



# **DIRECCIÓN DE CENSOS Y DEMOGRAFÍA**

## **ESTIMACIÓN DE LOS COMPONENTES DEMOGRÁFICOS Y PROYECCIONES DE POBLACIÓN PARA BOGOTÁ D.C.**

**Contrato Interadministrativo No. 479 de 2024 suscrito entre  
FONDANE y Secretaría Distrital de Planeación-SDP de Bogotá D.C.**

**Documento metodológico, para la estimación de los indicadores  
del cambio demográfico, las proyecciones de población con  
actualización post-covid19 y la desagregación geográfica para la  
ciudad de Bogotá D.C.**

**Diciembre de 2024**

## CONTENIDO

### Presentación 3

### 1. Antecedentes metodológicos 5

- 1.1 Métodos de proyección de población para grandes centros urbanos ..... 5
- 1.2 Métodos de desagregación de proyecciones de población para áreas menores o subregiones en grandes centros urbanos ..... 6
- 1.3 Pasos para la estimación y proyección de población, en grandes centros urbanos ..... 8
- 1.4 De las Fuentes de información ..... 8

### 2. Metodología adoptada 11

- 2.1 Áreas geográficas menores ..... 11
- 2.2 Proyección poblacional para localidades ..... 13
- 2.3 Estimación poblacional Localidades y Unidades de Planeamiento Local por área geográfica (cabecera; centros poblados y resto) ..... 22
- 2.4 Proyección de las Unidades de Planeamiento Local por R-Cohortes ..... 23
- 2.5 Proyección poblacional Unidades de Planeamiento Zonal UPZ..... 30
- 2.6 Proyección de hogares y viviendas..... 31
- Estimación de viviendas por áreas menores (localidades, UPL y UPZ) ..... 41
- 2.7 Síntesis metodológica aplicada..... 42

### 3. Resultados 42

- 3.1 Principales resultados de las proyecciones de población, hogares y viviendas por Localidades, Unidades de Planeamiento Local UPL y Unidades de Planeamiento Zonal UPZ..... 42

### 4. Bibliografía 43

## Presentación

El Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas -DANE, El Fondo Rotatorio del DANE – FONDANE, en el marco del contrato interadministrativo 479 de 2024 suscrito con el Distrito Capital – Secretaría de Planeación Distrital -SDP, en temas demográficos se comprometió a generar información poblacional y sociodemográfica desagregada según las áreas geográficas acordadas para Bogotá D.C. En términos específicos entre los productos contractuales acordados están: las proyecciones de población con actualización post-covid19, período 2018-2035 e indicadores demográficos de fecundidad y mortalidad; proyecciones de población con actualización post-covid19 por área geográfica (cabeceras, centros poblados y rural disperso) y áreas geográficas menores como son las localidades, Unidades de Planeamiento Local – UPL y Unidades de Planeación Zonal – UPZ para el período 2018-2035; las proyecciones de población con actualización post-covid19 por sexo y edad para Bogotá D.C. a nivel de localidades, UPZ y UPL período 2018-2035; retroproyecciones de población, por localidad, UPZ y UPL para el período 2005-2019; y finalmente las proyecciones de hogares y viviendas con actualización post-covid19 para Bogotá D.C. a nivel de localidades, UPZ y UPL periodo 2018-2035.

En atención a estos compromisos el presente documento recoge la metodología utilizada para realizar las estimaciones de los componentes que dan cuenta del cambio demográfico, en particular de los eventos asociados al Covid-19, estimaciones a partir de las cuales se elaboraron las proyecciones de población desagregadas para las áreas geográficas menores y los periodos acordados, descritos en el apartado anterior además de su desagregación por sexo y edad.

Resultado de aplicar esta metodología se cuenta con la actualización de los resultados presentados en el marco del Convenio Interadministrativo No.095 del 19 de marzo de 2020, con la descripción de los nuevos escenarios estimados a partir de las variaciones de cada uno de los componentes demográficos generadores del cambio poblacional.

Como es de conocimiento general en el campo demográfico, las fuentes de información disponibles y la calidad de la información en si misma (sus alcances, limitaciones y subregistros) son determinantes en la adopción de las técnicas o procedimientos metodológicos a utilizar; en las tendencias demográficas observadas; en la definición de los supuestos de evolución de

los componentes de fecundidad, mortalidad y migración para el periodo a proyectar, acciones que constituyen el insumo para la construcción final de las proyecciones de población. Razón por la que dentro de esta metodología se dedica un apartado a la descripción y análisis de las fuentes de información.

De manera consolidada se presentan los principales indicadores demográficos estimados y utilizados con la respectiva serie anualizada de las proyecciones del Distrito Capital, desagregadas por sexo y edad para cada uno de los niveles geográficos requeridos (Localidades, Unidades de Planeamiento Local – UPL y Unidades de Planeación Zonal – UPZ), para el periodo 2018 - 2035.

Finalmente, a partir de los datos poblacionales obtenidos y desagregados se describe la forma como se proyecta los indicadores derivados para la estimación de hogares y demanda de vivienda.

## 1. Antecedentes metodológicos

### 1.1 Métodos de proyección de población para grandes centros urbanos

Las estimaciones o proyecciones de población para grandes centros urbanos usualmente acuden a los siguientes métodos:

- 1. Método de Componentes por Cohortes:** es el enfoque más común, que modela la población desagregada por edad y sexo, aplicando tasas específicas de fecundidad, mortalidad y migración. Este método se adapta bien a grandes ciudades al considerar la diversidad demográfica y la migración interna y externa.
- 2. Método aritmético:** basado en el crecimiento promedio de periodos anteriores.
- 3. Método geométrico:** basado en una tasa de crecimiento constante.
- 4. Modelo de regresión:** relaciona el crecimiento de la población con variables independientes.

En las últimas décadas se han explorado y trabajado otras alternativas de estimación poblacional, de mayor complejidad las cuales buscan abordar múltiples variables y relaciones de carácter urbano con el objetivo de incluir múltiples factores que pueden incidir en el comportamiento poblacional, en las que se destacan:

- 1. Modelos de Simulación Urbana:** utilizan datos espaciales y sociodemográficos para simular la expansión urbana y la distribución de la población en las áreas metropolitanas.
- 2. Proyecciones Espaciales y Análisis de Sistemas Complejos:** estos modelos incluyen factores como la interacción entre diferentes zonas de la ciudad, la accesibilidad a servicios, y la capacidad de carga urbana.
- 3. Métodos Basados en Inteligencia Artificial:** algoritmos de aprendizaje automatizados que utilizan grandes volúmenes de datos para proyectar el crecimiento y la distribución de la población en áreas urbanas. Estos métodos son esenciales para entender y planificar el crecimiento urbano, considerando las particularidades de las grandes ciudades, como la migración masiva y la diversidad socioeconómica.

