

---

# Línea base de desempeño energético de edificaciones residenciales y de oficinas de Colombia.

---

*Fortalecimiento de capacidades para la eficiencia energética en edificios de América Latina (CEELA).*

*Julio de 2025*



## Índice

INTRODUCCIÓN .....	2
1. Generalidades .....	4
1.1 Revisión de enfoques técnicos.....	4
1.1.1. Modelo del valor absoluto .....	5
1.1.2. Modelo de cociente de valores medido o relación simple .....	6
1.1.3. Modelo estadístico.....	6
1.1.4. Modelo de Ingeniería o Simulación .....	7
1.2 Mapeo de líneas base.....	7
2. Contexto de la línea base .....	14
2.1. Antecedentes.....	14
2.2. Marco normativo aplicable .....	22
2.2.1. Normatividad nacional .....	22
2.2.2. Reglamentos técnicos .....	24
2.2.3. Normas internacionales .....	25
2.3. Actores involucrados.....	27
3. Alcance técnico de la línea base.....	29
3.1. Enfoque técnico .....	29
3.2 Tipologías y climas .....	29
3.3. Fuentes de información.....	30
3.4. Variables relevantes .....	31
3.5. Indicadores.....	31
3.6. Cantidad de edificaciones consideradas .....	32
4. Metodología para el establecimiento de la línea base .....	32
4.1. Fase I: Levantamiento y análisis de información .....	32
4.2 Fase II: Determinación de las condiciones de confort.....	39
4.3 Fase III: Modelado energético y establecimiento de la línea base.....	39
4.4. Fase IV. Validación de resultados .....	41
Referencias Bibliográficas.....	43



## INTRODUCCIÓN

Las edificaciones son un actor clave en la lucha contra el cambio climático. De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía, este sector representó en 2022 cerca del 34% de la demanda final de energía mundial y generaron aproximadamente un 37% del total de emisiones contaminantes.

En Colombia, de acuerdo con datos del Balance Energético Colombiano, el consumo de energía eléctrica del SIN de las edificaciones (sector residencial y terciario) fue de aproximadamente el 60% del total nacional para 2022. Lo que demuestra la relevancia de este sector en el consumo de energía.

El país ha avanzado en la definición de un marco normativo que regule la eficiencia energética en las edificaciones. Destaca la Resolución 0549, expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio en 2015. Esta norma establece una línea base de consumo de energía y agua, así como los porcentajes mínimos de ahorro para edificaciones nuevas de distintas tipologías según su clima. A pesar de que en lo técnico esta normativa presenta fortalezas importantes, aún carece de instrumentos de vigilancia y control que faciliten su implementación masiva.

En los últimos años, varios esfuerzos se han consolidado con el fin de promover la eficiencia energética en las edificaciones, documentos como el Plan de Acción Indicativo PROURE 2022-2030, el CONPES 3919 o Política Nacional de Edificaciones Sostenibles, y la Resolución 0319 de 2022 trazan una senda para la reducción del consumo energético en este sector.

Durante 2020 y 2021, gran parte del equipo de esta consultoría participó activamente en el proyecto UIS-MINCIENCIAS-UPME “LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA DE ETIQUETADO ENERGÉTICO DE EDIFICACIONES EN COLOMBIA A PARTIR DE SIMULACIONES ENERGÉTICAS”. como resultado de este esfuerzo técnico se estableció una Hoja de Ruta para la implementación de un sistema de etiquetado energético de edificaciones en Colombia que entre otras recomendaba la consolidación entre otras de consolidación de una línea base nacional de desempeño energético de edificaciones, el establecimiento de un procedimiento de básico de evaluación energética de edificaciones y la promulgación de incentivos.

Simultáneamente, con el apoyo de la Agencia del Gobierno Suizo COSUDE, Colombia fue incluido como uno de los cuatro países objetivo del proyecto “Fortaleciendo capacidades para la eficiencia energética en edificios en América Latina – CEELA” que busca reducir las emisiones de CO2 en el sector edificación de Latinoamérica y mejorar el confort térmico y la calidad de vida de los ocupantes, particularmente de la población más vulnerable y en desventaja económica, gracias a un mejoramiento de las edificaciones. En el marco del desarrollo de este proyecto, se estableció una herramienta de cálculo que permitirá la evaluación del desempeño energético de edificaciones residenciales en Colombia, un hito clave hacia el establecimiento de un sistema de etiquetado energético.



El establecimiento del sistema de etiquetado energético de edificaciones para Colombia requiere de la articulación de todos los esfuerzos. En este sentido, y siguiendo las recomendaciones de la Hoja de Ruta, se requiere en primer lugar del establecimiento de una línea base nacional de desempeño energético, el cual es el objetivo principal de esta consultoría.

Este documento constituye el primer paso hacia el establecimiento de una línea base nacional de desempeño energético para Colombia. Incluye los resultados de un diagnóstico sobre el marco contextual actual, la definición de los atributos técnicos necesarios y una metodología para la determinación de dicha línea base en edificaciones. Esta información sentará las bases para estandarizar y optimizar la eficiencia energética en el sector, promoviendo un desarrollo más sostenible y adaptado a las características particulares del país.



## 1. Generalidades

Antes del diagnóstico del marco contextual actual para establecer la línea base de desempeño energético de edificaciones en Colombia, se presenta una breve descripción de los enfoques técnicos disponibles para construir una línea base, según lo dispuesto en el Anexo de la Resolución UPME 016 de 2024, titulado “Metodología de la línea base de consumo y el ahorro estimado” [1]. Esta metodología es de obligatorio cumplimiento para las entidades en la formulación e implementación de sus medidas, de acuerdo con lo establecido en el artículo 237 de la Ley 2294 de 2023.

Asimismo, se incluyen los resultados de un mapeo comparativo de líneas base empleadas en diversos países.

### 1.1 Revisión de enfoques técnicos

Una línea base de consumo energético (LBE<sub>n</sub>) es una herramienta esencial para evaluar el progreso de la implementación de mejoras en el consumo energético, pues permite la comparación entre el consumo de referencia, y el proyectado en donde se han implementado medidas de mejora, jornadas de sensibilización y/o buenas prácticas de operación y mantenimiento, para alcanzar los objetivos y metas establecidas con relación al consumo de energía.

Comúnmente para la obtención de una línea base se sigue una metodología que puede incluir entre otras actividades, la definición de objetivos, recopilación y análisis de datos, establecimiento de la línea base, y seguimiento y revisión.

De manera general, se identifican cuatro enfoques posibles para la obtención de una línea base de desempeño energético en edificaciones: consumo absoluto, consumo de energía específico, modelo estadístico, modelo de ingeniería o simulación basada en principios científicos [1]. La Tabla 1 describe cada uno de estos enfoques.

Tabla 1. Enfoques para la obtención de una línea base de desempeño energético.

Enfoque	Descripción
Modelo de Valor Absoluto de Energía	Utiliza un valor fijo de consumo energético basado en datos históricos. Es simple y no considera variaciones en las condiciones operativas.
Modelo de Cociente de Valores Medidos	Compara el consumo de energía con una variable relevante, como temperatura o número de ocupantes, usando un cociente como línea base. Es útil cuando se sospecha que una variable específica afecta el consumo.



Modelo Estadístico	Utiliza técnicas como regresión lineal para modelar la relación entre variables independientes (como temperatura o área) y el consumo de energía. Es más preciso y flexible, pero requiere validación estadística.
Modelo de Ingeniería o Simulación	Se basa en conocimientos detallados del sistema y se usa cuando no hay datos históricos. Es útil para procesos complejos o transitorios con múltiples variables interdependientes.

La selección del enfoque técnico puede depender de aspectos como la disponibilidad de información. Por ejemplo, si solo se cuenta con información de consumo energético en el tiempo (kWh por mes), puede resultar más conveniente utilizar el modelo de valor absoluto de energía. Pero, si además del consumo energético, se cuenta con una variable relevante directamente relacionada con el consumo, podría utilizarse el modelo de cociente de los valores medidos.

Si lo que se desea es modelar el desempeño energético como una variable que depende de una o más variables independientes asociadas a características del edificio como la forma, su volumen, los materiales, el clima, equipos, etc., es recomendable el desarrollo de un modelo de caracterización inversa o estadístico a través del uso por ejemplo de la regresión lineal.

A continuación, se presenta una descripción más detallada de los enfoques mencionados para obtener una línea base.

### 1.1.1. Modelo del valor absoluto

Este modelo se obtiene a partir de valores medidos de consumo energético disponibles para un mismo periodo de tiempo. El Anexo de la Resolución UPME 016 de 2024[1], sugiere considerar al menos tres valores del mismo mes de consumo, siempre y cuando las características arquitectónicas o de uso de la edificación no se hayan modificado.

El documento recomienda calcular la línea base de forma mensual a partir del promedio simple de los consumos de energía a partir de la siguiente la siguiente expresión:

$$LBE_{n_m} = \frac{\sum_{i=1}^m \text{Consumo mensual de energía}_i}{m}$$

Donde,

$LBE_{n_m}$  es la línea base de consumo energético para el mes m.

$\text{Consumo mensual de energía}_i$  es la cantidad de energía consumida en el mes i.



$m$  es el número de meses.

Para verificar los resultados obtenidos se sugiere establecer los intervalos de confianza de los datos. Esto implica definir un límite superior como el promedio simple de los consumos energéticos obtenidos más un 10%, y un límite inferior de los consumos obtenidos menos un 10%.

### 1.1.2. Modelo de cociente de valores medido o relación simple

La línea base para este enfoque se calcula de forma mensual a partir del promedio simple de los cocientes de valores medidos mensuales conocidos, así:

$$LBE_n_m = \frac{\sum_{i=1}^m \text{Cociente de valores medidos}_i}{m}$$

Donde,

$LBE_n_m$  es la línea base de consumo energético para el mes  $m$ .

*Cociente de valores medidos<sub>i</sub>* es la cantidad de energía consumida por unidad de la variable relevante en el mes  $i$ .

$m$  es el número de meses.

De esta forma se pueden obtener 12 valores promedio para el cociente de valores medidos que corresponden a los 12 periodos mensuales del año. Para este enfoque también se puede realizar la verificación estimando el intervalo de confianza.

### 1.1.3. Modelo estadístico

Para el desarrollo de la línea base bajo este enfoque se sugiere el uso de Excel u otras plataformas que permitan la definición de algoritmos de tipo estadístico.

En el caso de usar Excel, se recomienda crear una tabla con filas con el consumo por mes y en las columnas, la variable dependiente (consumo mensual de energía normalizado). Así como la información mensual de la o las variables independientes, variables relevantes, tales como grados días de enfriamiento, ocupación, número de personas, características arquitectónicas, de materiales, etc.

Para el cálculo, el Anexo de la Resolución UPME 016 de 2024 [1] sugiere usar el modelo de regresión lineal. Se define en el eje vertical la variable dependiente, y en el eje horizontal la o las variables independientes. Se debería usar el modelo con un nivel de confianza del 95%. El resultado es una ecuación lineal de consumo energético, que tendrá la siguiente estructura.



$$\text{Consumo energético} = \sum_{i=1}^n (\text{coeficiente de la variable } x_n * x_n) + (\text{coeficiente de la intercepción})$$

Donde,

$x_n$  es la n-ésima variable relevante que influye en el valor del consumo energético de la edificación.

*coeficiente de la variable  $x_n$*  es la pendiente de la ecuación y representa la tasa de cambio que tendrá el coeficiente del consumo energético ante una unidad de cambio en la variable relevante. Si el resultado es positivo significa que el consumo energético se incrementa al hacerse mayor la variable relevante. Por el contrario, si el resultado es negativo significa que el consumo energético disminuirá al aumentar la variable relevante.

*coeficiente de la intercepción* es el valor promedio que tomará el consumo energético cuando la variable relevante tiene un valor de cero (0).

Se debe tener en cuenta en los resultados del modelo de regresión la probabilidad de las variables independientes, si el valor de probabilidad es menor que 0.05, se considera que dicha variable no produce cambios significativos en la variable dependiente y se puede eliminar del análisis.

#### 1.1.4. Modelo de Ingeniería o Simulación

La línea base se determina a partir del establecimiento de arquetipos que contengan las características comunes de su tipología. Los resultados de la simulación energética del arquetipo constituyen el comportamiento energético de la categoría. Este enfoque permite analizar aspectos adicionales del desempeño energético de las edificaciones que no son fáciles de ver a través de los otros enfoques. Algunos de estos aspectos son las ganancias térmicas interiores, la transferencia de calor a través de los cerramientos de los edificios y la estimación de la demanda térmica o consumo energético para alcanzar condiciones de confort.

