

CAPITULO 2

TÍTULO 1: CÁLCULOS DE DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA

EBSA 2.1-CD

SECCIÓN

2.1.1 CONCEPTOS GENERALES

1

2.1.1.1 INTRODUCCIÓN

El cálculo de la demanda máxima diversificada constituye un pilar fundamental en el diseño y planeación de las instalaciones eléctricas residenciales, al permitir una estimación realista de la carga que será exigida a la red en condiciones de operación normal. Su aplicación asegura un dimensionamiento adecuado de alimentadores, transformadores y protecciones, evitando tanto la sobreestimación que encarece innecesariamente los proyectos, como la subestimación que compromete la seguridad y confiabilidad del suministro eléctrico.

Este documento presenta una metodología técnica y estadísticamente fundamentada para la determinación de la demanda diversificada en contextos urbanos y rurales, integrando factores socioeconómicos y climáticos que influyen en los patrones de consumo. La propuesta se soporta en datos reales de operación, tratados bajo modelos de distribución representativos, y se desarrolla en concordancia con lo establecido en la NTC 2050 (segunda actualización), el RETIE 2024 y estándares internacionales como el IEEE Std 739-2018.

El objetivo es proporcionar al diseñador eléctrico una herramienta normativa clara, práctica y respaldada, que oriente la toma de decisiones en proyectos de redes de baja tensión residenciales, garantizando la eficiencia técnica, la viabilidad económica y la coherencia con el comportamiento real de los usuarios.

2.1.1.2 NORMAS Y ESTÁNDARES

Normativa/Estándar	Descripción
RETIE 2024, Título 3 del Libro 3	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, establece requisitos técnicos para el diseño de las instalaciones eléctricas.
NTC 2050, Artículo 220 segunda actualización	Norma Técnica Colombiana que proporciona especificaciones detalladas para ciertos aspectos de instalaciones eléctricas en Colombia. Cálculo de cargas del alimentador y del circuito ramal.
IEEE Std 739-2018	IEEE Recommended Practice for Energy Systems Analysis (Brown Book).
IEEE Std 1366-2012:	Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices.
IEC 60076	Power transformers

Tabla 1. Documentos de referencia, normas y reglamentos adicionales





2.1.1.3 GENERALIDADES



A) DEFINICIÓN Y OBJETIVO

Este título establece los fundamentos técnicos y metodológicos para la estimación de la demanda máxima diversificada en instalaciones eléctricas residenciales, tanto urbanas como rurales, conectadas a redes de baja tensión. Esta demanda corresponde al valor estimado de carga eléctrica máxima esperada en una instalación, su estimación mejora la eficiencia técnica y económica del diseño eléctrico. Su correcta aplicación reduce errores comunes en la estimación de carga y permite un diseño más coherente con el comportamiento real de los usuarios.

La demanda diversificada por usuario se presenta en una tabla que permite su aplicación directa en el diseño normativo de redes de distribución en baja tensión.

B) CRITERIOS DE DISEÑO

La metodología para hallar la curva de demanda diversificada se basó en el procesamiento estadístico de datos horarios reales registrados en 200 transformadores residenciales, para lo cual se conformó una base con información técnica y operativa que incluyó la capacidad nominal de los transformadores, el número total de usuarios asociados, el consumo mensual de energía por usuario y la demanda pico registrada por cada transformador.

Con esta base de datos se construyó una base representativa de la operación real del sistema calculando la demanda promedio por usuario, normalizada respecto a la demanda pico, y se aplicó un modelo de distribución Beta, ajustado mediante los parámetros α y β , para simular la demanda diversificada acumulada de agrupaciones entre 1 y 100 usuarios, esto permitió generar la curva de demanda diversificada acumulada, que se graficó para visualizar la relación entre el número de usuarios y la demanda.

B.1. Clasificación por Zona Climática

En Zonas Urbanas: La caracterización de la demanda eléctrica requiere una segmentación por estrato socioeconómico, dado que el tipo y cantidad de equipos eléctricos varía considerablemente entre grupos poblacionales.

En Zonas Rurales: La caracterización de la demanda eléctrica requiere un tratamiento diferenciado, dado que presentan características particulares en cuanto al consumo eléctrico residencial. Estas diferencias se derivan de factores como bajos niveles de equipamiento eléctrico por vivienda, dispersión geográfica que reduce el efecto de simultaneidad plena, y escaso uso de electrodomésticos de alta demanda como aires acondicionados y secadoras.