Elegir el método para estimar la dinámica o comportamiento demográfico y construir las proyecciones de población para un gran centro urbano son actividades que están sujetas a la disponibilidad de información, a los recursos económicos o presupuesto disponible, y al plazo o urgencia de los resultados.

## 1.2 Métodos de desagregación de proyecciones de población para áreas menores o subregiones en grandes centros urbanos

Desagregar las proyecciones de población de los grandes centros urbanos, en áreas menores o subzonas requiere de métodos que garanticen la precisión y coherencia con las proyecciones del mayor nivel geográfico o nivel nacional (CELADE, 2000). A continuación, se destacan algunos de los métodos y modelos representativos:

- 1. Método de Componentes por Relaciones de Cohortes R-Cohortes:** este enfoque es el más utilizado por CELADE para proyecciones subnacionales. Se basa en la desagregación de la población por edad, sexo y área geográfica, teniendo en cuenta los componentes que determinan el cambio demográfico como la fecundidad, mortalidad y migración. Este método permite generar proyecciones detalladas y coherentes con las proyecciones nacionales (NACIONES UNIDAS, 1975).
- 2. Modelos Espaciales:** utilizan datos geográficos y demográficos para mejorar la precisión de las proyecciones en áreas menores. Estos modelos permiten ajustar las proyecciones en función de factores como la densidad poblacional, la accesibilidad a servicios y las condiciones socioeconómicas.
- 3. Modelos de Regresión Espacial:** utilizan variables socioeconómicas y geográficas para ajustar proyecciones a áreas pequeñas.
- 4. Modelos de Interpolación Espacial:** proyectan la población en áreas menores utilizando la distribución espacial de datos demográficos existentes.
- 5. Proyecciones Top-Down:** CELADE ha trabajado con modelos top-down que ajustan las proyecciones nacionales para que sean consistentes con las proyecciones

subnacionales, permitiendo así una coherencia entre diferentes niveles de agregación geográfica.

6. **Estimación para Áreas Pequeñas (Small Area Estimation, SAE):** CELADE ha promovido el uso de metodologías de estimación para áreas pequeñas, que combinan datos de censos y encuestas con modelos probabilísticos para generar estimaciones en áreas donde los datos directos son limitados o no están disponibles. Este enfoque es particularmente útil para la desagregación de datos en áreas rurales o con baja densidad de población.
7. **El método de tabla cuadrada:** es una técnica utilizada en la desagregación de datos de población, especialmente en áreas menores o subregiones dentro de grandes centros urbanos. Este método consiste en ajustar los totales marginales (filas y columnas) de una tabla inicial de distribución poblacional para que coincidan con los valores conocidos o proyectados. El proceso se realiza iterativamente, similar al método de ajuste proporcional iterativo (IPF), hasta que la tabla de datos cumpla con las restricciones impuestas por los totales marginales. Es útil para asegurar consistencia en la desagregación de datos demográficos en subregiones.
8. **Microsimulación:** modela la población a nivel individual o de hogar, simulando comportamientos demográficos y movimientos migratorios. Este método es particularmente eficaz cuando se tienen distribuciones poblacionales iniciales aproximadas y es necesario ajustarlas a valores conocidos o proyectados, manteniendo la coherencia con las proyecciones a nivel superior.

Estos métodos han sido fundamentales para abordar los desafíos de la desagregación en áreas menores, asegurando que las proyecciones sean útiles para la planificación y políticas públicas a nivel local. Adicionalmente, aseguran que las proyecciones sean consistentes y precisas a nivel subregional, considerando la dinámica compleja de las grandes ciudades. Los detalles sobre estas metodologías se pueden consultar en publicaciones disponibles en los sitios de CELADE y CEPAL, donde se detallan los métodos y enfoques utilizados (Villacis, Byron. 2019).

### **1.3 Pasos para la estimación y proyección de población, en grandes centros urbanos**

Los pasos generales que se recomiendan tener en cuenta son:

1. Acopiar, consolidar y evaluar los datos que reflejen el comportamiento reciente de la dinámica poblacional: fuentes censales, registros administrativos, estimaciones de población generadas a partir de encuestas especializadas representativas estadísticamente.
2. Elegir el método de proyección de acuerdo con el objetivo o aplicación que se le vaya a dar a los resultados y con base en la información y recursos disponibles.
3. Seleccionar el Software, aplicativo o construcción de plantillas que permitan la realización de cálculos o procedimientos de manera automatizada
4. Analizar las dinámicas demográficas, identificar tendencias y construir tipologías para las áreas geográficas menores de interés.
5. Estimar o construir los comportamientos o patrones demográficos para el periodo a proyectar
6. Organizar los datos de población y demográficos de insumo (INPUT - DATA)
7. Aplicar los métodos elegidos para hacer las proyecciones de población
8. Revisar los resultados, realizar análisis, comparaciones y ajustes iterativos hasta obtener el resultado que se ajuste a las especificaciones y criterios técnicos y demográficos esperados.

### **1.4 De las Fuentes de información**

Como se observará en el desarrollo metodológico, las proyecciones de población de las localidades y de las Unidades de Planeamiento, si bien se desarrollan por dos métodos diferentes, las localidades por el método de los componentes y las UPL por relaciones de Cohortes, ambos se fundamentan en la comprensión de las dinámicas demográficas. En el primer caso evaluando directamente las dinámicas de cada uno de los componentes; en el caso de R – Cohortes, observando de manera indirecta, el ritmo de variación e intensidad de las cohortes.

Mencionado lo anterior se quiere expresar que para la construcción de las proyecciones tanto de localidades como de UPL, se requiere acudir a las fuentes disponibles que permitan estimar cada uno de los componentes demográficos, sin dejar de lado la adopción de la población base:

### **Población Base:**

Población Base: Datos de los últimos censos de población (2005-2018) para el Distrito Capital desagregado por las nuevas Unidades de planificación Local -UPL, desagregado por edad y sexo, proporcionado por la operación estadística Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) 2005 - 2018-DANE.

Población proyectada: Proyecciones de población y estimaciones demográficas (Post COVID 19) 2020-2035, nivel municipal cabecera y centros poblados y rural disperso, desagregado por edad y sexo, proporcionado por la Coordinación de Proyecciones y Análisis Demográfico de la Dirección de Censos y Demografía.