También se puede simular una edificación real considerada como representativa y usar su desempeño como el de la categoría de edificios que representa.

### 1.2 Mapeo de líneas base

Son variados los esfuerzos a nivel internacional que buscan el establecimiento de una línea base de desempeño energético de edificaciones. En esta sección se describen las principales características de algunos de esos esfuerzos documentados por obtener una línea base. Al final de la sección presentamos un resumen de los principales hallazgos que pueden ser de utilidad en la consolidación de la línea base nacional.



- **DETERMINACIÓN DE INDICADORES PARA COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DE EDIFICACIONES DEL SECTOR PÚBLICO EN ZONAS BIOCLIMÁTICAS CÁLIDAS Y DE LA CIUDAD DE LIMA (PERÚ, 2023) [2].**

En el informe se documenta el proceso de obtención de indicadores para la evaluación del comportamiento energético de edificaciones del sector público en Perú. Para lograr este objetivo, se siguió una metodología compuesta de 4 fases: recolección de información y análisis del marco normativo, caracterización de edificios existentes, propuesta de tipologías y definición de un mecanismo para el cálculo y reporte del consumo energético.

La primera fase involucró la identificación de las normativas relacionadas con la eficiencia energética, el confort térmico y lumínico que pudiesen establecer los valores mínimos de desempeño en cada una de estas áreas. Dentro de la información recopilada se tuvo en cuenta una revisión de resultados de estudios de auditorías previas y diagnósticos energéticos de edificios gubernamentales. También se consideraron los resultados de encuestas del clima con el fin de estudiar las temperaturas y el valor de la radiación solar en las diferentes ciudades del edificio. Otro aspecto considerado en esta fase fue la identificación de zonas climáticas, con el fin de delimitarlas y realizar la caracterización de las edificaciones en torno a estas zonas climáticas.

La segunda fase involucró una caracterización arquitectónica y energética de edificaciones considerando la zonificación climática. Dentro de las características analizadas se tuvo en cuenta la distribución en planta de los edificios, el análisis de superficies y recintos y la evaluación de los consumos de climatización.

Como resultado de la fase de caracterización se establecieron las características representativas de las edificaciones en cuanto a arquitectura (Incluye áreas translúcidas, propiedades térmicas de muros, y transmitancias de la envolvente), perfiles de ocupación de los espacios climatizados y rangos de confort en función de la temperatura exterior.

En la fase final, se propuso una metodología definida en tres pasos para que las edificaciones públicas puedan calcular y reportar su consumo energético a partir de la definición de las condiciones máximas y mínimas, la cuantificación y comparación de desempeños energéticos a través de una autorreferencia o la comparación con una línea base.

- **OBTENCIÓN DE LÍNEAS BASE: APLICACIÓN A EDIFICIOS DE OFICINAS Y SEDES JUDICIALES (ESPAÑA, 2016) [3]**

Por su parte el documento busca establecer una propuesta de caracterización inversa del consumo energético de edificio de oficinas a partir de ciertas medidas. La metodología seguida en el documento para el establecimiento de la línea base se basa en el Modelo Simplificado de Caracterización Inversa Integrado (enfoque estadístico).



El proceso de caracterización inversa implicó pasos como recopilación y análisis de la información del edificio, consumo energético proveniente de facturas y datos meteorológicos; separar el consumo energético total en diferentes categorías, como climatización, iluminación, usuario y otros. Este paso es crucial para obtener una línea base del consumo de climatización, que permita verificar ahorros energéticos; delimitar las diferentes estaciones climatológicas para caracterizar los períodos de consumo, realizar estimaciones del consumo energético para cada estación, y determinación de las bandas de error para evaluar la validez de los resultados.

- **ESTUDIO DE LÍNEA BASE DE ENERGÍA RESIDENCIAL: APÉNDICE TÉCNICO (AUSTRALIA, 2021) [4]**

El documento describe la metodología para actualizar un estudio sobre el consumo energético en los sectores residenciales de Australia y Nueva Zelanda, conocido como "Residential Baseline Study" (RBS). El documento se enfoca en la versión 2.0 del RBS, y presenta las mejoras que se implementarán, incluyendo la incorporación de datos sobre la demanda de energía por hora, la integración de datos climáticos, la posibilidad de realizar análisis de escenarios de políticas y la ampliación de las categorías de datos y opciones de salida. Se detallan las fuentes de datos que se utilizarán, los métodos que se emplearán para realizar las actualizaciones y la arquitectura general del modelo del RBS 2.0.

Para estimar la línea base se empleó un enfoque de tipo "bottom-Up", que es una forma de modelar el consumo de energía en el sector residencial. Este método se basa en el cálculo del consumo de energía teóricos a nivel de uso final en cada hogar y la agregación de estos consumos para estimar el consumo total a nivel local o nacional. Los consumos de facturas provenientes de las distribuidoras se usaron para la validación de resultados.

Este modelo incluye información actualizada sobre electrodomésticos residenciales, como el uso de energía de los electrodomésticos y los datos de uso; el tipo de edificio, aislamiento y eficiencia térmica; el impacto del clima en los requisitos de climatización y el uso; así como el impacto de la ubicación en la generación fotovoltaica y calefacción solar de agua.

Dentro de las ventajas de este modelo se encuentra que este puede ofrecer estimaciones más precisas del consumo de energía, el modelo se puede adaptar fácilmente para tener en cuenta los cambios de tecnología y patrones de uso; y el método permite un análisis detallado del consumo de energía por electrodoméstico y región climática.

En cuanto a sus limitaciones se menciona que este modelo requiere de una gran cantidad de datos sobre las características y el uso de los electrodomésticos, lo que puede ser difícil de recopilar y mantener. Además, de los recursos computacionales significativos que representa incluyen un gran número de edificios.

- **MANUAL DE PROCEDIMIENTOS CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS EN CHILE (CHILE, 2019) [5]**



Según el Manual de Procedimientos de Calificación Energética de Viviendas en Chile, la línea base para este sistema de evaluación energética de edificaciones se establece mediante un enfoque de autorreferencia. Este enfoque compara la vivienda en evaluación con una "vivienda de referencia" para determinar su nivel de eficiencia energética.

La vivienda de referencia se construye conforme a los estándares mínimos exigidos en el artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC). Se considera equipada con un sistema estándar de calefacción y agua caliente sanitaria, utilizando gas licuado como fuente de energía. Normalmente, una vivienda con estas características recibe una calificación energética de "E". Cualquier mejora en el diseño de la vivienda que supere este estándar se califica con una letra "D" o superior, en función del ahorro energético que logre.

El sistema de Calificación Energética de Viviendas (CEV) mide la eficiencia energética de una vivienda en su etapa de uso. La calificación se calcula comparando el requerimiento energético de la vivienda evaluada para calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria con el de la vivienda de referencia.

Es importante señalar que estos requerimientos energéticos se basan en condiciones estándar de uso, funcionamiento y clima, que pueden diferir del uso real de la vivienda. Por lo tanto, los requerimientos de energía tienen un carácter referencial y no representan necesariamente la demanda o el consumo de energía real de la vivienda.

- **REGLAMENTO TÉCNICO DE CALIDAD PARA EL NIVEL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICACIONES RESIDENCIALES [6] Y EL MANUAL DE ESTE REGLAMENTO TÉCNICO. (BRASIL, 2012) [7]**

Con base en este documento, el sistema de etiquetado energético brasileño, llamado Reglamento Técnico de Calidad para el Nivel de Eficiencia Energética de Edificaciones Residenciales (RTQ-R), no establece una línea base única como punto de referencia para la evaluación. En cambio, se utiliza un sistema de puntuación que considera diversos aspectos de la edificación para determinar su nivel de eficiencia energética. Podría decirse que la "línea base" está implícita en los requisitos mínimos que debe cumplir una vivienda para obtener una puntuación determinada.

Requisitos mínimos y su impacto en la puntuación:

**Envolvente:** La envolvente debe cumplir con valores mínimos de transmitancia térmica, capacidad térmica y absorción solar de acuerdo con la zona bioclimática. El incumplimiento de estos requisitos limita la puntuación a un máximo de nivel C (EqNum = 3). También se establecen requisitos mínimos para la ventilación e iluminación naturales. El incumplimiento de estos requisitos también limita la puntuación de la envolvente a un máximo de nivel C.

**Sistema de Calentamiento de Agua:** En las regiones Norte y Nordeste, la ausencia de un sistema de calentamiento de agua instalado se considera como la opción menos eficiente y se le asigna una



puntuación de nivel D ( $EqNumAA = 2$ ). En las demás regiones, la ausencia de un sistema de calentamiento de agua recibe una puntuación aún más baja, de nivel E ( $EqNumAA = 1$ ). Esto se debe a que, en ausencia de un sistema dedicado, se asume que el calentamiento del agua se realiza mediante resistencias eléctricas, las cuales son menos eficientes energéticamente.

**Iluminación Artificial:** Se establecen valores mínimos de eficiencia lumínica ( $lm/W$ ) según el tipo de lámpara utilizada. El uso de lámparas con menor eficiencia lumínica que la especificada resultará en una menor puntuación.

**Bonificaciones:** Se otorgan puntos por implementar medidas que superan los requisitos mínimos, como el uso de electrodomésticos eficientes o sistemas de energía renovable. No obtener ninguna bonificación implica que la edificación solo cumple con los requisitos mínimos, lo que se traduce en una puntuación más baja.

En lugar de una línea base fija, el sistema RTQ-R utiliza la combinación de estos requisitos mínimos como punto de partida para la evaluación. Las edificaciones que solo cumplen con estos requisitos mínimos obtendrán una puntuación baja. Para alcanzar una clasificación de eficiencia energética más alta, la edificación debe superar estos mínimos en diversos aspectos, como la eficiencia de la envolvente, el sistema de calentamiento de agua, la iluminación y la implementación de medidas adicionales que generen bonificaciones. Tanto para el desarrollo de la línea base como para el sistema de clasificación (etiquetas) se usaron valores medidos de consumo energético provenientes de las empresas comercializadoras locales.

- **CALIFICACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS EN ESPAÑA (ESPAÑA, 2015) [8].**

La línea base del sistema de calificación energética en España se estableció mediante un análisis estadístico de los indicadores de eficiencia energética de edificios nuevos y existentes, tomando en cuenta las variaciones climáticas y tipológicas.

Para definir esta línea base, se realizó un estudio de datos de edificios de referencia —tanto nuevos como existentes— clasificándolos según su tipología (unifamiliar o en bloque) y su zona climática. La eficiencia energética de estos edificios se determinó mediante el cálculo o la medición del consumo anual de energía necesario para satisfacer la demanda en condiciones normales de funcionamiento y ocupación. El consumo de energía base de cada tipo de edificación se estimó de manera teórica. No obstante, se usaron datos de consumo medido para la validación de los resultados de los edificios de referencia y la determinación de las etiquetas. La calificación energética se expresa de manera cualitativa y cuantitativa a través de indicadores de eficiencia basados en el consumo anual de energía por metro cuadrado de superficie útil. Entre estos indicadores se incluyen: emisiones anuales de  $CO_2e$ , consumo anual de energía primaria no renovable, demanda energética anual de calefacción y refrigeración, consumo anual de energía primaria no renovable desglosado por servicio, y emisiones de  $CO_2e$  desglosadas por consumo eléctrico y otros combustibles.



El cálculo de la calificación energética incorpora condiciones estándar de funcionamiento, ocupación, clima exterior y perfiles de uso. Se implementó un procedimiento de cálculo para estimar la demanda energética, el consumo energético y otros indicadores de eficiencia de acuerdo con el *Documento Reconocido de Condiciones Técnicas para la Evaluación de la Eficiencia Energética*.

La escala de calificación se organiza desde la letra A (máxima eficiencia) hasta la G (menor eficiencia). Para viviendas unifamiliares y en bloque, se aplicaron los índices C1 y C2, y se calcularon los valores medios de los indicadores ( $I_r$ ) para edificios nuevos, junto con sus dispersiones ( $R$ ). Igualmente, se obtuvieron los valores medios de los indicadores ( $I_s$ ) y sus dispersiones ( $R'$ ) para edificios existentes.

En resumen, la metodología para definir la línea base se basó en el establecimiento de indicadores de eficiencia energética, la selección de edificios de referencia, el cálculo de valores medios y dispersiones para edificios nuevos y existentes, y la construcción de escalas de calificación con límites superiores para cada nivel de eficiencia.