Por estas razones, el comportamiento de la demanda diversificada en zonas rurales se modela de manera diferenciada frente a zonas urbanas, utilizando una curva única representativa para todos los usuarios rurales, sin discriminación por estrato ni condición climática.

B.2. Curvas de Carga por Zona Climática

Las curvas muestran que la zona caliente presenta su pico a las 11:00 (uso de aire acondicionado), mientras que la zona fría presenta su pico a las 19:00 (iluminación y electrodomésticos).

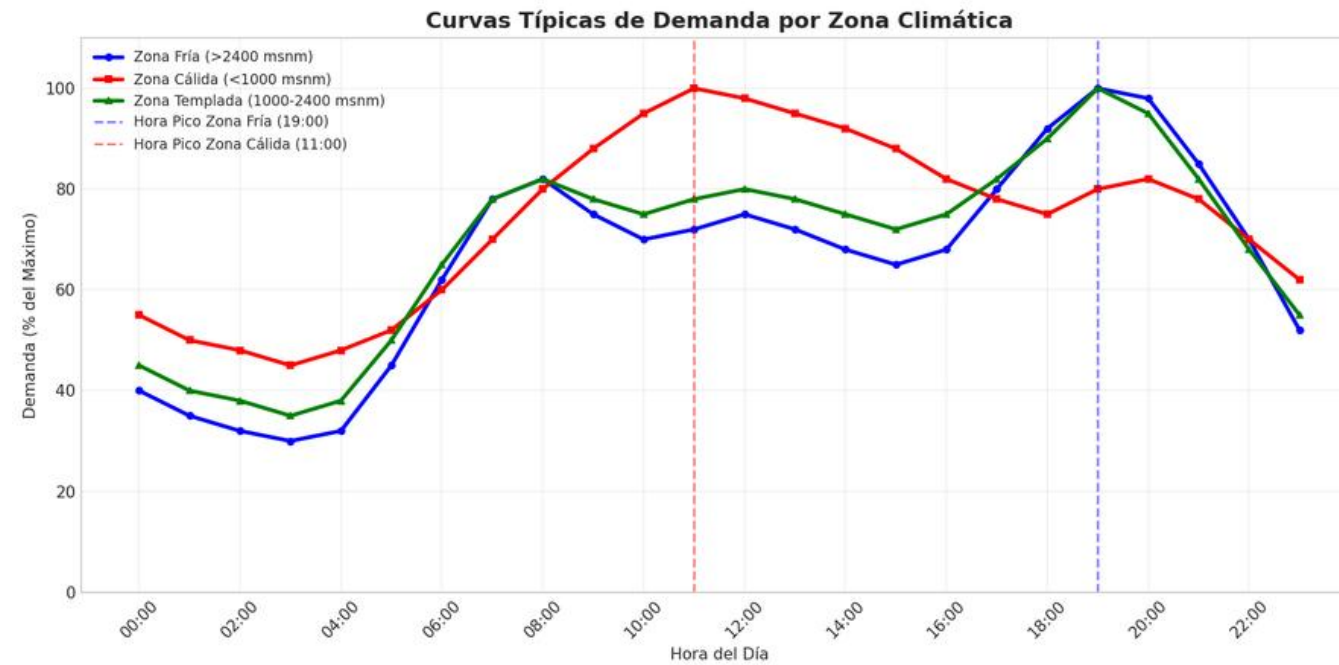


Figura 1. Curvas de carga típicas por zona climática

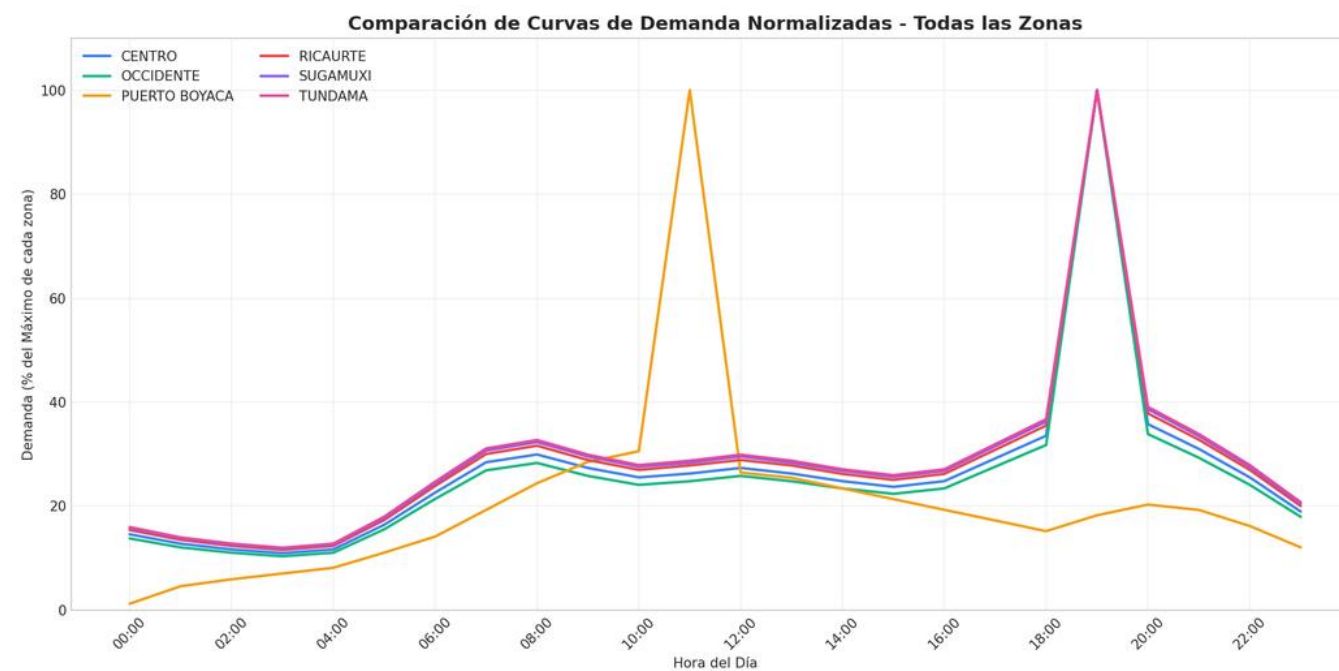


Figura 2. Comparación de curvas normalizadas por zona geográfica

B.3. Clasificación por Estrato Socioeconómico

En Zonas Urbanas: Los usuarios de estratos bajos (1-2) presentan mayor coincidencia de demanda que los estratos altos (5-6), debido a:

- Factor de simultaneidad mayor:** Horarios similares (0.70-0.80 vs 0.50-0.60)
- Menor eficiencia de equipos:** Equipos antiguos vs equipos modernos tipo inverter
- Menor diversificación:** Pocas cargas concentradas vs múltiples cargas distribuidas

En Zonas Rurales: Mayor dispersión geográfica y patrones agropecuarios resultan en mayor factor de diversificación (menor coincidencia).