### **Fecundidad:**

- Información de la operación estadística Censo Nacional de Población y Vivienda- CNPV 2018 y 2005 del total de hijos nacidos vivos por edad de la madre.
- Información de la operación estadística CNPV 2018 y 2005 de hijos nacidos vivos el último año. • Información de la operación estadística CNPV 2018 (10-49 años), y 2005 (12-49 años).
- Información de la operación estadística “Estadísticas vitales” para la ciudad el Distrito Capital, de nacimientos por edad y lugar de residencia de la madre para el periodo 2009-2022.

### **Mortalidad:**

Información de la operación estadística “Estadísticas vitales”, registro de defunciones por sexo y edades simples, por residencia habitual del fallecido para el Distrito Capital, para el periodo 2009-2022.

Teniendo en cuenta el aplicativo para el procesamiento en R- Cohortes, se prepararon los insumos en los formatos requeridos para su procesamiento. Se calcularon los crecimientos

poblacionales para las Unidades de Planeamiento Local -UPL, verificando que la suma de las proyecciones de todas las UPL coincidieran con la población total proyectada por el DANE para la ciudad en cada año del periodo considerado. Buscando Este enfoque busca garantizar la coherencia y la validez de las proyecciones, permitiendo que los datos reflejen con precisión el comportamiento poblacional previamente estimado para Bogotá D.C.

## 2. Metodología adoptada

### 2.1 Áreas geográficas menores

Las grandes ciudades para adelantar sus ejercicios de planificación y administración interna, tanto socioeconómica, física y ambiental zonifican su territorio por áreas estratégicas para su atención o intervención, situación que demanda la necesidad de contar con información poblacional específica o desagregada según las unidades de planificación y administración que se definan al interior de la ciudad o metrópoli.

En el caso del Distrito Capital, su territorio se desagrega en veinte (20) localidades, treinta y tres (33) Unidades de Planeamiento Local – UPL- y ciento doce (112) Unidades de planeamiento zonal UPZ. Dentro de estas unidades geográficas las localidades son las que representan mayor área geográfica y mayores volúmenes de población, mientras que las UPZ representan territorios más pequeños. A esta distribución territorial o unidades geográficas menores se asocia un comportamiento de tamaño poblacional, de disponibilidad de información y frecuencia de los eventos demográficos, aspectos que inciden en la selección de los métodos de proyección o estimación de población.

A partir del Censo Nacional de Población y Vivienda -CNPV de 2018, Bogotá D.C. contó con proyecciones de población para los periodos 2005 – 2019 y 2020 – 2050, como resultado del ejercicio de proyecciones departamentales. Estas proyecciones, en el año 2020 se desagregaron a nivel de localidad para el periodo 2019 -2035, y por UPZ para el periodo 2019 -2024, sin embargo, dentro de este ejercicio nunca se previó un evento que impactaran las dinámicas demográficas como efectivamente sucedió con la pandemia generada por el Covid-19. Si bien la pandemia se presentó durante la elaboración de las proyecciones, en ese momento no se contaba con registros o datos de los eventos demográficos que dieran cuenta del impacto del Covid-19.

Cuatro años después, con base en la consolidación de las estadísticas vitales de los años 2020, 2021 y 2022, se acordó entre el DANE y la SDP además de actualizar la desagregación de las veinte (20) localidades y las ciento doce (112) Unidades de Planeamiento Zonal – UPZ, construir

las proyecciones de las treinta y tres (33) Unidades de Planeamiento Local – UPL creadas con la adopción del Plan de Ordenamiento Territorial mediante el decreto 555 de 2021.

Para la desagregación de la población del Distrito Capital, se ha planteado un método específico según la unidad o área geográfica en cuestión, los cuales se describen a continuación así:

Área Geográfica	Método
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Total, Localidad:</b></li> </ul>	Método de componentes demográficos
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Área Rural Localidades</b></li> </ul>	Diferencial de participación urbano rural por localidad y estimación de la estructura.
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Unidades de planeamiento Local Urbanas UPL (30 UPL):</b></li> </ul>	Método de Relaciones de Cohortes R - Cohortes
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Unidades de planeamiento Local Rural UPL (3 UPL):</b></li> </ul>	Adopción de comportamientos obtenidos de la proyección por localidades rurales
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Unidades de planeamiento zonal UPZ:</b></li> </ul>	Método de tabla de contingencia conocido comúnmente como tabla cuadrada.
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Proyecciones de hogares y viviendas con actualización post-covid19 para Bogotá D.C.</b></li> </ul>	Proyección de jefaturas de hogar

A partir de los análisis hechos durante la elaboración de los estudios previos del contrato interadministrativo 479 de 2024, a través de los cuales se establece que la desagregación de las proyecciones de población de Bogotá a nivel de localidad se ha realizado en otros momentos por el método de los componentes demográficos, método al cual se acude cuando se dispone de información consistente y del que se han obtenido resultados óptimos, la Dirección técnica de Censos y Demografía del DANE consideró pertinente acudir a este método para realizar la actualización de las proyecciones realizadas para el periodo 2019 - 2035. Ejercicio que permitirá a su vez identificar los cambios demográficos generados por la pandemia Covid-19, según las evidencias de las estadísticas vitales (nacimientos y defunciones) de los años del 2020 al 2022.

El método de los componentes fundamentado en el desarrollo de la ecuación compensadora, expresada con la fórmula general (1) que se describe a continuación:

$$(1) \quad P_{0+n} = P_0 + (N_{0+n} - D_{0+n}) + (I_{0+n} - E_{0+n})$$

**Donde,**

$P_0$ :	es la población del año base
$P_{0+n}$ :	es la población estimada $n$ años después del año base
$N_{0+n}$ :	nacimientos ocurridos entre el año base y $n$ años después
$D_{0+n}$ :	defunciones ocurridas entre el año base y $n$ años después
$SNM_{0+n}$ :	saldo migratorio entre el año base y $n$ años después
$n$ :	para las estimaciones y desagregaciones del presente ejercicio los datos serán anualizados

Lo que sí demanda una explicación con mayor detalle son los métodos a los cuales se acude para obtener los insumos que permiten resolver la ecuación y obtener la proyección requerida para un momento en el tiempo. Es decir, estimar los componentes demográficos: la población base adoptada; los nacimientos a partir del comportamiento de la fecundidad; las defunciones a partir de la mortalidad y los saldos netos migratorios a partir de estimar los comportamientos migratorios.

## 2.2 Proyección poblacional para localidades

### 2.2.1. Población base

En el ejercicio de las proyecciones, la población base, corresponde a la población que se expone a los supuestos adoptados para las tendencias de fecundidad, mortalidad y migración que, para el caso de las presentes proyecciones por localidades, se ha desagregado por edades simples y sexo.