- **SISEVIVE ECOCASA (MÉXICO, 2014) [9]**

El Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde (Sisevive-Ecocasa) utiliza una línea base para evaluar el desempeño energético de las viviendas en México a partir de la comparación de la vivienda a construir respecto a una vivienda diseñada y equipada de manera convencional a la cual se le denomina línea base. Por lo tanto, la calificación final se calcula en función del diseño arquitectónico, sistemas constructivos, materiales y tecnologías incorporados a la vivienda a construir.

Esta línea base se establece tomando como referencia una vivienda con muros de concreto, losas de concreto, vidrios sencillos de 3mm y sin aislamiento térmico.

La calificación del Sisevive-Ecocasa se expresa mediante el Índice de Desempeño Global (IDG), el cual compara el desempeño de la vivienda a evaluar con esta línea base. Las viviendas que obtienen una mejor calificación son aquellas que proporcionan mayor confort con menor impacto ambiental.

### **Hallazgos claves de la revisión de líneas base**

De la revisión de líneas base, se destacan los siguientes hallazgos que son considerados en la metodología presentada en el capítulo 4 de este documento.

- **Selección y Caracterización de Edificios de Referencia:** La mayoría de los sistemas analizan edificios representativos (de referencia) para definir una línea base que permita comparaciones. Este proceso incluye identificar las características arquitectónicas y energéticas de los edificios en función de la tipología y la zonificación climática. Por ejemplo, en Perú y España, se clasificaron edificios de acuerdo con su uso, tipo de construcción, y zona climática.



- **Fuentes de datos.** La mayoría de los sistemas relacionados en esta revisión empleó datos teóricos para la definición de sus líneas base. Estos datos de consumo fueron obtenidos mediante el cálculos de consumo y simulaciones energéticos. Los datos medidos de consumo energético también fueron usados mayormente como instrumento de validación de resultados.
- **Definición de Indicadores de Eficiencia Energética:** Los sistemas suelen emplear indicadores que reflejan el desempeño energético de los edificios, tales como consumo de energía primaria no renovable, emisiones de CO<sub>2</sub>, y demanda de calefacción y refrigeración. Estos indicadores permiten expresar la calificación de manera cualitativa y cuantitativa, facilitando la evaluación del consumo y el impacto ambiental de cada edificio.
- **Uso de Normativas Mínimas como Punto de Partida:** Algunos sistemas, como el chileno, establecen una vivienda de referencia basada en normativas mínimas (por ejemplo, la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción) para determinar el nivel básico de desempeño energético. Otros países, como Brasil, también consideran estándares mínimos en envolvente, sistemas de agua caliente y eficiencia lumínica.
- **Separación del Consumo Energético por Servicios:** En sistemas como el de Perú y España, el consumo energético se desglosa por categorías (climatización, iluminación, equipos), lo cual permite una evaluación más precisa y facilita la identificación de oportunidades de ahorro energético en cada área.
- **Análisis de Condiciones Estándar de Uso y Clima:** Para garantizar la comparabilidad, muchos sistemas de evaluación utilizan condiciones estándar de ocupación y clima. Esto permite evaluar el consumo energético de manera referencial, aunque no siempre refleje la demanda real en uso diario.
- **Ajustes para Diferentes Tipologías y Zonas Climáticas:** La mayoría de los sistemas ajustan la línea base según la tipología de la edificación (unifamiliar, en bloque, etc.) y la zona climática. Esto es clave para reflejar adecuadamente el impacto del clima en el consumo energético y hacer que la línea base sea relevante a nivel local.
- **Modelos de Cálculo Estándar:** Algunos sistemas implementan modelos específicos, como el modelo de *bottom-up* para la caracterización en Australia y Nueva Zelanda, y el *Modelo Simplificado de Caracterización Inversa* en España. Estos modelos ayudan a predecir el consumo energético total a partir de consumos específicos de cada unidad y a estructurar escalas de calificación eficientes.
- **Construcción de Escalas de Calificación:** Basándose en los datos de referencia, se establecen escalas de calificación (como las letras A-G en España y Brasil) para clasificar los edificios en niveles de eficiencia. Esta clasificación permite comparar el desempeño energético entre edificios de manera sistemática y fomentar mejoras en el diseño para lograr una calificación más alta.



Estos enfoques metodológicos comunes permiten establecer una línea base de desempeño energético robusta, adaptada a las condiciones locales y estandarizada, lo que facilita la evaluación y comparación de la eficiencia energética en edificaciones de distintos contextos y países.

## 2. Contexto de la línea base

Esta sección ofrece una revisión del contexto nacional actual para el establecimiento de la línea base, incluyendo un resumen de los estudios previos que preceden a esta consultoría, una revisión del marco normativo y una identificación de los actores involucrados en el proceso de su definición

### 2.1. Antecedentes

A continuación, se comentan algunos documentos que representan antecedentes importantes para el establecimiento de la línea base de desempeño energético para edificaciones en Colombia.

- **DOCUMENTO VIS 4.0: Estrategias para la vivienda de interés social sostenible en Colombia (2024)** [10]

Este documento se publicó en 2024 y fue elaborado en el marco de la Mesa de Construcción Sostenible Colombia-Suiza, liderada por Camacol y expertos en el tema. Incorpora una línea base para 3 tipologías: VIS Urbana, VIS Rural y VIS de Mejoramiento. Esta última tipología es mayoritaria en el parque edificado colombiano representada en una vivienda de dos pisos, construida entre dos estructuras adyacentes a ambos lados (izquierda y derecha) para los 4 climas, identificando resultados de consumo de energía, confort y ventilación. Para la construcción de la línea base, los autores tomaron como referencia la metodología desarrollada por el *Pacific Northwest National Laboratory (PNNL)* de Estados Unidos para la creación de códigos energéticos nacionales. Esta metodología incluye la creación de arquetipos representativos de la tipología a analizar (en este caso, la vivienda VIS), conocidos como “paquetes primarios.”

Estos paquetes representan de manera precisa diferentes tipos de construcciones y usos, y sirven como base para simular su desempeño energético bajo diversas condiciones climáticas y operativas. Al analizar estos modelos, los investigadores pueden identificar las fuentes principales de consumo energético en



cada tipo de edificio y evaluar el impacto de diferentes medidas de eficiencia energética. Esta información es fundamental para desarrollar códigos energéticos nacionales más efectivos, ya que permite establecer requisitos de desempeño energético específicos para cada tipología de construcción, considerando las condiciones climáticas y las prácticas de construcción locales.

Las tipologías se caracterizaron así:

- VIS Urbana: diseñado en relación con su ubicación dentro del edificio y la altura de este, en un piso intermedio dentro de un concepto multifamiliar, en relación con el espacio se propone un área promedio de 45 [m<sup>2</sup>], la anterior ubicación implica la presencia de unidades habitacionales adyacentes, tanto en la planta superior como en la inferior. Para este caso los apartamentos vecinos se toman como elementos adiabáticos, es decir que no hay transferencias térmicas de un lado a otro, pero en cuestiones de sombra o incidencia solar sí intervienen sobre el prototipo analizado
  - VIS Rural: vivienda de 1 sólo piso, en un contexto de campo abierto con las 4 fachadas expuestas. El área promedio del prototipo corresponde a 60 [m<sup>2</sup>]
  - Mejoramiento: representada en una vivienda de dos pisos, construida entre dos estructuras adyacentes a ambos lados (izquierda y derecha). El área promedio del prototipo es de 70 [m<sup>2</sup>].
- Documento “Lineamientos técnicos para el establecimiento de un sistema de etiquetado energético de edificaciones en Colombia a partir de simulaciones energéticas” (2023) [11] y Documento “Herramienta de cálculo de térmico como insumo para la comprobación de demanda energética para refrigeración Viviendas en Colombia” (2023) [12].

Ambos documentos son producto del proyecto CEELA. En su contenido se describen los detalles técnicos detrás de la herramienta de cálculo de eficiencia energética para edificaciones residenciales en Colombia que servirá como base para el futuro sistema de etiquetado energético. De acuerdo con estos documentos, la herramienta de cálculo está basada en la ISO 52.016. Esta considera ganancias y pérdida de calor por conducción, radiación solar y cargas internas. Para el cálculo de puentes térmicos se considera un método detallado y un método simplificado. El diseño de la herramienta también consideró el modelado de diferentes tipos de caudales de aire, y el impacto de la radiación solar según la ISO 52010-1. En la herramienta, las viviendas son analizadas en forma individual y como una única zona térmica. La herramienta ha sido diseñada inicialmente como una plantilla de cálculo en Excel que incluye una biblioteca de soluciones constructivas, un módulo para ingresar la arquitectura de la vivienda y una hoja de resultados.

Según estos documentos, la herramienta de cálculo permite estimar la demanda de refrigeración y de deshumidificación necesarias para garantizar condiciones de confort térmico. También permite el cálculo del consumo en refrigeración y el consumo de agua caliente sanitaria. El documento también presenta



un análisis de sensibilidad con casos de aplicación de la herramienta, se destaca la necesidad de mejorar la precisión de los resultados en climas templados.

Los documentos también proponen una hoja de ruta para la actualización de la RES 0549. Se recomienda llevar a cabo auditorías energéticas para evaluar la relación entre el desempeño energético y el confort térmico. Asimismo, se sugiere la utilización de una herramienta de cálculo única, estandarizada y validada internacionalmente, así como el establecimiento de un sistema de etiquetado energético que siga la hoja de ruta de la UPME. Dentro de las recomendaciones, se destaca la necesidad de implementar un sistema de control y gestión que permita el seguimiento de la normativa, así como la creación de un sistema de incentivos.

- **Entregables 2 y 3 del Contrato UPME C-104-2022 (Análisis de la pertinencia y viabilidad de ampliar el etiquetado y Propuesta de mapa de ruta para el etiquetado energético o MEPS en Colombia) (2022) [13].**

Estos documentos un estándar de eficiencia energética para los equipos de iluminación relacionado a la potencia de consumo versus el flujo luminoso, lo anterior debido a que a la fecha el mercado de iluminación ha migrado casi en su totalidad a la tecnología LED y dicho nicho se encuentra regulado por el RETILAP. Sin embargo, debido a que muchos de estos equipos ingresan al país y no cuentan con las certificaciones ni especificaciones de acuerdo con las reglamentaciones vigentes, se toma como base el artículo 13 de la Resolución 319 de 2022 (Antes Resolución No. 000196 de 2020) en la cual se establecen los requisitos y procedimientos para acceder a los incentivos tributarios de la UPME.

En consecuencia, las características técnicas mínimas que deben cumplir las luminarias son: Tecnología LED, Eficacia luminosa: 90 lm/W o superior para iluminación interior y 130 lm/W o superior para iluminación exterior, Vida útil de al menos 25.000 hora y Factor de potencia de  $\geq 0.9$ .

Adicionalmente se propone una estructura en la cual se discrimina la eficiencia por tipo de luminaria siendo estas tipo interior o exterior, o en presentaciones como tipo panel, tubo o lámpara compuesta.

Para equipos como ventiladores y televisores cuyo porcentaje de consumo es representativo en los hogares colombianos se presentan como propuesta manejar requisitos de eficiencia en función de la potencia de consumo y su generación en m<sup>3</sup> para ventiladores, y en el caso de los televisores estableciendo límites de consumo en modo espera y modo activo en función del tamaño de las pantallas.

Adicionalmente, este documento presenta unas bases respecto a los requisitos a exigir para los aparatos eléctricos a instalar en aras de garantizar la eficiencia energética de la edificación y a su vez caracterizar la misma dentro de un grupo determinado en función del consumo de energía.

- **Resumen Ejecutivo Documento de actualización del Consumo Básico de Subsistencia (2022) [14].**



Este documento presenta los resultados de un estudio del consumo de energía por tipo de combustible y características de edificaciones. En éste se emplea la fórmula propuesta por la UPME para el cálculo de consumo de energía por cada equipo de uso final en las edificaciones.

Como resultado del estudio se identifica que los consumos de energía se ven afectados no solo por la tenencia de equipos asociada a los estratos socioeconómicos si no por el piso térmico en el que se encuentre ubicada la edificación, concluyendo que los resultados para los porcentajes de consumo por tipo de electrodoméstico serán diferentes de un piso térmico a otro. A partir de este documento se cuenta con una base para la caracterización de los consumos de energía y su relación con el estrato socioeconómico y piso térmico.