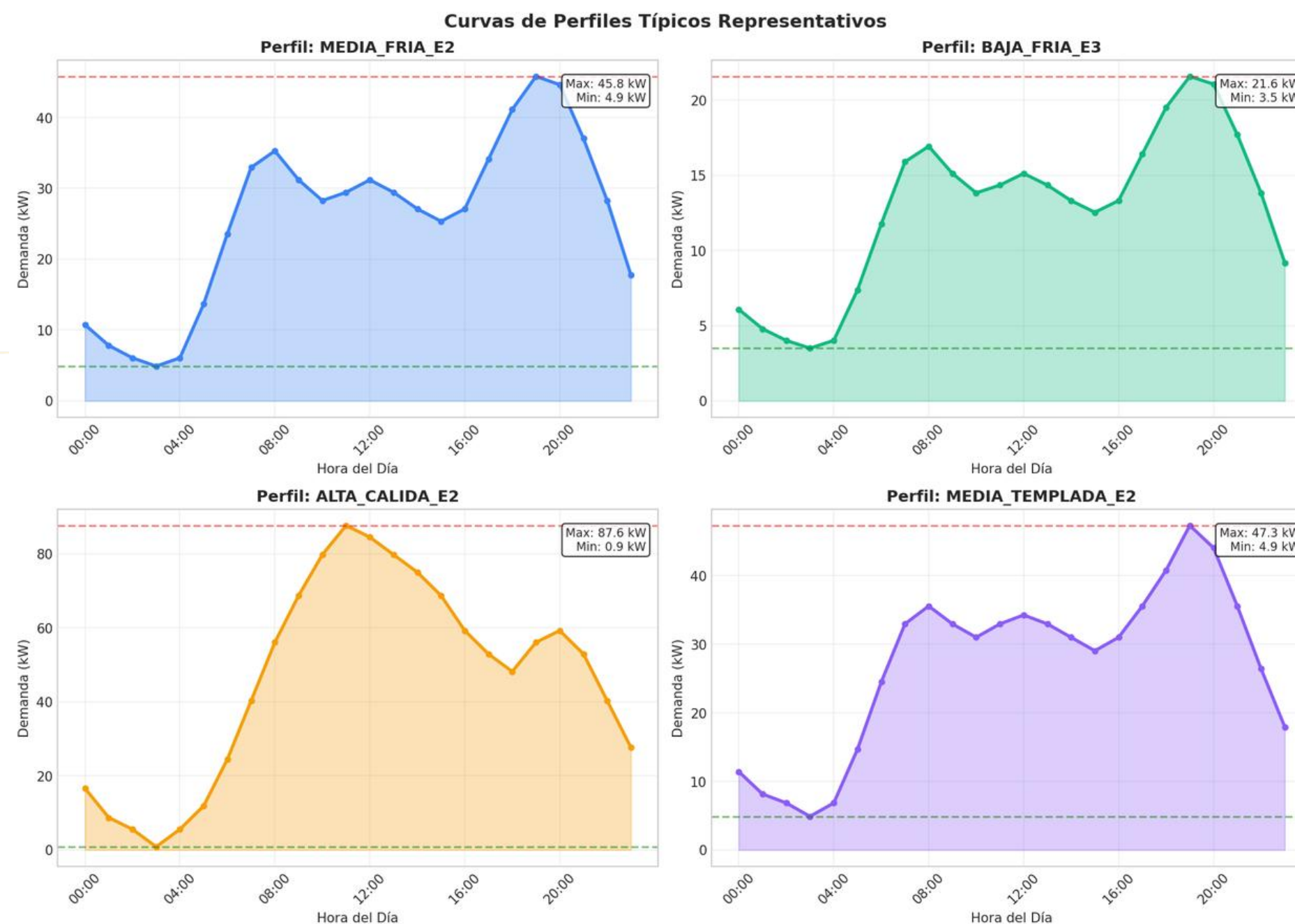


Figura 3. Curvas de carga por perfil típico según demanda y zona climática

C) TABLAS DE VALORES Y EJEMPLOS PRÁCTICOS

Las tablas de demandas máximas diversificadas consolida valores en kVA por usuario diferenciados por zona climática (frío, caliente y templado), con una segmentación adicional por zona rural y urbana (estrato socioeconómico: 1-6) permitiendo así capturar las diferencias estructurales en el patrón de consumo energético derivadas del contexto geográfico, social y ambiental.

Aplicable a: Tunja, Sogamoso, Duitama, Paipa, Samacá, Tibasosa, y municipios sobre 2,400 msnm.

Usuarios	Rural (kVA/Usu)	Estrato 1-2 Frío (kVA/Usu)	Estrato 3-4 Frío (kVA/Usu)	Estrato 5-6 Frío (kVA/Usu)
1-5	NTC*	NTC*	NTC*	NTC*
6	0.442	0.54	0.46	0.42
7	0.418	0.51	0.435	0.4
8	0.398	0.49	0.42	0.385
9	0.382	0.475	0.405	0.375
10	0.368	0.46	0.395	0.365
15	0.328	0.42	0.36	0.33
20	0.306	0.395	0.34	0.31
25	0.292	0.38	0.325	0.295
30	0.282	0.37	0.315	0.285
40	0.268	0.355	0.305	0.27
50	0.258	0.345	0.295	0.26
60	0.251	0.34	0.29	0.255
70	0.246	0.335	0.285	0.25
80	0.242	0.33	0.28	0.246
90	0.238	0.326	0.276	0.243
100	0.235	0.322	0.273	0.24

Tabla 2. Demanda Máxima Diversificada – Clima Frío (>2,400 msnm)

*NTC: Aplicar NTC 2050, Artículo 220, Parte III

Aplicable a: Puerto Boyacá, Otanche, Muzo, Pauna, San Pablo Borbur, y municipios bajo 1,000 msnm.