Es necesario tener presente que al adoptar la población base, se decide de manera implícita sobre la calidad de las proyecciones y sobre las estimaciones poblacionales que de sus resultados se deriven o desagreguen en unidades geográficas aún más pequeñas como las UPZ. Lo anterior debido a que el volumen o tamaño de la población del área mayor, se reflejará en el tamaño de población según edades simples y sexo de las unidades geográficas menores. La población base, independientemente si se toma la de un año censal o la de un año de referencia

distinto al año censal, siempre tendrá un grado de estimación porque, en el mejor de los casos cuando se adopta el año censal como año base para la proyección, se requiere ajustar tanto el nivel como la distribución por sexo y edad según las situaciones de omisión censal a las que haya estado expuesto el proceso censal.

De acuerdo con lo anterior y los requerimientos acordados, en el ajuste de las proyecciones de población de las áreas menores (localidades, UPL y UPZ), la población base adoptada es la población proyectada con base en el censo de 2018 para el año 2019, es decir el año previo a la pandemia del Covid-19, la cual guarda correspondencia o consistencia con la población del área mayor o la del Distrito Capital, también proyectada hasta el año 2035.

En el caso específico de las presentes proyecciones, que tiene por objetivo incorporar el efecto postcovid-19, un aspecto clave en el que la población base adoptada incide en la proyección de población es particularmente en los años de crisis 2020, 2021 y 2022, puesto que, al calcular las tasas específicas de fecundidad, mortalidad y migración, la población expuesta a estos eventos demográficos, tanto en nivel como en estructura está determinada por la población base que se adopte.

### **2.2.2. Estimación y proyección del componente de fecundidad**

A partir de la serie de nacimientos de Bogotá procedentes de las estadísticas vitales, obtenidos de la plataforma de la Secretaría Distrital de Salud, para el periodo 2009 – 2022, la cual registra los cambios generados por el Covid-19 y se encuentra desagregada para cada una de las localidades por edad simple de la madre, se construyeron las tasas específicas de fecundidad - TEF, en donde esta serie de nacimientos constituyeron el numerador de la TEF.

Con respecto al denominador, este lo conforman las niñas y mujeres comprendidas desde los 10 a 49 años, es decir la población expuesta al fenómeno de la fecundidad. Cifra que fue estimada a partir de desagregar el total de mujeres de Bogotá, de cada una de las edades simples del mismo rango de edad (10 a 49 años). Precizando que los totales de Bogotá D.C. desagregados fueron los resultantes del ejercicio previo de proyecciones nacionales post covid-19. La desagregación se adelantó teniendo en cuenta la participación que las mujeres de cada localidad respecto al total de las mujeres de Bogotá por edad simple.

La tasa resultante se constituye en un patrón o nivel de referencia, en razón a que las estadísticas de nacimientos no han sido ajustadas y dada la variabilidad del evento y las posibles situaciones de subregistro año a año de la estadística, las primeras TEF calculadas reflejan un comportamiento variable. Este comportamiento ha sido observado y sistematizado en los estudios de Hauer y Schmertmann, quienes han identificado que algunos países o regiones tienen limitantes para obtener los nacimientos desagregados por edad de la madre, impidiendo un adecuado análisis de la fecundidad, por la falta de registro de nacimientos detallados y de calidad, situación que se presenta por lo general en áreas pequeñas que no están identificadas o diferenciadas en los registros estadísticos como en el caso de las zonas rurales de Bogotá, por ejemplo la localidad de Sumapaz, territorio con una reducida población en donde los eventos vitales tienen una baja frecuencia que se dispersos por edades simples (Hauer & Schmertmann, 2020). Es así como han planteado un cálculo indirecto de las TGF, a partir de estimadores que buscan superar las limitaciones identificadas. Los planteamientos propuestos se apoyan en censos y encuestas de población por edad y sexo, como insumos o fuentes de información.

El método de Hauer y Schmertmann, se fundamenta en analizar la relación demográfica entre la TGF y las estructuras de población distribuida por edad y sexo, utilizando la función  $F(a)$  para denotar la densidad de fecundidad a la edad exacta  $a$ . La tasa de fecundidad total del período es  $TGF = \int_{\alpha}^{\beta} F(a) da$ , que generalmente se aproxima como:

$$TGF = n * \sum_{a=\alpha}^{\beta-n} F_a = n * \sum_{a=\alpha}^{\beta-n} \frac{B_a}{w_a} \quad (1)$$

donde  $[\alpha, \beta)$  es el rango de edad reproductiva,  $W_a$  es la población de mujeres a mitad de año en el intervalo de edad de  $n$  años  $[a, a + n)$  (en adelante llamado grupo de edad  $a$ ),  $B_a$  es el número anual de nacimientos de esas mujeres, y  $F_a$  es su tasa de fecundidad promedio. Usualmente se utiliza  $(\alpha, \beta, n) = (15, 50, 5)$ , en cuyo caso hay siete grupos de edad con tasas de fecundidad  $F_{15}, F_{20}, \dots, F_{45}$  y  $TGF = 5 * \sum F_a$ . Sin embargo, para los análisis de Bogotá se ha incorporado el grupo de niñas de 10 a 14, y el intervalo de edad es de  $n=1$ , es decir  $(\alpha, \beta, n) = (10, 49, 1)$ .

El análisis de las relaciones entre la TGF y el número relativo de mujeres y niños por grupo de edad requiere la consideración de varios factores demográficos: primero, no todos los niños nacidos durante los **n años** anteriores seguirán vivos en el momento en que se enumera una población; segundo, no todas las mujeres que dieron a luz en los últimos **n años** seguirán vivas para ser contabilizadas; tercero, las mujeres sobrevivientes en un determinado grupo de edad de **n años** en el momento de la enumeración estuvieron en ese grupo de edad sólo durante una fracción de ese periodo.

A partir de la reordenación de las fórmulas matriciales estándar de Leslie, planteadas en estudios anteriores de Hauer y Schmertmann, para grupos de edad de ancho  $n = 5$  muestra que el número esperado de hijos sobrevivientes menores de 5 años por mujer sobreviviente en el grupo de edad al final de un período de cinco años es:

$$c_a = \left[ \frac{L_{a-5}}{L_a} * F_{a-5} + F_a \right] \frac{L_0}{2} = TGF * \frac{L_0}{5} * \frac{1}{2} \left( \frac{L_{a-5}}{L_a} * \phi_{a-5} + \phi_a \right) = TGF * s * P_a \quad (2)$$

donde  $\phi_a = 5F_a / TGF$  es la fracción de la fecundidad a lo largo de la vida que se produce en el grupo de edad  $a$  para una cohorte sintética sujeta a las tasas del período actual; se esperan años-persona vividos en el grupo de edad  $a$  en una tabla de mortalidad con base  $l_0 = 1$ ;  $s = L_0 / 5$  es la fracción esperada de niños nacidos en los últimos cinco años que siguen vivos;  $W_a$  son las mujeres observadas en el grupo de edad  $a$ ; y  $W$  es el número total de mujeres censadas en edad fértil [15, 50).

