, y se repite el mismo procedimiento descrito en este tipo de cargas en el anexo A, en la tabla 59 se observa la carga instalada, demanda máxima y la carga del neutro.

Tabla 59. Potencia de la instalación industrial NFPA 70

	Potencia (VA)
Carga instalada	47180
Demanda máxima	33797
Carga del neutro	2478

ANEXO C. EJEMPLOS DEL CÁLCULO DE LA DEMANDA SEGÚN LA IEC

Se mostrarán ejemplos según el tipo de instalación; en instalaciones residenciales se tomaron las unifamiliares y multifamiliares, en las instalaciones comerciales se tomó un edificio con varios tipos de instalaciones de esta índole, para la instalación industrial una pequeña empresa.

C.1. EJEMPLO 1: CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA PARA VIVIENDA UNIFAMILIARES

Se toma el ejemplo 1 descrito en el anexo 1, al calcular la demanda máxima con respecto a la IEC se debe saber la carga a instalar por ende se hace una aproximación, en la tabla 60 se encuentran las cargas con su potencia, como el fabricante de los tableros tiene sus propios factores de diversidad se tomaron los de Legrand y Schneider.

Tabla 60. Potencia unifamiliar según IEC

Carga	Potencia aparente (VA)	Factor de simultaneidad	Potencia (VA)
Alumbrado	3936	0,75	2952
Tomacorriente	3450	0,2	690
Lavadora y calentador de agua	3450	0,66	2277
Secadora	3450	1	3450
Aire acondicionado	5750	1	5750
Calefacción	5750	1	5750
Cocina eléctrica	5400	0,5	2700
Carga instalada	31186	total	23569
Schneider	Factor de simultaneidad 0,7		16498
Legrand	Factor de simultaneidad 0,55		12963

La potencia obtenida en la tabla 60 se debe multiplicar por el factor de simultaneidad de acuerdo al número de viviendas de acuerdo a la tabla 25, en este caso el factor de simultaneidad es 14.8 ya que el ejemplo descrito es de 20

viviendas, en el caso de Schneider la potencia del transformador es 244,2 kVA y Legrand 191,9 kVA.

C.2. EJEMPLO 2: CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA PARA VIVIENDAS MULTIFAMILIARES

En el caso de la iluminación y tomacorrientes se tomó una potencia cercana a la obtenida en el ejemplo 2 anexo A y se dispuso este como ejemplo con sus respectivas cargas, en la tabla 61 se observa la carga de un apartamento con su potencia, en el caso de áreas comunes se observan sus cargas en la tabla 62.

Tabla 61. Circuitos ramales y carga instalada apartamento

Carga	Potencia aparente (VA)	Factor de simultaneidad	Potencia (VA)
Alumbrado	3200	0,75	2400
Tomacorriente	3450	0,2	690
Lavadora y calentador de agua	3450	0,66	2277
Secadora	3450	1	3450
Aire acondicionado	5750	1	5750
Calefacción	5750	1	5750
Cocina eléctrica	5400	0,5	2700
Carga instalada	30450	total	23017
Schneider	Factor de simultaneidad 0,7		16112
Legrand	Factor de simultaneidad 0,55		12659

Tabla 62. Circuitos ramales y carga instalada apartamento

Carga	Potencia aparente (VA)	factor de simultaneidad	potencia (VA)
Iluminación (2 circuitos)	5100	0,75	3825
Tomacorrientes (2 circuitos)	6900	0,2	1380
Motor jacuzzi	1333	0,6	800
Bomba periférica	3999	0,75	2999
Portón garaje	1867	0,6	1120
Ascensor	21328	1	21328
Carga instalada	40527	total	31452
Schneider	Factor de simultaneidad 0,7		22017
Legrand	Factor de simultaneidad 0,55		17299

Para tener el cálculo de la demanda máxima de todo el edificio se tomaron tres métodos: uno de Legrand Y dos de Schneider, el primero de Schneider fue tomar cada uno de los circuitos ramales y aplicarle el factor de simultaneidad y el segundo fue tomar la potencia aparente de cada uno de los circuitos ramales multiplicar por el número de apartamentos y aplicar los factores de simultaneidad de la tabla 26 del proyecto y se le adiciona las áreas comunes de Legrand o Schneider como se muestra en la tabla 63.

Tabla 63. Demanda máxima

Método	Potencia (kVA)
Demanda máxima Legrand	283,2
Demanda máxima Schneider 1	360,4
Demanda máxima Schneider 2 (Áreas comunes Schneider)	335,4
Demanda máxima Schneider 2 (Áreas comunes Legrand)	297,7

C.3. EJEMPLO 3: CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA PARA INSTALACIONES COMERCIALES

Se toma el ejemplo 3 del anexo A y en las tablas de la 64 a la 71 se pueden ver el cálculo de la demanda máxima del restaurante, almacén de vitrinas, almacén de abarrotes, oficinas Schneider, oficinas reglamento electrotécnico de Madrid, hotel, bar y por ultimo motor y garajes respectivamente.