Usuarios	Rural (kVA/Usu)	Estrato 1-2 Cal. (kVA/Usu)	Estrato 3-4 Cal. (kVA/Usu)	Estrato 5-6 Cal. (kVA/Usu)
1-5	NTC*	NTC*	NTC*	NTC*
6	0.574	0.7	0.6	0.55
7	0.543	0.66	0.565	0.52
8	0.517	0.635	0.545	0.5
9	0.496	0.615	0.525	0.485
10	0.478	0.6	0.515	0.475
15	0.426	0.545	0.47	0.43
20	0.398	0.515	0.44	0.405
25	0.38	0.495	0.425	0.385
30	0.367	0.48	0.41	0.37
40	0.348	0.46	0.395	0.35
50	0.335	0.448	0.385	0.34
60	0.326	0.44	0.377	0.332
70	0.32	0.434	0.371	0.326
80	0.315	0.43	0.366	0.322
90	0.31	0.426	0.362	0.318
100	0.306	0.422	0.358	0.315

Tabla 3.Demanda Máxima Diversificada – Clima Caliente (<1,000 msnm)

*NTC: Aplicar NTC 2050, Artículo 220, Parte III

Tabla 4. Demanda Máxima Diversificada – Clima templado (1000-2400 msnm)

Para la **zona templada (Tabla 4)**, correspondiente a altitudes entre 1.000 y 2.400 msnm y aplicable a municipios como Arcabuco, Moniquirá, Garagoa, Miraflores y Villa de Leyva, el cálculo debe realizarse tomando el promedio de los valores de demanda máxima diversificada para clima frío y clima caliente (Tablas 2 y 3), multiplicado por un factor de 0.90.

Ejemplo:

Concepto	Valor
Número de usuarios	50
Zona Urbana	Estrato 1-2
Demanda máxima diversificada clima frío	0.345 kVA / usuario
Demanda máxima diversificada clima caliente	0.448 kVA / usuario
Promedio	$(0.345 + 0.448) / 2 = 0.3965 \text{ kVA / usuario}$
Factor de ajuste	x 0.90
Resultado final	$0.3965 \times 0.90 = 0.357 \text{ kVA / usuario}$

Estas tablas permiten estimar la carga eléctrica total en proyectos residenciales evitando sobreestimaciones y sirve como insumo directo para el diseño de redes, transformadores, alimentadores y protecciones.

D) APLICACIÓN DE LA DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA

Este procedimiento es aplicable a proyectos residenciales que involucren nuevas cargas, como urbanizaciones, o proyectos que involucren ampliaciones de carga que exijan una modificación de la infraestructura eléctrica, su aplicación se limita a escenarios de diseño; no debe utilizarse para recalcular cargas en instalaciones ya existentes.

El dimensionamiento de transformadores y redes de baja tensión debe basarse en la demanda máxima diversificada obtenida según las curvas establecidas en este título y en las cargas existentes cuando sea el caso. Esta estimación no solo mejora la eficiencia técnica del sistema, sino que también permite orientar la inversión en infraestructura eléctrica de forma estratégica; así, se aprovecha el uso de los recursos disponibles y se asegura que la capacidad instalada se ajuste a la demanda real esperada.

D.1. Criterios para el dimensionamiento de transformadores:

Para dimensionar un transformador, se debe considerar la demanda máxima diversificada en kVA. Esta demanda se calcula basándose en la siguiente información:

- **Número de usuarios:** El número total de usuarios que serán alimentados por el transformador.
- **Zona geográfica:** La ubicación específica que puede influir en los patrones de consumo.
- **Estrato socioeconómico:** El nivel socioeconómico de los usuarios, que a menudo se relaciona con el consumo de energía.
- **Condiciones climáticas:** Factores climáticos que pueden afectar la demanda, como las temperaturas extremas.

Estos datos base se obtienen a partir de las Tablas 2, 3 o 4. A esta demanda inicial se debe sumar un margen adicional si el proyecto incluye cargas adicionales como: especiales, servicios comunes y cargas no diversificadas, las cuales se detallan a continuación.

D.2. Factores de demanda para cargas adicionales:

Se entienden como cargas adicionales aquellas correspondientes a servicios comunes y cargas especiales que representan un incremento en el cálculo de la capacidad del transformador:

- **Cargas de servicios comunes:** corresponden a aquellas asociadas al medidor que registra el consumo de los servicios compartidos en un conjunto residencial, ya sea de apartamentos o de viviendas multifamiliares.