Es el producto de tres factores multiplicativos: TGF, supervivencia infantil  $s$  y un término específico por edad  $P_a$  que representa la proporción de fecundidad a lo largo de la vida experimentada durante los últimos cinco años por las mujeres del grupo de edad  $a$ . Por lo tanto, el número total esperado de niños supervivientes de 0 a 4 años es

$$C = \sum_{a=15}^{45} W_a * C_a = W * p * s * TGF \quad (3)$$

donde  $p = \sum W_a * P_a / W$  es la media ponderada por la población de los valores de  $P_a$ .

Una versión más comprensible de la ecuación (3) en términos de unidades es:

$$Niños_{0-4} = mujeres * \frac{\text{nacimientos últimos 5 años}}{\text{Tiempo de vida al nacer}} * \frac{\text{Niños sobrevivientes}}{\text{nacimientos últimos 5 años}} * \frac{\text{Tiempo de vida al nacer}}{\text{mujeres}}$$

$$C = W * p * s * TGF$$

Luego expresada la ecuación (3) en términos de la TGR se tiene que:

$$TGF = \frac{c}{w} * \frac{1}{p} * \frac{1}{s} \quad (4)$$

El supuesto fundamental detrás de cualquier estimador de la TGF del período derivado de la ecuación (4) es que el número de niños pequeños observado en una pirámide de edad, después de una corrección adecuada para la mortalidad infantil, sirve como indicador de los nacimientos recientes para las mujeres que se cuentan en esa misma pirámide de edad. Mientras las mujeres y sus propios hijos estén contabilizados en la misma pirámide de edad, los cambios causados por la migración interna (o cualquier tipo de cambio de categoría) no son una preocupación importante.

Obtenidas las tasas específicas de fecundidad TEF, aplicando el método de Hauer y Schmertmann, a la serie de datos 2009 – 2002, de manera simultánea dentro del mismo aplicativo de cálculo se suavizan las tasas resultantes a través de un promedio móvil de orden cinco y se estiman los niveles de fecundidad para el periodo 2009 – 2035, buscando a partir de procesos de iteración la consistencia de las TGF de las áreas menores con el comportamiento del área mayor, es decir los niveles de fecundidad del Distrito Capital. Para este ejercicio se utiliza una función logística compuesta, en la que se define un nivel de fecundidad de partida para el año 2009 y un nivel de fecundidad esperada para el año 2035 que para el caso de las localidades es TGF= 0,85.

A partir de las estimaciones de la TEF de 10 a 49 años y para el periodo 2009 – 2022, se proyecta la fecundidad para el periodo 2023 – 2035, fundamentado en los planteamientos que Lee y Carter inicialmente hicieron para pronosticar la mortalidad y analizar su dinámica, la cual consisten en proyectar las tendencias históricas presentadas por las variables, en donde su composición probabilísticas permite, a través de series de tiempo, generar análisis sobre el comportamiento futuro con pronósticos e intervalos de confianza. Concretamente, el modelo asume que la dinámica, en este caso de la fecundidad, responde a un parámetro generado por la regresión que es la TEF. A partir de esta tasa se proyecta el comportamiento de la fecundidad usando un modelo de series de tiempo como lo es Box- Jenkins (Lee & Carter, 1992).

Obtenida la proyección de las tasas específicas, estas son revisadas garantizando que para el primer año de la proyección todas las TGF de las localidades sean consistentes con las tasas de fecundidad del área mayor y se suavizan nuevamente y se ingresan al ejercicio de proyección.

Finalmente, de los resultados de la proyección, se construyen las pirámides de población y se evalúa el impacto que este componente ha generado sobre la estructura poblacional procediendo a realizar los ajustes que se consideren necesarios.

### **2.2.3. Estimación y proyección del componente de mortalidad**

La mortalidad como componente demográfico se constituye en un indicador de bienestar y desarrollo de la sociedad, determinado por factores de tipo socioeconómico, ambiental, cultural o territorial. Su comportamiento puede ser el resultado de situaciones contemporáneas como lo ha sido recientemente la pandemia generada por el Covid-19 o situaciones que evidencian tendencias de carácter histórico las cuales se reflejan en la evolución de la estructura poblacional.

Construir las proyecciones de población pasa por analizar el componente de mortalidad, a partir de la consolidación y ajuste de la información, construir las tasas específicas de mortalidad, la tabla de vida, definir los factores de separación, adoptar las tendencias de la esperanza de vida al nacer y para el grupo de edad de cierre (ejemplo 100 años y más), y finalmente organizar los insumos según los requieran el aplicativo de proyección seleccionado.

De forma similar al contexto dado en la estimación de la fecundidad, para el análisis de la mortalidad por localidades se tomó la serie de las defunciones para el periodo 2009 – 2002 y luego de su valoración y validación se construyeron las tasas específicas de mortalidad ( $mx$ ), distribuidas por edades simples y sexo. En el entendido que el cálculo de las tasas de mortalidad por áreas menores, en algunos casos representan volúmenes pequeños de población, en los que la frecuencia de las defunciones se hace escasa, y las tasas de mortalidad resultantes no dan cuenta del fenómeno en el territorio. Lo anterior hace necesario suavizar el comportamiento de las tasas, a través de modelos o funciones aritméticas, estadísticas o probabilísticas creadas para propósitos demográficos.

#### ***Suavizamiento de tasas específicas de mortalidad***

El análisis del comportamiento demográfico de la mortalidad inició con aproximaciones lineales a partir de registros de defunciones desagregados por edad, abordaje que generaba sobreestimaciones o subestimaciones. Sin embargo, desde 1825 se empezaron a incorporar modelos determinísticos como el de Gompertz (Gompertz, 1825), de cual Koissi & Shapiro reconocen su estimación satisfactoria, pero plantean que sobreestima el indicador a partir de los 80 años [Koissi & Shapiro, 2008 en Ochoa Molina, 2015]. También se cuenta con el modelo de (Helligman & Pollard, 1980), quien aportó a las proyecciones de mortalidad desde ejercicios de interpolación y finalmente se cuenta con modelos estocásticos como el desarrollado por (Lee & Carter, 1992) citado en (Ochoa Molina, 2015)).