Tabla 64. Potencias de la instalación comercial restaurante IEC

Carga	Potencia aparente (VA)	Factor de simultaneidad	Potencia (VA)
Iluminación (2 circuitos)	15000	0,75	11250
Tomacorriente (3 circuitos)	10350	0,4	4140
Cafetera	2500	1	2500
Campana extractora	2000	1	2000
Horno	5200	0,5	2600
Termo acumulador	3000	1	3000
Aire acondicionado	5100	1	5100
Carga instalada	43150	Total	30590
	Schneider	Factor simultaneidad 0,7	21413
	Legrand	Factor simultaneidad 0,55	16825

Tabla 65. Potencias de la instalación comercial vitrinas IEC

Carga	Potencia aparente (VA)	Factor de simultaneidad	Potencia (VA)
Iluminación (7 circuitos)	56000	0,75	42000
Tomacorriente (4 circuitos)	13800	0,4	5520
Aire acondicionado (4 circuitos)	20400	1	20400
Carga instalada	90200	Total	67920
Schneider		Factor simultaneidad 0,6	40752
Legrand		Factor simultaneidad 0,4	27168

Tabla 66. Potencias de la instalación comercial almacén abarrotes IEC

Carga	Potencia aparente (VA)	Factor de simultaneidad	Potencia (VA)
Iluminación (7 circuitos)	35000	0,75	26250
Tomacorriente (5 circuitos)	18250	0,4	7300
Aire acondicionado(3 circuitos)	15300	1	15300
Carga instalada	68550	Total	49200
Schneider		Factor simultaneidad 0,6	29520
Legrand		Factor simultaneidad 0,4	19680

Tabla 67. Potencias de la instalación comercial de oficina IEC (Schneider)

Carga	Potencia aparente (VA)	Factor de simultaneidad	Potencia (VA)
Iluminación (3 circuitos)	11000	0,75	8250
Tomacorriente	10350	0,4	4140
Aire acondicionado (4 circuitos)	20400	1	20400
Carga instalada	41750	Total	32790
Schneider		Factor simultaneidad 0,6	19674
Legrand		Factor simultaneidad 0,4	13116

Tabla 68. Potencias de la instalación comercial de oficina IEC (reglamento electrotécnico de Madrid)

Carga	Potencia aparente (VA)	Factor de simultaneidad	Potencia (VA)
Iluminación (4 circuitos)	25000	0,75	18750
Tomacorriente (3 circuitos)	10350	0,4	4140
Aire acondicionado (2 circuitos)	20400	1	20400
Carga instalada	55750	Total	43290
Schneider		Factor simultaneidad 0,6	25974
Legrand		Factor simultaneidad 0,4	17316

Tabla 69. Potencias de la instalación comercial hotel IEC

Carga	Potencia aparente (VA)	Factor de simultaneidad	Potencia (VA)
Iluminación (3 circuitos)	24201	0,75	18151
Tomacorriente (3 circuitos)	10350	0,4	4140
Aire acondicionado (3 circuitos)	15300	1	15300
Carga instalada	49851	Total	37591
Schneider		Factor simultaneidad 0,7	26314
Legrand		Factor simultaneidad 0,55	20675

Tabla 70. Potencias de la instalación comercial bar IEC

carga	Potencia aparente (VA)	Factor de simultaneidad	Potencia (VA)
Iluminación (4 circuitos)	21000	0,75	15750
Tomacorriente (3 circuitos)	10350	0,4	4140
Refrigeración	3000	1	3000
Equipo de sonido	2000	1	2000
Aire acondicionado	5100	1	5100
Carga instalada	41450	Total	29990
Schneider		Factor simultaneidad 0,6	17994
Legrand		Factor simultaneidad 0,4	11996

Tabla 71. Potencias de la instalación de motores y áreas comunes IEC

carga	Potencia aparente (VA)	Factor de simultaneidad	Potencia (VA)
Iluminación (2 circuitos)	12000	0,75	9000
Tomacorrientes (3 circuitos)	10350	0,4	4140
ascensores	21328	1	21328
bomba periférica	3999	1	3999
motor garaje	1866	1	1866
carga instalada	49543	Total	40333
Schneider		Factor simultaneidad 0,7	28233
Legrand		Factor simultaneidad 0,55	22183

El cálculo de la demanda máxima esta descrito en la tabla 72, se tiene en cuenta según el fabricante de tableros, la opción uno hace referencia con oficinas desde la normativa Schneider y la dos vistas desde el reglamento electrotécnico de Madrid.

Tabla 72. Demanda máxima instalación comercial IEC

Normativa	Carga instalada (kVA)	Potencia opción 1 (kVA)	Potencia opción 2 (kVA)
Schneider	440,2	187,3	189,8
Legrand	440,2	136,7	135,5

C.4. EJEMPLO 4: CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA PARA INSTALACIONES INDUSTRIALES

Se toma de guía el ejemplo 3 del anexo A, en la tabla 73 se observa las cargas con su respectiva potencia, así como el cálculo de la demanda máxima. La norma especula que a todos los tipos motor se le debe adicionar un tercio de su potencia.

Tabla 73. Demanda máxima instalación industrial IEC

Marga	Potencia aparente (VA)	Factor de simultaneidad	Potencia (VA)
Motor 1	3999	0,75	2999
Motor 2	1866	0,6	1120
Motor 3	2666	0,6	1600
Aire acondicionado	5100	1	5100
Cortadora	1600	0,6	960
Compresor	2000	0,6	1200
Tronchadora	2399	0,6	1439
Esmeril	1333	1	1333
Soldador	5999	1	5999
Iluminación	18000	1	18000
Tomacorriente	10350	1	10350
Carga instalada	55312	Total	50100
Schneider		Factor simultaneidad 0,7	35070
Legrand		Factor simultaneidad 0,55	27555