- **Documento Proyecto UIS - MINCIENCIAS - UPME “Lineamientos técnicos para el establecimiento de un Sistema de Etiquetado energético de edificaciones a partir de simulaciones energéticas”. (2021) [15].**

Este documento recomienda una serie de actividades para el establecimiento de una línea nacional para el Sistema de Etiquetado Energético de Edificaciones - SEEE de Colombia, basándose en el ejercicio realizado en el Área Metropolitana de Bucaramanga - AMB. Las actividades recomendadas son:

- Seleccionar edificios representativos según clima, estrato socioeconómico y tipología. Ver Anexo Técnico 2 para detalles.
- Recopilar y generar datos para todos los climas, tipologías y estratos socioeconómicos de: Información meteorológica (generación de archivos climáticos para simulación), Comportamiento energético detallado de unidades residenciales y oficinas, mediante la recopilación del consumo energético global de edificaciones construidas y ocupadas, se recomienda obtener el desglose energético para las edificaciones representativas. y ajuste o desarrollo de parámetros de confort para condiciones climáticas, socioeconómicas de Colombia.
- Recopilar información que permita identificar y caracterizar las edificaciones según tipología, estrato socioeconómico y clima, ver entregable 2 para detalles.
- Desarrollo de modelos energéticos, ajustados mediante la información recopilada en el numeral a, que caractericen el comportamiento energético de las edificaciones representativas, tal como se expresa en el Anexo Técnico 2.
- Analizar el comportamiento energético de los modelos representativos, que permita identificar el desempeño energético y desarrollar ajustes de indicadores y parámetros de los modelos de simulación.
- Determinar elementos representativos para los edificios de referencia según clima, estrato socioeconómico y tipología (características arquitectónicas, materiales y equipos de zonas comunes).
- Obtención de parámetros de ponderación (X, Y, Z y R) para evaluar el indicador global de ahorro energético según zona climática, tipología y estrato socioeconómico.
- 



- **Documento Proyecto UIS - MINCIENCIAS - UPME “Lineamientos técnicos para el establecimiento de un Sistema de Etiquetado energético de edificaciones a partir de simulaciones energéticas”. (2021) [15].**

Estos documentos describen el método de auto-referencia como una estrategia para evaluar el desempeño energético de los edificios en el contexto de un Sistema de Etiquetado Energético de Edificaciones (SEEE) en Colombia. Este método se utiliza debido a la falta de bases de datos extensas que contengan información sobre el consumo energético de diferentes tipos de edificaciones en el país.

El método de auto-referencia se basa en la comparación del edificio a evaluar con un "edificio de referencia". Este edificio de referencia se crea a partir del modelo energético del edificio evaluado, pero se modifican ciertas características para que cumpla con los requisitos mínimos de eficiencia energética.

Para generar el modelo energético del edificio de referencia, se ajustan algunos aspectos del modelo del edificio evaluado, como:

- **Materialidad de la envolvente:** Se emplean materiales de construcción que cumplan con los estándares mínimos de eficiencia energética.
- **Eficiencia de los sistemas:** Se utilizan sistemas de climatización, iluminación y otros equipos con niveles de eficiencia predefinidos.
- **Diseño arquitectónico:** Se modifican elementos del diseño que impactan en la eficiencia energética, como la orientación, el sombreado y la ventilación natural.

La configuración específica de las características del edificio de referencia se basa en información de Reglamentos Técnicos, estándares como la ASHRAE 90.1, literatura científica, y la caracterización energética de edificaciones existentes en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) e información de talleres con expertos. El documento referencia un grupo de anexos con la información recomendada para cada aspecto de la línea base.

- **PRIMER BALANCE DE ENERGÍA ÚTIL PARA COLOMBIA Y CUANTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS ENERGÉTICAS RELACIONADAS Y LA BRECHA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (2019) [16].**

En este documento se evidencia que el tipo de electrodomésticos utilizados en las unidades de vivienda marcan la diferencia en el consumo final de energía y por ende el ahorro en el mismo a causa de la eficiencia de los equipos. Con el fin de caracterizar los electrodomésticos utilizados en los hogares del país y sus patrones de uso se generó el Balance de Energía Útil para Colombia (BEU), en esta ficha se consideran datos del tipo de equipos de uso frecuente en los hogares colombianos, porcentaje de tenencia y frecuencias de uso de los equipos.



Como resultado del estudio para el consumo de energía eléctrica final en los hogares colombianos se concluye que el 48% del consumo corresponde a equipos de refrigeración (nevera, aire acondicionado), el 15% al consumo de televisores y el 14% a la iluminación.

Del mismo modo se realiza el análisis para edificaciones del sector terciario tales como edificios de administración pública, hospitales, hoteles y comercios. Bajo la misma metodología se determina la distribución del consumo de energía obteniendo un 32% para refrigeración (neveras, aires acondicionados, refrigeradores), 24% para iluminación, 18% en calor indirecto y 11% para calor directo (microondas, estufas, hornos, planchas, secadores, etc.). Cabe resaltar que al subdividir el sector terciario en público y privado se detecta una diferencia en los comportamientos de consumo entre estos sectores asociado a las características técnicas de los equipos instalados en cada una de dichas edificaciones.

Adicionalmente, este documento representa una buena base de caracterización de consumo energético a partir de las frecuencias de uso y el tipo de equipos instalados en cada edificación, así mismo brinda una estimación de los potenciales ahorros asociados que se obtendrían al utilizar equipos con mayores eficiencias de acuerdo con los últimos avances en tecnología.

- **Línea base de consumos de agua y energía para el Área Metropolitana de Bucaramanga. (2019) [17].**

Este documento fue establecido en 2019 por la Cámara de Comercio de Bucaramanga, como uno de los resultados del proyecto “Construcción sostenible y economía circular para dinamizar la cadena de valor del sector de la construcción en Santander - EC2S”. El documento contiene las características comunes de energía, agua, materiales, confort y perfiles de uso y ocupación para cuatro diferentes tipologías edilicias del Área Metropolitana de Bucaramanga: multifamiliar de ingresos bajos (estrato 1 y 2), multifamiliar de ingresos medios (estrato 3 y 4), multifamiliar de ingresos altos (estrato 5 y 6) y oficinas. Con estas características se construyó un grupo de arquetipos representativos (enfoque de caracterización *Top-Down*) de cada una de las tipologías mencionadas. Estos arquetipos fueron validados usando datos de consumo energético medido, proporcionados por la empresa comercializadora de energía local.

Para la recopilación de las características comunes se realizó un ejercicio de análisis de información de diseño y visitas de inspección a un grupo de 20 edificaciones, 5 de cada tipología. El documento también señala la creación de un archivo climático en extensión. epw, aplicable a los cascos urbanos de Bucaramanga, Floridablanca y Piedecuesta.

- **SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA EDIFICIOS EMS SIGUIENDO HOJA DE RUTA BS-ISO 50006 de 2014 (2014) [18]**

Aunque este documento no propone una metodología para definir una línea base, se enfoca en proveer los lineamientos generales para la obtención de una línea base para el consumo energético basándose en la norma ISO 50006 de 2014. Dentro de los aspectos a considerar para obtener una buena línea base,



el documento recomienda definir con claridad cuál va a ser el uso de línea base, establecer un periodo de datos adecuados para que la línea base sea representativa de las variaciones de consumo, acotando elementos como la estacionalidad, el número de ocupantes y los hábitos de consumo. También sugiere considerar al menos 12 meses para considerar la variación estacional climática.

En cuanto a los datos se recomienda recopilar datos precisos y confiables. Estos pueden obtenerse de facturas de servicios públicos. En caso de usar modelos de simulación se recomienda realizar una calibración de estos modelos. El documento menciona, que es de suma importancia identificar y considerar las variables que pueden influir sobre el consumo energético de las edificaciones como el clima, el número de ocupantes, el tipo de edificio y los hábitos de consumo.

Otro aspecto destacado por el documento es la validación de la precisión y representatividad de la línea base. De acuerdo con este, esto puede hacerse comparando la línea base con datos de consumo de períodos posteriores o con datos de edificaciones similares.

- **Documento técnico Resolución 0549 (2013) [19]**

Este informe, elaborado por un equipo internacional de consultores, presenta un plan para desarrollar un código nacional de construcción verde en Colombia (Resolución 0549). Se centra en la eficiencia energética y el uso eficiente del agua en edificaciones, con el objetivo de reducir tanto las emisiones de gases de efecto invernadero como el consumo de agua. El documento describe un enfoque detallado paso a paso, que incluye análisis de mercado, evaluación de sensibilidad de diversas medidas y una propuesta de código con recomendaciones específicas.

La recopilación de datos para la línea base contó con el apoyo de entidades como Corpoema, Camacol y empresas de servicios públicos. Corpoema fue designada para llevar a cabo una encuesta en cuatro ciudades representativas, que abarcó 99 edificios de diversas tipologías y tamaños. Además de datos sobre el consumo de servicios públicos, se recopiló información sobre las propiedades físicas y los horarios de funcionamiento de cada edificio.

Camacol se encargó de recopilar información a gran escala, como las tendencias del sector de la construcción por ciudad y por tipo de edificio, así como estadísticas de los edificios construidos en las principales ciudades de Colombia desde el año 2000.

Las empresas de servicios públicos proporcionaron datos sobre el consumo de energía y agua.

Con los datos recopilados, se creó una línea base para cada tipo de edificio en cada ciudad. Esto se logró analizando los datos de consumo de Corpoema, las empresas de servicios públicos y la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME).



Para determinar el consumo energético de referencia, se compararon datos de diferentes fuentes, como UPME, las empresas de servicios públicos y las encuestas de Corpoema. Cuando los datos de las diversas fuentes no coincidían, se seleccionó la fuente más confiable para la simulación o se calculó un promedio.

Se elaboraron tablas que resumen los puntos de referencia de consumo energético seleccionados para cada tipo de edificio en cada ciudad, y se crearon gráficos que muestran el desglose del uso energético en diferentes categorías, como iluminación, refrigeración y calefacción. Finalmente, se utilizaron dos programas de modelado energético de edificios (eQuest y TAS) para construir un modelo de edificio base, en el cual se introdujeron los parámetros que representan la línea base.

### **Hallazgos claves de la revisión de los antecedentes**

De la revisión de los documentos considerados como antecedentes de la línea base se destacan los siguientes hallazgos que son considerados en la metodología presentada en el capítulo 4 de este documento.

- **Recopilación de datos y caracterización de edificaciones:** Los documentos destacan la importancia de reunir datos detallados sobre las características de los edificios, el consumo energético y las condiciones climáticas. Esto incluye el levantamiento de información a través de encuestas y visitas de inspección, además de datos proporcionados por entidades públicas y privadas. En Bucaramanga, por ejemplo, se utilizaron encuestas para caracterizar arquetipos representativos de cada tipo de edificación, mientras que en el contexto nacional se consideraron factores como el estrato socioeconómico y el clima para seleccionar edificaciones representativas.
- **Creación de arquetipos representativos:** En algunos casos como en el de la línea base de la Resolución 0549, se emplea un enfoque *Top-Down* para desarrollar arquetipos o modelos base de cada tipo de edificio, ajustados a condiciones climáticas y operativas locales. Esto permite representar de forma precisa las diferentes tipologías edilicias y su consumo energético, asegurando que la línea base refleje adecuadamente las particularidades de cada contexto.
- **Uso de modelos de simulación:** La metodología incluye el uso de simulaciones energéticas basadas en normas del cálculo para desempeño para establecer una línea base confiable, utilizando programas como eQuest y TAS. Además, se menciona la calibración de los modelos mediante datos reales de consumo, lo cual ayuda a mejorar la precisión y representatividad de los resultados obtenidos.
- **Selección de fuentes de datos confiables:** Dado que la calidad de la línea base depende de la fiabilidad de los datos, los documentos sugieren utilizar la fuente más confiable en caso de discrepancias. En algunos casos, se opta por un promedio entre diferentes fuentes, o se prefiere la fuente con mayor respaldo técnico para la simulación.
- **Parámetros de confort y estacionalidad:** La metodología toma en cuenta factores que afectan el consumo energético, como la variación estacional y el clima. Se recomienda un período mínimo de



12 meses para incluir variaciones estacionales y así asegurar una representación adecuada de los consumos a lo largo del año.

- **Desglose del consumo energético por uso final:** Para mayor precisión en el análisis, se separan los consumos por categorías como iluminación, refrigeración y calefacción, y se identifican los equipos más representativos en cada sector (residencial y terciario). Este desglose permite detectar oportunidades específicas de eficiencia y diseñar estrategias enfocadas en reducir el consumo en cada área.
- **Normativas y lineamientos técnicos:** Se utiliza un "edificio de referencia" basado en estándares como la ASHRAE 90.1, el cual ajusta características del edificio evaluado a niveles mínimos de eficiencia. Este enfoque de auto-referencia es una estrategia clave en el establecimiento de la línea base, sobre todo en el contexto de etiquetado energético, para comparar el consumo de los edificios con una referencia estandarizada.