Originalmente la metodología propuesta por Lee y Carter (1992) permite modelar y extrapolar las tendencias observadas de las tasas específicas de mortalidad para una población en un área determinada durante un horizonte de predicción. El modelo planteado parte de la relación lineal entre el logaritmo de las tasas específicas de mortalidad y variables explicativas tales como edad y tiempo; a continuación, el modelo es presentado:

$$\ln(m_{xt}) = \alpha x + \beta x k t + \varepsilon_{xt}$$

donde  $\ln(m_{xt})$  representa el logaritmo natural de la tasa específica de mortalidad en la edad  $x$  y tiempo  $t$ ,  $\alpha x$  representa un patrón constante de una edad específica  $x$  de mortalidad,  $\beta x$  representa el patrón de desviación del perfil de edad  $x$  a medida que  $k$  varía,  $kt$  representa el índice de mortalidad o tendencia en el tiempo y  $\varepsilon_{xt}$  el término de error dado por la edad y el tiempo.

Es importante resaltar que para poder ajustar el modelo descrito anteriormente se debe contar con datos históricos de las tasas específicas de mortalidad para el área de interés, luego cuando no se cuenta con información, la calidad de la información no es confiable porque presenta grandes variaciones, que los métodos de suavizamiento no generan resultados aceptables, es mejor abordar otras metodologías, en estos casos (Arriaga, 2001) propone suavizar las funciones de la tabla de vida entre ellas la mortalidad específica  $m_x$ , aplicando la función logito la cual se define así:

$$Y = \text{logito } y = \frac{1}{2} \ln \frac{1-y}{y}$$

Luego, este método puede ser utilizado para ajustar las tasas específicas de mortalidad derivadas de las tasas específicas de mortalidad observadas y un modelo estándar de mortalidad a partir de la siguiente relación:

$$Y_1 = a + bY_2$$

donde  $Y_1$  y  $Y_2$  representan los logitos de las tasas específicas de mortalidad observadas y el estándar de mortalidad, respectivamente;  $a$  y  $b$  son las constantes de la relación lineal que pueden ser estimadas mediante mínimos cuadrados ordinarios. Por último, se toma antilogito de los logitos suavizados para obtener las tasas específicas de mortalidad suavizadas.

### **Extrapolación del nivel de mortalidad ( $e_0$ ) para los años 2023 a 2035**

A partir de la serie de defunciones disponible (2009 y 2022), se construyeron las tasas de mortalidad específicas "observadas", y con base en los modelos de Helligman & Pollard y Lee & Carter, se suavizan y proyectan hasta el año 2035. Para proyectar las tasas específicas es necesario seleccionar una tabla de mortalidad límite como la estructura de la mortalidad esperada para el fin de la proyección.

A partir de este resultado, se construyeron las primeras tablas de vida para cada una de las localidades, y se analiza el comportamiento de los niveles de mortalidad en particular los ( $e_0$  y  $e_{100}$ ), con el objetivo de adoptar los supuestos que permitan interpolar el nivel de la mortalidad ( $e_0$ ), basado en una función logística. Para este caso se requiere al menos dos puntos de información asociados al nivel de mortalidad para definir la tendencia creciente o decreciente, en este caso la esperanza de vida al nacer.

El modelo que va a permitir la extrapolación del nivel de mortalidad está dado por:

$$e_0^t = \frac{U + e^{a+wt}L}{1 + e^{a+wt}}$$

donde  $U$  y  $L$  representan las asíntotas del modelo logístico y controlan que la extrapolación no tome valores extremos,  $a$  y  $w$  los parámetros ajustados del modelo y  $t$  el año de proyección.

### ***Extrapolación de la estructura de mortalidad para los años 2020 a 2035***

Estimadas las esperanzas de vida al nacer y a los cien años ( $e_{0,y}e_{100}$ ), y los factores de separación para cada una de las edades de 0 a 4 años, para hombre y mujeres, y adoptadas las probabilidades ( $q_x$ ) de muerte resultantes de las primeras tablas de vida, con apoyo de las herramientas demográficas dispuestas por la División de Población de Naciones Unidas – Demotool, se procede a garantizar la consistencia de las funciones de la tabla de vida con los niveles de la mortalidad anteriormente interpolados y adoptados ( $e_{0,y}e_{100}$ ), obteniendo así los insumos de mortalidad para la proyección de población, por sexo y edades simples.

#### **2.2.4. Estimación de los saldos netos migratorios SNM**

El saldo neto migratorio, indicador sintético de los cambios de residencia habitual de un área geográfica y periodo de tiempo determinado, es la diferencia que resulta de la población que efectivamente se logra identificar a través de los censos de población o de las encuestas específicas han llegado al territorio o área geográfica de estudio y la población que se estima, de manera indirecta, ha emigrado.

Es decir, para el caso de los inmigrantes, se parte de cifras absolutas desagregadas por edad-periodo y sexo. Se realiza de forma independiente para cada edad y cada sexo, y las preguntas aplicadas permiten diferenciar el origen: extranjero, nacional o localidad, sin embargo, para la presente proyección no se adelantó esta desagregación, lo cual no afecta el resultado. A partir de los resultados obtenidos según el censo de 2018 se realizó la estimación del número de entrada absolutas para cada año de la proyección.

Teniendo en cuenta que la estimación de los componentes de fecundidad y mortalidad se realizan con registros vitales más consistentes, con una serie de datos de 14 años, que permiten tener una mejor tendencia histórica y técnicas indirectas más elaboradas, se entiende que el crecimiento vegetativo ha sido modelado con mayor precisión. Lo que permite suponer que la diferencia que se obtenga entre la sumatoria de la población frente al total de población del distrito capital, previamente proyectado y que se constituye en el referente de las proyecciones, obedece a dinámicas migratorias, lo que permite ajustar las diferencias en la estructura demográfica atribuyéndoselas a los flujos migratorios.

### 2.3 Estimación poblacional Localidades y Unidades de Planeamiento Local por área geográfica (cabecera; centros poblados y resto)

Para efectos de la desagregación de las proyecciones de población por área geográfica (cabecera; centro poblado y rural disperso), es necesario precisar que en el marco del contrato interadministrativo, dentro del cual se desarrolla este producto, se acordó que de las veinte localidades que conforma el Distrito Capital, solo siete de ellas se les reconoce una participación poblacional en la zona rural, expresión que en términos geoestadísticos del DANE, se le denomina "centro poblado y rural disperso". Esta decisión obedece a que la distribución se ajusta al marco geoestadístico nacional y no al perímetro urbano del Distrito.