- **Cargas especiales:** Son aquellas cargas que no se consideran de uso continuo, por lo que no se encuentran tipificadas dentro de una diversificación estandarizada en la curva de demanda máxima residencial.

Para estas cargas se debe aplicar los factores de demanda enunciados en la NTC 2050; los cuales se direccionan en la tabla 3.

D.3. Diversificación para cargas de usos comerciales, industriales u oficiales:

Son todas aquellas que son diferentes a las de uso residencial.

Para este tipo de cargas se deben aplicar los factores de demanda establecidos en la NTC 2050 (segunda actualización), teniendo en cuenta la criticidad y el tipo de uso de cada instalación, los cuales se direccionan en la tabla 3:

Carga	Numeral NTC 2050
Alumbrado General (diferente a unidades de vivienda)	220.42
Carga de Tomacorrientes (diferente a unidades de vivienda)	220.44
Estufas Eléctricas, Hornos de Pared y otros electrodomésticos de cocina (para unidades de vivienda)	220.55
Equipos de Cocina (diferente a unidades de vivienda)	220.56
Instituciones de Enseñanza*	220.42, 220.44
Restaurantes Nuevos*	220.42, 220.44, 220.56
Cargas en Fincas Agrícolas	220.102
Motores	430.24
Ascensores (Minicargas, Escaleras Mecánicas, Andenes Móviles, Plataformas Elevadoras y Salvaescaleras)	620.14

Tabla 5. Cargas no residenciales y numerales aplicables de la NTC 2050 (segunda actualización)

*Se permiten los cálculos opcionales, siempre que se documente su justificación técnica y se demuestre que, al considerar las características específicas del proyecto, el método alternativo resulta en un dimensionamiento más eficiente y económicamente viable, sin dejar de cumplir con los requisitos de seguridad y confiabilidad.

La continuidad del servicio es crucial en aplicaciones con cargas críticas o de seguridad, como sistemas de alumbrado de emergencia, equipos de soporte vital en hospitales, sistemas de protección contra incendios, ascensores de emergencia y sistemas de seguridad, por lo que se debe aplicar un factor de demanda al 100% para garantizar que la potencia necesaria estará siempre disponible. Para aquellas cargas que no cuenten con un factor de demanda especificado en la NTC 2050, también se deberá aplicar un factor de demanda del 100%. Sin embargo, el diseñador podrá usar un valor inferior si demuestra técnicamente que las cargas operan de forma intermitente o no simultánea, lo que permite una reducción de la carga total considerada sin comprometer la seguridad.

Una vez determinada la demanda total del proyecto, el transformador debe seleccionarse de acuerdo con las capacidades normalizadas disponibles en el mercado.

El diseño de las redes de baja tensión se apoya directamente en el valor de kVA total calculado. Este valor se utiliza para:

- Calcular la corriente máxima esperada por fase.
- Dimensionar los conductores aplicando los criterios de ampacidad establecidos en la sección 1 del Título 2 del Capítulo 2 de Norma EBSA.
- Verificar la caída de tensión máxima permitida de acuerdo con la sección 1 del Título 2 del Capítulo 2 de Norma EBSA.
- Seleccionar adecuadamente los dispositivos de protección de acuerdo con el Título 4 del Capítulo 2 de Norma EBSA.

Ejemplo. Cálculo para un edificio multifamiliar con cargas adicionales

El proyecto corresponde a un edificio residencial de 8 pisos ubicado en la ciudad de Tunja, compuesto por 2 torres con 90 apartamentos (estrato 4). La edificación dispone de dos bombas de agua de 7,5 kW cada una (considerando el motor mayor con factor 1,25), dos ascensores con potencia de 5 kW cada uno, y adicionalmente 10 usuarios con estufa eléctrica de 2,5 kW cada una. Además, se consideran cargas de zonas comunes: alumbrado interior de 3.000 W, tomacorrientes de 4.000 W y alumbrado exterior de 1.200 W. Con esta información, se requiere determinar la capacidad del transformador dedicado para la instalación.