Estos elementos metodológicos son esenciales para construir una línea base de consumo energético precisa y adaptable a las condiciones locales, y establecen un marco para la formulación de políticas de eficiencia energética y sostenibilidad en edificaciones.

## 2.2. Marco normativo aplicable

El establecimiento de una línea base de consumo energético para un sistema de etiquetado de edificaciones en Colombia puede fundamentarse en diversas normativas vigentes, que incluyen leyes y resoluciones nacionales, reglamentos técnicos y normas y estándares internacionales. Estas abarcan aspectos como la protección ambiental, la eficiencia energética, la defensa del consumidor, los planes de desarrollo municipal y los incentivos tributarios. A continuación, se destacan algunas de las normativas más relevantes.

### 2.2.1. Normatividad nacional

En relación con la normatividad nacional destaca el siguiente marco normativo.

- **Ley 2294 de 2023.** Por la cual se adopta el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026. El artículo 237 de esta Ley establece que los edificios pertenecientes a las administraciones públicas y en un término no superior a un año a partir de la entrada en vigencia de la Ley 2294 (es decir, el 19 de mayo de 2024), se deberá realizar una auditoría energética de sus instalaciones, con una periodicidad de cada cuatro (4) años, con el fin de establecer objetivos de ahorro de energía a ser alcanzados a través de medidas de eficiencia energética y la implementación de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable – FNCER.



- **Resolución UPME 319 de 2022.** Establece los requisitos y el procedimiento para la evaluación de las solicitudes de evaluación y emisión de los certificados que permitan acceder a los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014.
- **Ley 2099 de 2021.** Por medio de esta Ley se busca modernizar la legislación vigente en cuanto a la transición energética, la dinamización del mercado energético a través de la utilización, desarrollo y promoción de fuentes no convencionales de energía, la reactivación del país y dictar normas para el fortalecimiento de los servicios públicos de energía eléctrica y gas combustible. Como primera medida, se declaran de utilidad pública y de interés social a las actividades de promoción y desarrollo de fuentes no convencionales de energía. Se crea el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE), con el fin de promover, ejecutar y financiar planes y proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE). Además, regula asuntos relacionados con la exploración e investigación del recurso geotérmico.
- **Plan de Acción Indicativo del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía, PAI PROURE, 2022-2030 (Resolución 40156 de 2022 del Ministerio de Minas y Energía):** El PAI PROURE es el instrumento utilizado por el Gobierno Nacional para la promoción de la eficiencia energética y para concretar las medidas y responsabilidades en esta materia. Este Plan también tiene dentro de sus estrategias la consolidación de un mercado activo en eficiencia energética, según el cual, con la promoción de la adopción de Sistemas de Gestión de la Energía se lograría recopilar información detallada sobre el consumo energético y sobre la mejora del desempeño energético.
- **Plan Energético Nacional de Colombia: Ideario Energético 2050.** Uno de los objetivos de política de largo plazo se relaciona con la eficiencia energética, el cual se sustenta en adoptar nuevas tecnologías, buenas prácticas en la operación, y hábitos que permitan optimizar los recursos energéticos.
- **CONPES 3919 de 2018 - Política Nacional de Edificaciones Sostenibles.** Una de las acciones propuestas es diseñar e implementar instrumentos de política pública que permitan incluir criterios de sostenibilidad para todos los usos y dentro de todas las etapas del ciclo de vida de las edificaciones.
- **CONPES 3934 de 2018 - Política de Crecimiento Verde.** En el sentido de la gestión eficiente de la energía, se relaciona con su segundo objetivo, que consiste en fortalecer los mecanismos y los instrumentos para optimizar el uso de recursos naturales y energía en la producción y en el consumo.
- **Resolución 0549 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.** Esta resolución regula los parámetros de construcción sostenible, enfocándose en el ahorro de agua y energía en edificaciones. Su Anexo 1, "Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía", define la construcción sostenible y destaca la eficiencia energética como un aspecto clave, sirviendo de base para establecer criterios de eficiencia energética al definir la línea base de consumo.



- **Decreto 1073 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía.** Este decreto promueve el uso eficiente de la energía eléctrica en edificaciones públicas y viviendas de interés social. El artículo 2.2.3.6.4.3 exige a los constructores incluir eficiencia energética en sus diseños, lo que ayuda a establecer requisitos mínimos y a definir la línea base.
- **Ley 1715 de 2014, por la cual se regula la integración de las energías renovables al sistema energético nacional.** Esta ley promueve la eficiencia energética y establece el PROURE como su herramienta principal. El artículo 26 requiere el desarrollo de instrumentos técnicos, jurídicos y financieros para su promoción, que pueden servir como referencia para definir la línea base de consumo y las metas de eficiencia energética.
- **Resolución 919 de 2010 del Ministerio de Minas y Energía.** Esta resolución define subprogramas del PROURE, incluyendo "Edificaciones arquitectónicas y equipamiento para el URE", y destaca la importancia de la eficiencia energética en edificaciones. La información de este subprograma puede ser útil para definir la línea base de consumo.

### 2.2.2. Reglamentos técnicos

En Colombia existen diferentes reglamentos técnicos que deben ser tenidos en cuenta en el proceso de establecimiento de la línea base nacional.

- **Reglamento Técnico de Instalaciones Térmicas - RETSIT.** Fue expedido mediante la resolución 40773 del 29 de diciembre de 2023. Este documento tiene como objetivos mejorar el desempeño energético de los sistemas térmicos, aumentar la seguridad de operación de estos sistemas y favorecer la preservación del medio ambiente. El reglamento, establece los requisitos que deben cumplir las instalaciones térmicas de acondicionamiento de aire y refrigeración, así como la producción y distribución de energía térmica, teniendo en cuenta los compromisos adquiridos por la nación para el cumplimiento del protocolo de Montreal y la enmienda de Kigali.
- **Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE.** En su más reciente versión expedida mediante la Resolución 40117 del 2 de abril de 2024, esta resolución se encuentra en una etapa de transitoriedad debido a su reciente emisión para proyectos en curso o con licencias de construcción emitidas hasta la fecha de expedición del nuevo reglamento, para estos proyectos mencionados anteriormente continúa aplicando la vigencia de la versión del RETIE emitida mediante Resolución 90708 del 30 agosto de 2013, con sus respectivas modificaciones y/o aclaraciones. El RETIE reglamenta los lineamientos que deben cumplir los diseños, construcción y certificación de todas las



instalaciones eléctricas a nivel nacional y está compuesta por cuatro libros que abordan los alcances de: disposiciones generales, productos, instalaciones y evaluación de la conformidad.

- **Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP.** Fue expedido en su última versión mediante la Resolución 40150 del 03 de mayo de 2024, esta resolución se encuentra en una etapa de transitoriedad debido a la necesidad de contar con entidades de certificación de competencias, a su vez debido a su reciente emisión para proyectos en curso o con licencias de construcción emitidas hasta la fecha de expedición del nuevo reglamento, para estos proyectos mencionados anteriormente continúa aplicando la vigencia de la versión del RETILAP emitida mediante Resolución 18 1331 de 2009, con sus respectivas modificaciones y/o aclaraciones. El RETILAP reglamenta los lineamientos que deben cumplir los diseños, construcción y certificación de todas las instalaciones y sistemas de iluminación a nivel nacional y está compuesta por cuatro libros que abordan los alcances de: disposiciones generales, productos, instalaciones y evaluación de la conformidad.
- **Código Eléctrico Colombiano NTC 2050 segunda actualización (Ratificada por el Consejo Directivo de 2019-12-11).** El cual está basado en el *National Electrical Code* (NEC) o NFPA 70 de la *National Fire Protection Association* de los Estados Unidos, y la cual por medio del RETIE es de obligatorio cumplimiento, contiene la normativa a aplicar en el diseño y construcción de las instalaciones eléctricas con el objetivo principal de salvaguardar la vida y salud de las personas y los bienes de riesgos asociados al uso de la electricidad. A su vez esta norma contiene apartados de selección y características de materiales, eficiencia energética.
- **NTC 5136 “Condiciones ambientales térmicas de inmuebles para personas”, 2004-12-01, I.C.S.: 23.120.00.** Esta norma “es una adopción idéntica (IDT) por traducción de la norma ANSI/ASHRAE 55”. Es de resaltar que en ella se dejaron explícitas las condiciones térmicas interiores de aceptabilidad, pues en su texto se lee: “1. ALCANCE Esta norma especifica las combinaciones de factores personales y ambientales en espacios interiores, que producirán condiciones ambientales térmicas aceptables para el 80 % o más de los ocupantes dentro de un espacio.

### 2.2.3. Normas internacionales

En materia de normatividad internacional, son varios los estándares que pueden ser usados como referencia en el proceso de establecimiento de la línea base de Colombia. En la Tabla 2, mostrada a continuación, se hace alusión a los más importantes.

**Tabla 2.** Normatividad internacional relacionada con el establecimiento de una línea base energética para edificaciones.



Estándar	Nombre	Descripción
IPMVP: 2002	Protocolo Internacional de Medición y Verificación del Desempeño	El IPMVP es un protocolo gratuito de la ONG EVO que brinda recomendaciones para medir y verificar el desempeño en proyectos de eficiencia energética. Permite evaluar y cuantificar ahorros en edificios y procesos, estableciendo una línea base y verificando resultados. Incluye tres métodos de medición: ahorros directos, sub-medidores y cálculo por modelos.
ISO 50002:2014	Auditorías Energéticas Requisitos con Orientación para su Uso	Esta norma establece los requisitos para realizar auditorías energéticas en edificaciones y sistemas, fundamentales para evaluar la eficiencia energética y definir la línea base, identificando oportunidades de ahorro y recopilando datos clave.
ISO 50006:2014	Sistemas de Gestión de la Energía. Medición del Desempeño Energético Usando Líneas Base Energéticas (LBEn) e Indicadores de Desempeño Energético (IDEn).	Esta norma se enfoca en evaluar el desempeño energético mediante la LBEn e IDEn, orientando sobre cómo establecer, evaluar y comparar el desempeño en distintos periodos.
ISO 50015:2015	Sistemas de Gestión de la Energía. Medición y Verificación del Desempeño Energético de Organizaciones.	Esta norma aborda la medición y verificación del desempeño energético en organizaciones, ofreciendo directrices clave para medir ahorros y evaluar la efectividad de medidas de eficiencia.
ISO 17747: 2015	Determination of Energy Savings in Organizations	Esta norma ofrece pautas para calcular y verificar ahorros de energía en organizaciones, esenciales para medir eficiencia y establecer la línea base.
ISO 50047: 2016	Ahorro de Energía. Determinación del Ahorro de Energía en las Organizaciones	Esta norma guía el cálculo y verificación de ahorros de energía en organizaciones.
ASHRAE 90.1 2016, Apéndice G [20]	Norma de Eficiencia Energética para Edificaciones, Excepto Edificios Residenciales de Baja Altura.	Este apéndice de la norma ASHRAE 90.1 ofrece parámetros para ajustar la línea base y estimar ahorros energéticos en edificios con sistemas HVAC, siendo relevante para edificaciones gubernamentales y orientando sobre la línea base específica para cargas de energía predominantes.
ISO 50008: 2018	Gestión de Energía y Ahorro de Energía. Gestión de Datos de Energía de Edificios para el Desempeño Energético.	Esta norma orienta sobre la gestión de datos de desempeño energético, brindando directrices para recopilar, almacenar y analizar datos clave para establecer la línea base.
ISO 50046: 2019	Métodos generales para Predecir el Ahorro de Energía	Esta norma ofrece métodos estandarizados para calcular ahorros de energía en aplicaciones específicas, apoyando a las organizaciones en sus evaluaciones de eficiencia energética.
ASHRAE 55: 2019	Condiciones de confort térmico para ocupación humana con errata 2013 para la evaluación de confort en edificios con ventilación exclusivamente natural.	El objeto de este estándar es especificar las combinaciones de los factores ambientales térmicos en interiores con los factores personales que generarán unas condiciones ambientales térmicas adecuadas para la mayoría de ocupantes de un recinto o espacio



### 2.3. Actores involucrados

A continuación, se presenta la cadena de valor del sector de la construcción y con ella la identificación de los principales actores por tipología que intervienen en el proceso productivo con énfasis especial en el presente ejercicio de línea base de desempeño energético de las edificaciones en Colombia.