Las localidades con participación en "centros poblados y rural disperso" son: Chapinero, Ciudad Bolívar, San Cristóbal; Santa Fe; Sumapaz; Usaquén y Usme. Con una población, según los datos censales ajustados del 2018 de 25.166 cifra que equivale al 0,34% del total de la población de Bogotá. De estas localidades son Usme, Ciudad Bolívar y Santa Fe, las que presentan las participaciones rurales más altas con cifras que no superan el 2,52%; el 1,73% y el 1,13% con respecto al total de sus poblaciones locales respectivamente. Es por esta razón que frente a volúmenes tan bajos de población no se consideró viable aplicar un método de proyección demográfico y para estimar la población de esta área se optó por aplicar un factor diferencial urbano – rural, teniendo en cuenta la tendencia histórica que se tiene de la proyección a lo desde el año 2005.

En este punto es pertinente advertir respecto a las Unidades de Planeamiento Local – UPL, que treinta de ellas (30) han sido adoptadas como cabeceras-urbanas en su totalidad y las tres restantes Sumapaz, Cerros Orientales y Cuenca del Tunjuelo tiene un comportamiento rural. La estimación de población para la proyección de estas tres UPL resulta de agregar la población de las zonas rurales de las localidades así: la población de la "localidad de Sumapaz" es la misma de la "UPL de Sumapaz"; la población de Cuenca del Tunjuelo la conforma la de las zonas rurales de Ciudad Bolívar y Usme; y la población de Cerros Orientales la conforma la población rural de las localidades de Usaquén, Chapinero; Santa Fe y San Cristóbal.

## 2.4 Proyección de las Unidades de Planeamiento Local por R-Cohortes

Al respecto de las desagregaciones geográficas se ha de mencionar que, si bien en el caso de las localidades se tiene experiencia en materia de proyecciones de población, las Unidades de Planeamiento Local -UPL, son territorios que no tienen proyecciones de población debido a que se crearon a partir del 29 de diciembre de 2021 fecha en la que se expidió el decreto distrital 555. Teniendo en cuenta que esta nueva zonificación, se caracterizan por representar territorios relativamente extensos y luego del ejercicio de homologación cartográfica, se identificó que en treinta de los casos sus poblaciones según el censo de 2018, superan los cien mil habitantes, considerándose que para una población de este tamaño se puede aplicar el método de los componentes, por lo que se procede a calcular la población base de acuerdo con las fuentes censales y los parámetros de fecundidad, mortalidad y migración tanto de las localidades y de las UPL, con el apoyo de las Estadísticas Vitales. Sin dejar de reconocer que la principal limitante reside en la estimación de la matriz de flujos entre UPL.

### 2.4.2. El método de relación de cohortes de Duchesne

El método de relación de cohortes, propuesto por Duchesne, es una variante del método de cohortes componentes que facilita la obtención de datos para áreas menores en diversos países o regiones. Su lógica demográfica se fundamenta en la tasa de cambio de cohorte o tasa de supervivencia intercensal, que mide el cambio en la población de una cohorte de edad entre dos censos, generalmente decenales, y puede ser específica por sexo ( (Duchesne, 1989) en (Miranda de Araujo Freire, Gonzaga, & Gomes, 2019)).

Este método requiere proyecciones por grupos de edad y quinquenios para el área mayor, que se elaboran preferentemente mediante el método de componentes demográficos. Se basa en dos parámetros clave: a) el coeficiente de crecimiento de las cohortes de edad en el área mayor, y b) el factor de crecimiento diferencial de las cohortes de edad en áreas menores en comparación con las cohortes correspondientes en el área mayor. En términos generales, el algoritmo de proyección se formula a partir de una ecuación que incluye adaptaciones para el primer y último grupo de edad.

Según Duchesne, una vez que se dispone de las proyecciones para las áreas mayores, se efectúan estimaciones o proyecciones para las zonas intermedias y menores con métodos sencillos y sin entrar

en el estudio de los componentes del cambio demográfico a causa de las deficiencias de las fuentes de datos, del gran número de áreas y de la pequeñez de sus poblaciones.

El método de R cohortes proyecta por quinquenios, sexo y grupo quinquenal utilizando los siguientes algoritmos, de acuerdo con el grupo de edad de la población identificándose tres: uno, para la población menor de cinco años, uno para la población de 5 a 80 años y otro para la población en los grupos de edad mayor de 80 años:

**a) Para menores de 5 años:**

$$5^N o^{t+5} = B^{t,t+5} * P_b^{t,t+5} * K_b^{t,t+5}$$

**b) Entre 5 y 80 años**

$$5^N_{x+5}^{t+5} = 5^N_x^t * 5^{CR}_x^{t,t+5} * 5^K_x^{t,t+5}$$

para x= 0, 5, 10,.....70

**c) Población de 80 años y más:**

$$N_{80y+}^{t+5} = N_{75y+}^t * CR_{75y+}^{t,t+5} * K_{75y+}^{t,t+5}$$

En donde

$B^{t,t+5}$  es el total de nacimientos ocurridos en el área menor entre los momentos t y t+5

$P_b^{t,t+5}$  es relación de sobrevivencia al nacimiento del área mayor del periodo t, t+5

$K_b^{t,t+5}$  es el índice de crecimiento diferencial al nacimiento de un área menor respecto de la mayor durante el periodo t, t+5

$5^N_x^t$  es la población inicial del grupo quinquenal de edades x, x+5 del área menor en el momento t

$5^{CR}_x^{t,t+5}$  es el coeficiente de crecimiento del área mayor, correspondiente al grupo quinquenal de edades x, x+5 en el momento t que alcanza las edades x+5, x+10 en el momento t+5

$5^K_{b,t,t+5}$  es el índice de crecimiento diferencial (K) del área menor con respecto a la mayor, correspondiente al grupo quinquenal de edades  $x, x+5$  en el momento  $t$  y que alcanza las edades  $x+5, x+10$  en el momento  $t+5$

$5^N_{x+5,t,t+5}$  es la población del grupo quinquenal de edades  $x+5, x+10$  en el momento  $t+5$

### 2.4.3. Estimación del coeficiente de crecimiento del área mayor

Considerando que se dispone de una proyección de población para el área mayor que prevé la evolución de la fecundidad, la mortalidad y las migraciones para el conjunto de áreas por proyectar, es necesario tomar en cuenta la evolución de la población de esta área por cohortes, lo cual se logra mediante el cálculo de coeficientes de crecimiento por cohortes (CR) y sexo a través de la siguiente relación

$$5^{CR}_{x,t,t+5} = \frac{5^R_{x+5,t,t+5}}{5^R_{x,t,t+5}}$$

Donde

$5^R_{x+5,t,t+5}$  es la población del área mayor del grupo de edades  $x+5, x+10$  del año  $t+5$

$5^R_{x,t,t+5}$  es la población del área mayor del grupo de edades  $x, x+5$  del año  $t$

Este parámetro constituye una relación que contiene la mortalidad y la migración del área mayor y, por su forma de cálculo, se refiere a la población con edades comprendidas entre  $x$  y  $x+5$  en el momento  $t$ , que alcanza las edades entre  $x+5$  y  $x+10$  en el momento  $t+5$ .