Carga máxima diversificada:

- Número de usuarios: 90
- Zona Geográfica: Tunja, Urbano
- Estrato socioeconómico:4
- Condiciones climáticas: Frío
- Cálculo de la demanda máxima diversificada de acuerdo con la Tabla 2: 36 kVA

Usuarios	Rural (kVA/Usu)	Estrato 1-2 Frío (kVA/Usu)	Estrato 3-4 Frío (kVA/Usu)	Estrato 5-6 Frío (kVA/Usu)
...	...	...	...	...
90	0.238	0.326	0.276	0.243
100	0.235	0.322	0.273	0.24

Demanda total:

Corresponde a la suma de la demanda máxima diversificada y a las demandas de las cargas adicionales, lo cual corresponde a:

Descripción carga	Referencia normativa	Cantidad usuarios / Potencia de equipos asociados (kW)	Factor demanda	Demanda (kVA)
Demanda máxima diversificada	Tabla 2 Normas EBSA	90	0,276	24,8
Bombas de agua (motor mayor)	Numeral 430.24 NTC 2050	7,5	1,25	9,3
Bombas de agua (motor adicional)	Numeral 430.24 NTC 2050	7,5	1	7,5
Ascensores	Tabla 620.14 NTC 2050	10	0,95	9,5
Estufas eléctricas	Numeral 220.55 NTC 2050	25	0,49	12,3
Alumbrado interior zonas comunes	Tabla 220.42 NTC 2050	3	1	3
Alumbrado exterior zonas comunes	Tabla 220.42 NTC 2050	1,2	0,35	0,42
Tomacorrientes zonas comunes	Tabla 220.44 NTC 2050	4	1	4
Demanda total (kVA)				70,8

De acuerdo con la demanda total calculada, el tamaño estándar inmediato superior de transformador disponible corresponde a una capacidad nominal de 75 kVA.

Cuando la demanda total calculada supere de forma marginal la capacidad nominal del transformador inmediatamente inferior, se podrá seleccionar dicho transformador, siempre que la cargabilidad resultante se mantenga dentro de los límites térmicos admisibles, considerando el régimen de carga y la temperatura ambiente del sitio de instalación.

Para efectos de esta norma, se entenderá como superación marginal aquella en la cual la demanda total calculada no exceda el 120 % de la potencia nominal del transformador considerado.

E) RECOMENDACIONES TÉCNICAS / BUENAS PRÁCTICAS

Conforme a las guías técnicas de cargabilidad de transformadores de la IEC 60076, se admiten sobrecargas controladas entre el 10 % y el 20 %, debidamente justificadas, sin comprometer la seguridad ni la vida útil del equipo.

- E.1.** El uso de esta curva no sustituye la verificación de otros criterios de diseño como balance de fases, dimensionamiento de conductores, caídas de tensión y capacidad de protección.
- E.2.** La tabla de demanda máxima diversificada por usuario solo aplica para instalaciones residenciales. Para usos comerciales, industriales u oficiales, deben realizarse cálculos específicos por carga instalada conforme a lo establecido en la NTC 2050 segunda actualización.
- E.3.** Si existen cargas especiales, estas deben analizarse individualmente fuera de la curva.
- E.4.** En proyectos con 1 a 5 usuarios, se debe aplicar lo establecido en la Parte III del Artículo 220 de la NTC 2050 (segunda actualización). Cálculo de las cargas del alimentador y de la acometida.
- E.5.** El uso de curvas de demanda diversificada fundamentadas estadísticamente mejora la eficiencia técnica y económica del diseño eléctrico. Su correcta aplicación reduce errores comunes en la estimación de carga y permite un diseño más coherente con el comportamiento real de los usuarios.
- E.6.** Cuando los valores de demanda, número de usuarios o parámetros asociados no coincidan exactamente con los puntos definidos en la curva o tabla de demanda diversificada, se debe aplicar interpolación lineal. Se debe asegurar que los dos valores entre los cuales se interpola pertenezcan al mismo tipo de curva (misma categoría de uso y condiciones).
- E.7.** En proyectos de ampliación de carga que ya cuenten con usuarios conectados, es necesario realizar un análisis detallado según el numeral 220.87 de la NTC 2050 (segunda actualización); para este análisis, la carga inicial se considera como la existente, y la carga futura es el resultado del nuevo diseño. La demanda total requerida para el diseño eléctrico actualizado se obtiene sumando esta carga inicial a la carga proyectada, la cual debe ser calculada bajo los lineamientos de esta normativa.
- E.8.** Los factores de demanda determinados en el diseño de instalaciones nuevas, a menudo se pueden validar comparando con la experiencia histórica real en instalaciones similares.