Figura 1. Actores involucrados en el proceso de establecimiento de la línea base.

De acuerdo con la Figura 1, se puede apreciar que, en la cadena de valor de la construcción como actores directos se tienen:

- 1. Eslabón de Diseño.** En este eslabón se identifican las firmas de arquitectura y diseño o, los departamentos de diseño de las firmas constructoras. También en este eslabón de la cadena, se tienen algunos contactos preliminares con proveedores de materiales, especialmente cuando se tiene previsto en un proyecto usar un nuevo material. Es este eslabón también se tiene contacto con las empresas de servicios públicos en caso de ser requerido el tendido de las redes hasta el punto donde se ejecutará el proyecto.



2. **Eslabón de Construcción.** Aquí se ubican las empresas constructoras y sus equipos de contratistas, también se tienen los procesos de suministro de materiales por parte de las empresas proveedoras tales como ferreterías, grandes superficies, distribuidores directos.
3. **Eslabón de Uso.** Aquí se identifica otro tipo de actor, se trata de las empresas de administración de la edificación, normalmente son empresas aliadas a las firmas constructoras ya sea porque es una empresa del mismo grupo empresarial o una empresa externa. La empresa que realiza el proceso de administración, normalmente se mantiene en contacto con la firma constructora para requerimientos específicos de los residentes o dificultades que se puedan presentar en las zonas comunes.
4. **Eslabón de Demolición.** Aquí nuevamente están presentes las empresas constructoras y sus equipos de contratistas.

De manera transversal a los cuatro eslabones de la cadena, se tiene a las empresas de servicios públicos y las entidades públicas del orden nacional, departamental y municipal quienes rigen las diferentes normativas aplicables al sector en cada uno de sus eslabones.

Dentro de este mismo contexto, se ubican entidades de apoyo, las cuales corresponden a gremios como CAMACOL, Sociedades de Arquitectos e Ingenieros, Cámaras de Comercio, esta últimas toman mayor relevancia al ser promotoras de proceso de fortalecimiento de iniciativas clúster, lo cual favorece el mejoramiento de la productividad y competitividad de las empresas. Para el caso de la ciudad de Medellín este clúster se denomina Hábitat Sostenible, Clúster de Construcción y Energía de Bogotá, Espacios Habitables del Atlántico y, Hábitat Urbano de Cali, cada uno de estos con una estrategia competitiva definida y, un grupo de empresas que respaldan y ejecutan las diferentes acciones.

Otras entidades de apoyo al sector son las firmas que apoyan procesos de certificación de calidad y sellos de construcción sostenible, firmas de abogados, consultores, expertos nacionales e internacionales, firmas del sector de tecnología u otros sectores relacionados y que prestan algún tipo de apoyo o servicio al sector constructor. Así como entidades de promoción de la construcción sostenible como el Concejo Colombiano de Construcción Sostenible – CCCS.



### 3. Alcance técnico de la línea base

Con base en los hallazgos y restricciones identificados durante la revisión de líneas base y antecedentes, se presenta el alcance técnico propuesto para establecer la línea base nacional, que constituye el resultado principal de esta consultoría. Los aspectos para abordar incluyen el enfoque técnico, las tipologías y los climas objeto de estudio, las fuentes de información, y las variables relevantes.

#### 3.1. Enfoque técnico

De acuerdo con los hallazgos de la revisión de enfoques para la obtención de una línea base de desempeño energético, así como los antecedentes que preceden el proceso de obtención de esta. El equipo consultor propone establecer la línea base de desempeño a partir de la mezcla de dos enfoques: Valor Absoluto de Energía e Ingeniería o simulación energética de edificaciones.

La obtención del modelo de valor absoluto se realizará a partir de los datos de consumo de energía mensual para un periodo mínimo de un año, que serán proporcionados por las empresas comercializadoras de energía local para una muestra de 60 edificaciones (edificaciones que serán propuestas por las empresas constructoras locales). Esta información también será útil para el análisis de patrones de consumo y el posterior ajuste de los modelos energéticos representativos de cada tipología.

Por su parte, el enfoque de ingeniería o simulación energética se empleará para la obtención del modelo energético representativo de cada tipología. Estos modelos serán configurados para cada una de las ciudades representativas considerando la variación del clima y las características comunes en arquitectura, materialidad, equipos y régimen de uso. El enfoque de ingeniería o simulación permitirá la cuantificación de indicadores como la demanda de refrigeración, el consumo energético total, condiciones de confort, entre otros. También se usará para la realización de un análisis paramétrico con miras a establecer las bandas de desempeño energético de la línea base.

Como herramienta de simulación se escogió el software DesignBuilder que trabaja con el motor de simulación dinámico de EnergyPlus. La utilización de dicha herramienta permitirá reducir la incertidumbre asociada a las herramientas estáticas o cuasi-estáticas y mejorar el acceso a resultados especializados del desempeño energético de las edificaciones.

#### 3.2 Tipologías y climas

Para la selección de las tipologías objeto de la línea base se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- a. De acuerdo con el Censo Nacional de Población y Vivienda realizado en 2018, más del 60 % de las viviendas en el país son viviendas de tipo unifamiliar y el 32% viviendas multifamiliares.



b. Por otro lado, los datos de área en construcción iniciada en los últimos 12 meses del Boletín Técnico del Censo de Edificaciones del Departamento Nacional de Estadística – DANE correspondiente al II trimestre de 2024 [21], revelan que el 65% de los metros cuadrados que se están construyendo actualmente en el país son destinados a vivienda multifamiliar, el 12.4% a vivienda unifamiliar, y solo el 1.1% a oficinas.

c. En el segundo trimestre de 2024 se iniciaron 45.059 unidades de vivienda, del total de unidades iniciadas, 28.887 (64%) se destinaron a vivienda de tipo VIS (23.550 a apartamentos y 5.337 a casas) y 16.172 a vivienda diferente de VIS (14.368 a apartamentos y 1.804 a casas).

d. Al considerar los metros cuadrados construidos desde 2016 a lo que va de 2024 inventariados en el Censo Nacional de Edificaciones, se observa que en ciudades como Medellín y Bogotá predomina la construcción de vivienda No VIS (representación mayor al 40%). Para el caso de Cali, aunque la vivienda NO VIS continúa siendo relevante (38%), la vivienda VIS representa cerca 28% del total de área construida durante este periodo de tiempo. En el caso de Barranquilla, la vivienda no VIS y la vivienda VIS presentan una representación similar cercana al 30%. En todas estas ciudades predominan las viviendas multifamiliares en las categorías de no VIS y VIS.

De acuerdo con lo anterior, las viviendas unifamiliares predominan en el parque residencial colombiano. No obstante, las tendencias actuales en la construcción de nuevas viviendas muestran una mayor prevalencia de la vivienda multifamiliar. En cuanto a la categoría de ingresos, las viviendas de interés social (VIS) son las que se construyen en mayor volumen. En línea con esa realidad, el equipo consultor propone el estudio de cinco (5) tipologías edilicias: **Viviendas unifamiliares VIS, Viviendas unifamiliares NO VIS, Viviendas multifamiliares VIS, y Viviendas multifamiliares NO VIS, y edificios de oficinas.** Dentro de las tipologías de viviendas multifamiliares NO VIS se considerarán casos de diferentes estratos con el fin de identificar aspectos divergentes. El análisis también considerará casos de vivienda rural en la tipología de vivienda unifamiliar. Entendiendo como vivienda rural aquellas se construyen en las afueras de las ciudades capitales en las cuales se enfocará esta consultoría.

Con respecto a los climas objeto de estudio, se adoptarán los climas propuestos en los términos de referencia y el documento de Hoja de Ruta del SEEE, estos son frío, templado, cálido seco y cálido húmedo. La información para la línea base será recopilada en las ciudades capitales representativas de cada clima de acuerdo con el Anexo 2 de la Resolución 0549, estas son Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla.

### 3.3. Fuentes de información

Para la construcción de la línea base se recopilará información de varias fuentes. Para la caracterización arquitectónica, de materiales, equipos y uso, se recopilará información a través de talleres técnicos temáticos y encuestas online que serán enviadas a empresas constructoras identificadas como de interés en la primera



etapa de la consultoría. Se espera que estas empresas también proporcionen información sobre las memorias de diseño de los proyectos que serán caracterizados a fondo.

Por otro lado, se espera que las empresas comercializadoras de energía presentes en cada una de las cuatro ciudades de interés proporcionen el consumo energético medido de los proyectos caracterizados a fondo.

También se tendrán en cuenta fuentes de tipo secundaria como estudios previos para la identificación de las características comunes y la identificación de las características de mínima eficiencia energética.

### 3.4. Variables relevantes

Para el establecimiento de la línea base se considerarán variables que de acuerdo con los antecedentes y literatura científica tienen un impacto sobre el desempeño energético. Estas variables se asocian a aspectos como la arquitectura, los materiales, así como los equipos y su uso. las características de los edificios, el consumo energético y las condiciones climáticas. Esto incluye el levantamiento de información a través de encuestas y visitas de inspección, además de datos proporcionados por entidades públicas y privadas

En el proceso de construcción de la línea base serán recopiladas a través de los instrumentos de caracterización (formularios Google) y la revisión detallada de memorias de diseño. La Tabla 3 identifica las variables de interés para la obtención de la línea base.

**Tabla 3.** Variables por caracterizar para la obtención de la línea base.

Área	Variables
Arquitectura y materiales	Área de las viviendas / oficinas. Distribución espacial (Forma de la planta) Tipo y composición de los cerramientos. Tipo de adyacencia. Tipo de vidrios. Elementos de protección solar. Medidas de ahorro energético pasivo.
Cargas eléctricas y de iluminación	Densidad de potencia de motores. Densidad de potencia de iluminación. Densidad de potencia de equipos.
Sistemas HVAC	Tipo de sistemas Eficiencia del sistema.

### 3.5. Indicadores

Como indicadores de la línea base se han adoptado los indicadores de desempeño recomendados en los términos de referencias y que se encuentran en consonancia con los resultados de la herramienta de evaluación energética planteada en los documentos del proyecto CEELA revisados en la sección de



antecedentes. Estos son: Demanda térmica asociada a temperaturas de confort térmico, consumo de climatización, horas anuales de disconfort y emisiones de CO<sub>2</sub>. También se considerarán resultados como la energía de equipos, energía para iluminación y energía renovable que fueron sugeridos dentro del documento de Hoja de Ruta del SEEE.

### 3.6. Cantidad de edificaciones consideradas

En cuanto a la cantidad de edificaciones consideradas en el proceso de establecimiento de la línea base, se espera estudiar en detalle las características de al menos 3 edificaciones de cada tipología por ciudad. Es decir, un mínimo total de 60 edificaciones. La cantidad de viviendas / apartamentos que harán parte del estudio dependerá de las edificaciones que resulten seleccionadas.

## 4. Metodología para el establecimiento de la línea base

La metodología establecida para el desarrollo de esta consultoría está conformada por cuatro fases de acuerdo con los productos relacionados en los términos de referencia: (i) levantamiento de información, (ii) determinación de condiciones de confort, (iii) determinación de la línea base y (iv) validación de resultados.

### 4.1. Fase I: Levantamiento y análisis de información

Esta fase tiene por objetivo establecer la caracterización arquitectónica, materiales, equipos y perfiles de uso de las tipologías edilicias objeto de estudio en cada una de las zonas climáticas de interés. Para tal fin se planea desarrollar las siguientes actividades.

#### *Actividad 1.1: recopilación de información general*

La actividad de recopilación de información tiene como alcance el desarrollo de subactividades que son:

1. **Recopilación de información técnica de apoyo.** Se trata de consolidar información relevante de estudios previos realizados en Colombia, así como de documentos de apoyo al ejercicio, elaborados y publicados por diferentes instituciones académicas, gremios, entidades del estado, entre otros. Lo anterior, será desarrollado por el equipo de apoyo técnico del proyecto.

Se considerará la información de reglamentos técnicos y otros estándares internacionales que ofrecen los mínimos de eficiencia energética. Al momento de caracterizar las VIS antiguas (mejoramiento) también se tendrá en cuenta las fichas técnicas del documento VIS 4.0, construido con los integrantes de la Mesa de Construcción Sostenible Colombia Suiza, investigando sobre los lineamientos en Colombia relacionados con el mejoramiento de vivienda e información relevante proporcionada por el Ministerio de Vivienda que fue analizada para identificar estrategias aplicables



a VIS. Así mismo, para la NO VIS. También se pueden consultar los departamentos de vivienda de las Cajas de Compensación Familiar, encargados de asignar los subsidios FOVIS a las viviendas en mejoramiento urbano y rural.

2. **Recopilación de información de características de procesos constructivos en las ciudades objetivo: Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla.** Mediante esta actividad se busca capturar información relevante de los procesos comúnmente desarrollados por la industria en el proceso constructivo, también se trata de identificar los principales materiales utilizados en dichos procesos. Para la recopilación de esta información se desarrollará un instrumento de acceso en línea a través de Internet para diligenciamiento por parte de empresas constructoras identificadas en cada una de las ciudades.

En este punto se realiza contacto con los gremios de Cámaras de Comercio (Clústeres de construcción), Sociedades de Ingenieros, Sociedad de Arquitectos y CAMACOL regionales de cada una de las ciudades involucradas: Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla.

En el marco de esta subactividad, también se establecerá contacto con las empresas comercializadoras de energía local en cada una de las ciudades y, se identificarán entidades que puedan suministrar información de tipo climática. Lo anterior, se desarrollará con el apoyo de las iniciativas clúster de las regionales y de los gremios; así mismo se realizará contacto directo con las empresas para lo cual se gestionan comunicaciones (UPME) que brinden institucionalidad al proceso de cara a la generación de confianza frente a las empresas que suministrarán información.

Ahora bien, frente al instrumento de recopilación de información, se tienen los siguientes propósitos:

1. Identificar las características generales de las edificaciones (tipología a la que pertenece, clima, año de construcción, porcentaje de ocupación, disponibilidad de información de diseño).
2. Determinar las características comunes relacionadas con arquitectura y materiales: Recopilar información sobre área, distribución de planta, relación ventana pared, tipos de cerramientos, vidrios, tipo de adyacencia, entre otros.
3. Recopilar información referente a los equipos eléctricos y mecánicos y sus características relevantes, que son comúnmente instalados y entregados, dentro del alcance de las constructoras para las diferentes tipologías en estudio, correspondientes tanto a los espacios interiores en las unidades de vivienda u oficinas, como las zonas o espacios de uso común en las edificaciones.
4. Mediante este instrumento, también se invitarán a las empresas a postular un proyecto específico para estudio y/o aplicación del proceso de modelado energético. En este sentido se identificarán aquellas edificaciones que disponen de información necesaria para ser usadas como insumo en la construcción de modelos energéticos en una fase posterior. El objetivo es lograr seleccionar 15 edificaciones de diferentes tipologías a saber: 1) Viviendas Unifamiliares VIS, 2) Viviendas unifamiliares NO VIS, 3) Viviendas Multifamiliares VIS, 4) Viviendas Multifamiliares NO VIS y 5) Oficinas por cada una de las ciudades objetivo.



La información recopilada a través de este instrumento será analizada por los consultores expertos para establecer lo que será la primera versión de las características comunes. Dicha información será validada en los talleres técnicos temáticos.

### **Actividad 1.2: Recopilación de información específica**

Una vez seleccionados los proyectos objeto de modelación energética por cada una de las ciudades, se procederá a solicitar información más específica que permita detallar en mayor grado las características arquitectónicas, constructivas, de equipos o de uso de cada una de las categorías de interés. La información por solicitar se relaciona en la Tabla 4. En el desarrollo de esta actividad, se llevará a cabo de manera previa una reunión con las empresas que participan con un proyecto específico y, en caso de ser necesario, se llevarán a cabo reuniones específicas con las empresas participantes y con los equipos de trabajo que suministrará dicha información.

Tabla 4. Información técnica por solicitar.

Área	Tipo de información
Diseño arquitectónico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generalidades; Ubicación, sistema constructivo, cantidad pisos vivienda, cantidad pisos zonas comunes y parqueaderos, año de construcción, etc.</li> <li>- Planos planta. (vivienda, piso tipo, cubiertas, zonas comunes, urbanística, localización)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Planos de fachada.</li> <li>- Planos de cortes</li> </ul> </li> <li>- Detalles de espesor y materiales de muros exteriores, placas de piso, entepiso y cubierta.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Detalles de las ventanas y el tipo de vidrio.</li> <li>- Detalle de las puertas.</li> <li>- Fotografías</li> </ul> </li> </ul>
Diseño eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memorias de cálculo eléctrico.</li> <li>- Planos de diseño eléctrico de iluminación.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diagrama unifilar.</li> </ul> </li> <li>- Especificaciones o fichas técnicas de equipos como ascensores, bombas del sistema contra incendios, bombas del sistema hidráulico.</li> <li>- Memorias de diseño del sistema solar fotovoltaico (si existe).</li> </ul>
Diseño HVAC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planos del diseño del sistema HVAC.</li> <li>- Memorias de diseño del sistema HVAC.</li> <li>- Especificaciones y/o fichas técnicas de los equipos de los sistemas de climatización.</li> <li>- Temperaturas y horarios de operación de los sistemas de climatización.</li> </ul>

### **Actividad 1.3. Recopilación de información sobre consumos energéticos**



Con el apoyo de las empresas comercializadoras de energía y la participación de las administradoras de las edificaciones priorizadas, se realizará la recopilación de datos de consumo energético históricos asociados a las cuentas individuales y grupales de cada una de las edificaciones postuladas. De igual forma se realizará la identificación de los electrodomésticos y equipos eléctricos que operan actualmente en las edificaciones, así como sus especificaciones técnicas y patrones de uso, por medio de los cuales se pueda establecer la relación entre los consumos totales registrados por medio de facturación y la tipología de equipos en uso.

#### **Actividad 1.4.: Recopilación de características comunes de equipos eléctricos y sistemas HVAC**

Con la participación de los equipos de diseño eléctrico y de HVAC de las edificaciones priorizadas se propondrán **instrumentos** que permitan recopilar y validar las características comunes asociadas a las cargas eléctricas y los sistemas de climatización de cada tipología de interés.

A partir de la información recopilada en las etapas anteriores se procede a tabular y organizar la información resaltando las características de consumo de energía por equipo de uso final y tipología de edificación, y de este modo identificar los comportamientos predominantes en el consumo de energía.

#### **Actividad 1.5: Análisis de información preliminar**

La información recopilada a partir del instrumento de recopilación de información será analizada y organizada por cada uno de los expertos de las áreas de diseño teniendo en cuenta la distribución de la Tabla 5.

**Tabla 5.** Organización de la información recopilada.

Arquitectura	Organización y caracterización de la información relacionada con sistema constructivo, cubiertas, muros exteriores, particiones, fachada, ventanas, pisos y entrepisos. subtipologías urbanas (medianera, aislada, esquinera, y edificio (con patio, en H, en C, en U, crujía sencilla, doble crujía, compacta)  Declaración de medidas pasivas listados en la R 0549, en la licencia de construcción
Energía	Organización y caracterización de la información relacionada con las cargas eléctricas e iluminación, tales como tipo y especificación de luminarias, electrodomésticos, aparatos eléctricos en zonas comunes. De igual forma los patrones de consumo para cada una de las cargas.
HVAC	Organización y caracterización de la información relacionada con los sistemas de climatización. Identificación de topologías.

#### **Actividad 1.6: Análisis de información específica**



El experto en cada una de las áreas revisará la información específica pertinente a su área proveniente de al menos tres (3) edificaciones distintas de cada tipología en cada una de las ciudades de interés. Como resultado de este análisis se obtendrán características comunes que permitan la consolidación de la línea base. Estas características serán comparadas con las recopiladas mediante el instrumento de recolección de información. Los hallazgos de esta comparación buscarán ser completados y/o validados en los talleres técnicos temáticos.

Simultáneamente, se escogerán 5 edificaciones representativas de entre las edificaciones postuladas por los constructores, una de cada tipología. para que a través de un enfoque de tipo *Bottom-Up* obtener los modelos energéticos representativo de cada tipología en cada uno de los climas considerados.

Esta actividad también incluye el procesamiento estadístico de los consumos energético-recopilados con ayuda de las empresas comercializadoras de energía.

#### **Actividad 1.7: Talleres virtuales de recopilación y validación de información**

Tal como se mencionó en la Actividad 1.1 en conjunto con las agremiaciones locales y regionales de constructores con influencia en las ciudades representativas, se organizarán cuatro talleres técnicos temáticos de recopilación y validación de información. De ser necesarios encuentros adicionales, también serán ejecutados.

Cada uno de los talleres abordará un área técnica específica de la caracterización, de tal forma que en cada espacio participen los expertos y/o profesionales de las empresas responsables de cada una de las temáticas a saber: 1) Arquitectura y Materiales; 2) Energía y 3) Sistemas HVAC, en dichos encuentros se podrán tener también invitados expertos recomendados por las mismas empresas, gremios o entidades de apoyo al sector. El propósito es que se logren validar aspectos encontrados tanto en los resultados de la caracterización de la información realizada en la Actividad 1.1 y 1.2, como en documentos de referencia. Lo anterior, de cara al proceso de modelado energético que se desarrollará. La Tabla 5 presenta la organización de los talleres técnicos temáticos.

**Tabla 5.** Organización de los talleres técnicos temáticos.

Taller	Objetivo	Participantes	Fecha 1 tentativa	Fecha 2 tentativa	Fecha 3 tentativa
Encuentro de socialización del proyecto	Presentar el alcance del proyecto y el equipo ejecutor que estará en contacto. Invitar a las empresas a postular proyectos en etapa de uso para el modelado energético y finalmente apoyar aquellas empresas que no han diligenciado el	Empresas constructoras  Gremios de las ciudades  Entidades de apoyo/ Empresas de servicio de energía	Noviembre 14 del 2024	N/A	N/A



	formulario de caracterización, resolver inquietudes, a fin de lograr el resultado.				
Taller técnico temático área de arquitectura y Materiales	<p><b>Fecha 1:</b> Validar la información recolectada mediante el instrumento de caracterización con focalización en las variables de: <b>Arquitectura y Materiales</b> en cada una de las tipologías objeto de estudio en las cuatro ciudades de interés.</p> <p><b>Fecha 2:</b> Validación de información capturada en los diseños suministrados por las constructoras e información suministrada por la empresa de servicios públicos.</p> <p><b>Fecha 3.</b> Validación de la línea base</p>	<p>Empresas Constructoras</p> <p>Gremios de las ciudades</p> <p>Entidades de apoyo</p>	<p>Noviembre 28 del 2024</p>	<p>Diciembre 10 al 18 del 2024</p> <p>Jornada AM</p>	<p>Febrero del 2025</p> <p>Jornada AM</p>
Taller técnico temático área de energía	<p><b>Fecha 1:</b> Validar la información recolectada mediante el instrumento de caracterización con focalización en la variable de: <b>Energía</b> en cada una de las tipologías objeto de estudio en las cuatro ciudades de interés.</p> <p><b>Fecha 2:</b> Validación de información capturada en los diseños suministrados por las constructoras e información suministrada por la empresa de servicios públicos.</p> <p><b>Fecha 3.</b> Validación de la línea base</p>	<p>Empresas convocadas mediante comunicación electrónica (empresas diseñadoras eléctricas)</p> <p>Gremios de las ciudades</p> <p>Entidades de apoyo</p>	<p>Noviembre 28 del 2024</p>	<p>Diciembre 10 al 18 del 2024</p> <p>Jornada PM</p>	<p>Febrero del 2025</p> <p>Jornada PM</p>
Taller técnico temático área de sistemas HVAC	<p><b>Fecha 1:</b> Validar la información recolectada mediante el instrumento de caracterización con focalización en las</p>	<p>Empresas convocadas mediante comunicación electrónica</p>	<p>Noviembre 28 del 2024</p>	<p>Diciembre 10 al 18 del 2024</p> <p>Jornada PM</p>	<p>Febrero del 2025</p> <p>Jornada PM</p>



	<p>variables de: <b>Sistema HVAC</b> en cada una de las tipologías objeto de estudio en las cuatro ciudades de interés.</p> <p><b>Fecha 2:</b> Validación de información capturada en los diseños suministrados por las constructoras e información suministrada por la empresa de servicios públicos.</p> <p><b>Fecha 3.</b> Validación de la línea base</p>	<p>(empresas diseñadoras de sistemas HVCA).</p> <p>Gremios de las ciudades</p> <p>Entidades de apoyo</p>			
--	---	--	--	--	--

Tal como se presenta en la tabla anterior, luego al evento de socialización de información del proyecto; se tendrá tres (3) talleres temáticos de validación de información, cada uno contará con la participación de diferentes actores según la temática del taller. Los talleres de una misma temática se realizan el mismo día en horarios diferentes para cada una de las ciudades. Finalmente se tendría una actividad de socialización de resultados finales en el mes de abril del 2025.

#### **Actividad 1.8: Establecimiento de características comunes**

Esta actividad tiene por objetivo el establecimiento del informe de caracterización arquitectónica, de materiales, de equipos y perfiles de uso.

A partir del análisis de la información recopilada con el instrumento de caracterización, la recopilación específica de información, los instrumentos de recopilación de equipos y de uso, así como los talleres, se establecerá el informe de caracterización, se espera que este informe tenga los componentes mostrados en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Componentes de informe de caracterización.

Componente	Detalle	Responsable
Arquitectura	Consolidación de las características comunes relacionadas con la arquitectura en cada tipología y clima de interés.	Consultor experto en arquitectura.
Materiales	Consolidación de las características comunes relacionadas con los materiales en cada tipología y clima de interés.	Consultor experto en arquitectura
Equipos (cargas eléctricas)	Consolidación de las características comunes relacionadas con cargas eléctricas y su uso en cada tipología y clima de interés.	Consultor experto en ingeniería eléctrica



Equipos (sistemas de climatización)	Consolidación de las características comunes relacionadas con cargas eléctricas y su uso en cada tipología y clima de interés.	Consultor experto en ingeniería mecánica
-------------------------------------	--	--

#### 4.2 Fase II: Determinación de las condiciones de confort

Esta fase tiene por objetivo determinar las condiciones de confort para cada una de las tipologías edilicias objeto de estudio de esta consultoría en cada uno de los cuatro climas y para un edificio representativo de cada tipología de la RES 0549. En este sentido se planean realizar las siguientes actividades:

##### **Actividad 2.1: recopilación de datos climáticos**

Con el apoyo del equipo de comunicaciones de la consultoría, el experto en sistemas HVAC buscará recopilar los datos del clima asociados a cada una de las ciudades de interés. Estos podrán ser obtenidos de fuentes como el IDEAM, ASHRAE 169 2020, estaciones meteorológicas asociadas a universidades, aeropuertos u otras entidades y a partir de herramientas informáticas como METEONORM.

##### **Actividad 2.2: selección del modelo y los parámetros del confort**

A partir de una revisión de modelos de confort con los modelos de mayor aceptación como el de ASHRAE 55, índice de temperatura efectiva, índice de humedad relativa y temperatura, voto medio predicho y modelo de Givoni, se seleccionará el modelo de confort que mejor se adapte a las condiciones de confort de las tipologías de edificios incluidas en la línea base. Para la VIS se podría usar el modelo adaptativo presente en ASHRAE 55 que producirán condiciones ambientales térmicas aceptables para el 80 % o más de los ocupantes dentro de un espacio, naturalmente ventilado. Con el modelo seleccionado, se procederá a estimar los parámetros de confort del modelo para cada uno de los climas de las ciudades de interés.

##### **Actividad 2.3: Estimación de los rangos de confort**

Finalmente, a partir de la estimación de los parámetros de confort asociados al modelo seleccionado se procederá a definir los rangos de confort para cada tipología y clima de interés.

#### 4.3 Fase III: Modelado energético y establecimiento de la línea base.

En esta fase se busca la construcción de la línea base de energía, confort y emisiones para las tipologías edilicias de interés en los cuatro climas representativos de la RES 0549. Para lograr este objetivo se llevarán a cabo las siguientes actividades.



### Actividad 3.1: modelado energético

Las cinco edificaciones que resultaron seleccionadas en la actividad 1.6 serán modeladas energéticamente en la herramienta DesignBuilder. Estos modelos energéticos serán calibrados a partir de los datos medidos de consumo energético proporcionados por las empresas comercializadoras de energía local. La Figura 2 describe el proceso de modelado energético que se llevará a cabo en esta actividad.

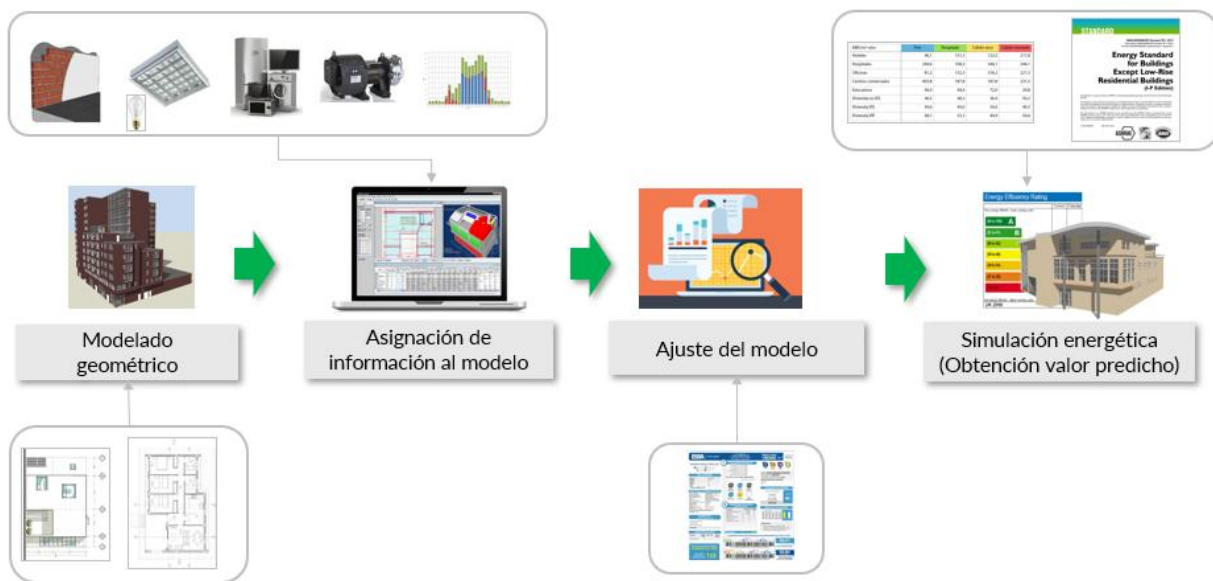


Figura 2. Proceso de modelado energético de edificaciones.

### Actividad 3.2: Establecimiento de los modelos energéticos de cada tipología en cada clima.

Teniendo en cuenta las características determinadas como comunes a cada tipología y clima, se obtendrán 15 modelos energéticos adicionales a los de los edificios representativos. Esto permitirá contar con un modelo energético representativo de cada tipología para cada uno de los climas de interés.

Dentro de la configuración de estos modelos se tendrá en cuenta, de requerirse, la integración de un sistema de aire acondicionado estándar, definido según el criterio del experto consultor y la validación realizada con las empresas diseñadoras en cada ciudad. Esto para la estimación de la demanda térmica y la energía de refrigeración que garantice condiciones de confort.

### Actividad 3.3: Análisis energético de las edificaciones representativas.

A partir de los modelos energéticos obtenidos en la actividad anterior, se realizarán simulaciones energéticas anuales con el propósito de caracterizar su desempeño energético. El análisis del comportamiento energético



tendrá en cuenta resultados como la demanda térmica anual, consumo energético de refrigeración anual, consumo energético anual total, horas de desconfort, emisiones de CO<sub>2</sub>, ganancias térmicas, entre otros.

### **Actividad 3.3: Definición de parámetros y rangos de variación**

A partir de los resultados de las simulaciones energéticas y hallazgos de la literatura se procederá a establecer un grupo de parámetros con alta influencia en el consumo energético de las edificaciones de cada tipología en cada uno de los climas. Algunos de los parámetros abordados serán la orientación, el valor U de los muros exteriores y la cubierta, entre otros.

La definición de los parámetros y los rangos de variación contará con el apoyo de los expertos en cada una de las áreas técnicas de la línea base.

Los rangos de variación serán escogidos teniendo en cuenta hallazgos en estudios de sensibilidad de parámetros y validaciones de expertos y proveedores en el mercado de tecnologías de ahorro energético.

### **Actividad 3.4: Definición de la línea base para confort y las bandas de desempeño**

Involucra la realización de simulaciones paramétricas. Las bandas de desempeño corresponderán con los casos de mayor y menor consumo energético. Al menos se correrán cien (100) simulaciones paramétricas. Este número podrá aumentar dependiendo de la complejidad de los modelos energéticos y de la capacidad del equipo de cómputo disponible. Lo anterior permitirá cubrir un amplio rango de variación de los parámetros seleccionados.

Las simulaciones paramétricas podrán ser desarrolladas a través del software DesignBuilder [22] o mediante el uso del plugin JE Plus [23], herramienta que involucra el uso de EnergyPlus y que ha sido ampliamente utilizada en otros estudios similares.

## **4.4. Fase IV. Validación de resultados**

Esta fase busca la socialización y validación de los principales resultados de la consultoría. Para tal fin se realizarán sesiones de socialización de la línea base en cada una de las ciudades representativas de los cuatro climas de la RES 0549. Estas sesiones buscarán la participación de entidades como CAMACOL, MINVIVIENDA, MINMINAS y proveedores.

En esta fase también se contempla la elaboración de los siguientes entregables finales con un lenguaje sensible al género e inclusivo:

- Informe general de la línea base.
- Documento con el reporte de la caracterización arquitectónica, constructiva, energética y de cada tipología en cada uno de los climas considerados.



- Documento con el reporte de la caracterización de las condiciones de confort de cada tipología en cada uno de los climas considerados.
- Informe del desempeño energético de las edificaciones seleccionadas como representativas de cada tipología en cada clima.



## Referencias Bibliográficas

[1] Anexo de la Resolución UPME 016 de 2024.

[2] E3 INGENIERÍA. Determinación de indicadores de comportamiento energético para edificaciones del sector público en zonas bioclimáticas cálidas y de la ciudad de Lima, 2023.

[3] PAVÓN, María. Obtención de líneas base: Aplicación a edificios de oficinas y sedes judiciales. Sevilla, 2016.

[4] Residential Baseline Study for Australia and New Zealand for 2000 to 2040, <https://www.energyrating.gov.au/industry-information/publications/report-2021-residential-baseline-study-australia-and-new-zealand-2000-2040>.

[5] MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. Manual de procedimientos calificación energética de viviendas en Chile. Santiago. 2019.

[6] PROCEL, ELECTROBRAS, INMETRO Y CB3E. Reglamento Técnico de Calidad para el Nivel de eficiencia energética de edificaciones residenciales. 2012.

[7] PROCEL, ELECTROBRAS, INMETRO Y CB3E. Manual para Aplicación de RTQ-R. 2012

[8] IDAE Y MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO. Calificación de la eficiencia energética de los edificios. 2015.

[9] ALBARRÁN, Alejandro. et al. Manual Operativo del sistema de evaluación de la vivienda verde, 2014.

[10] CAMACOL. Vis 4.0: Estrategias para la vivienda de interés social sostenible en Colombia, 2024.

[11] E3 INGENIERÍA. Lineamientos técnicos para el establecimiento de un sistema de etiquetado energético de edificaciones en Colombia a partir de simulaciones energéticas, 2023.

[12] E3 INGENIERÍA. Herramienta de cálculo de térmico como insumo para la comprobación de demanda energética para refrigeración Viviendas en Colombia, 2023.

[13] Contrato UPME C-104-2022

[14] UPME, CORPOEMA y Minenergía. CBS Resumen Ejecutivo.



[15] UIS, MINCIENCIAS y UPME. Lineamientos técnicos para el establecimiento de un Sistema de Etiquetado energético de edificaciones a partir de simulaciones energéticas, 2021.

[16] Primer balance de Energía Útil para Colombia y Cuantificación de las Pérdidas energéticas relacionadas y la brecha de eficiencia energética, 2019.

[17] Línea base de consumos de agua y energía para el Área Metropolitana de Bucaramanga. Cámara de Comercio de Bucaramanga (2019).

[18] Sistema de gestión energética para edificios EMS siguiendo la hoja de ruta BS-ISO 50006-2014.

[19] CANEVA, Carolina; BASAVANNA Mahesh. Green Building Code Colombia Phase 1: Energy and Water efficiency, 2013.

[20] ANSI/ASHRAE/IES. 2019. ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1. Atlanta: ASHRAE.

[21] DANE. Censo de Edificaciones (CEED). Información II trimestre 2024 [En línea] (Recuperado en 5 de noviembre). Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/censo-de-edificaciones>

[22] Designbuilder. Sitio Web de Designbuilder [En línea]. Disponible en <https://www.designbuilder-lat.com/>

[23] JE Plus. Sitio Web de JE Plus [En línea]. Disponible en: <https://www.jeplus.org/wiki/doku.php?id=start>