### 2.4.4. Índice de crecimiento diferencial para mayores de cinco años

El crecimiento poblacional de áreas menores entre dos censos consecutivos no coincide necesariamente con el del área mayor a la que pertenecen, lo que hace necesario establecer un índice o factor que cuantifique el diferencial de crecimiento de cada cohorte en estas subdivisiones.

El índice de crecimiento diferencial se puede calcular de dos maneras: mediante la relación entre los coeficientes de crecimiento de la subdivisión y los del área mayor, o a partir de las proporciones observadas en dos censos consecutivos, que se asume están separados por un intervalo de cinco años.

$$5^k_x{}^{t,t+5} = \frac{\left[ \frac{5^N_{x+5}{}^{t+5}}{5^N_x{}^t} \right]}{\left[ \frac{5^R_{x+5}{}^{t+5}}{5^R_x{}^t} \right]} \quad \text{ó} \quad 5^k_x{}^{t,t+5} = \frac{\left[ \frac{5^N_{x+5}{}^{t+5}}{5^R_{x+5}{}^{t+5}} \right]}{\left[ \frac{5^N_x{}^t}{5^R_x{}^t} \right]}$$

Donde

$5^N_x{}^t$  es la población del área menor del grupo de edades  $x, x+5$  en el primer censo

$5^N_{x+5}{}^{t+5}$  es la población del área menor del grupo de edades  $x+5, x+10$  en el segundo censo

$5^R_x{}^t$  y  $5^R_{x+5}{}^{t+5}$  son las poblaciones del área mayor para los mismos grupos de edades en el primer y segundo censo, respectivamente

Estos dos parámetros  $CR$  y  $K$  permiten obtener la población mayor de cinco años, porque para el cálculo de la población de 0 a 4 años se utilizan las tasas de fecundidad y las relaciones de sobrevivencia al nacimiento correspondientes al área mayor, más el cálculo de un factor referido a los nacimientos  $Kb$ .

#### 2.4.5. Índice de crecimiento diferencial para menores de cinco años

Para el cálculo de la población menor de cinco años se utiliza el índice diferencial de fecundidad (IDF) entre cada una de las áreas menores y el área mayor a partir de los datos censales, los que, al relacionarse con la estructura de la fecundidad para el área mayor, conducen a una estimación del número de nacimientos que ocurren en cada quinquenio de la proyección.

El IDF se calcula a partir de la composición por sexo y por edad observada al momento del último censo, tanto para las áreas menores como para la mayor. Operacionalmente es el cociente entre la relación niños-mujeres de cada área menor y la correspondiente a la mayor.

**Sean,**

$5^{N_0}$  Es población menor de cinco años observada en el último censo para el área menor  $i$

$25^{NF_{15}}$  Es la Población femenina con edades entre 15 y 49 años del área menor  $i$ .

Entonces

$$RNM_i = 5^{N_0} / 25^{NF_{15}}$$

En donde,

$RNM_i$  Es la relación niños-mujeres del área menor para el segundo censo.

Obteniéndose cada una de estas  $RNM$  tanto para las áreas menores ( $i$ ) como para el área mayor ( $m$ ), y los IDF se calculan:

$$IDF_i = RNM_i / RNM_m$$

Una vez estimados los  $IDF_i$  es factible conocer el nivel de fecundidad expresada en términos de la Tasas Global de Fecundidad (TGF) para cada una de las áreas menores, a partir de la siguiente operación:

$$TFG_i^{t,t+5} = IDF_i * TFG_m^{t,t+5}$$

En donde;

- $TFG_i^{t,t+5}$  Es la tasa global de fecundidad del área menor  $i$ , que corresponde al quinquenio  $t, t + 5$
- $IDF_i$  Es el índice diferencial de fecundidad del área menor  $i$  para el último censo
- $TFG_m^{t,t+5}$  Es la tasa global de fecundidad del área mayor en cada uno de los quinquenios  $t, t + 5$  de la proyección del área mayor.

La relación utilizada para estimar las tasas específicas de fecundidad para las áreas menores se define así:

$$5f_x^{t,t+5}(i) = [5f_x^{t,t+5}(m)] * TFG_i^{t,t+5}$$

En donde:

- $5f_x^{t,t+5}(i)$  Es la tasa específica de fecundidad femenina por grupos de edad entre  $x$  y  $x + 5$ , para el período  $t, t + 5$ , correspondiente al área menor  $i$ .
- $\frac{5f_x^{t,t+5}(m)}{TFG_m^{t,t+5}}$  Es el porcentaje que representa la tasa específica de fecundidad del grupo de edades  $x, x + 5$  del área mayor para el período  $t, t + 5$ , respecto de la TGF para el mismo período.
- $TFG_i^{t,t+5}$  Es la TGF del área menor  $i$ , para el período  $t, t + 5$ .

Teniendo ya calculadas las TEF en cada una de las áreas menores  $i$ , se estiman los nacimientos a partir de aplicar esas TEF a la población femenina en edad fértil que ya fue proyectada anteriormente con el algoritmo que calcula la población entre 5 y 80 años.

Entonces los nacimientos se obtienen:

$$B^{t,t+5} = \sum_{x=15}^{45} [5^{NF_x^{t,t+5}}(i)] * 5$$

$B^{t,t+5}$  Es el total de nacimientos ocurridos en el área menor  $i$ , durante el período  $t, t + 5$ .

Una vez determinados los nacimientos totales de cada área menor, la población de 0 a 4 años por sexo para el momento  $t + 5$  se obtiene:

- En el caso de la población masculina

$$5N_0^{t+5} = B^{t,t+5} * (IMN) * K_b^{t,t+5}$$

- Y para el caso de la población femenina

$$5N_0^{t+5} = B^{t,t+5} * (1 - IMN) * P_b^{t,t+5} * K_b^{t,t+5}$$

En donde

- $IMN$  y  $P_b^{t,t+5}$  Es el índice de masculinidad al nacimiento y la relación de sobrevivencia al nacimiento por sexo, correspondientes al área mayor, para el período  $t, t + 5$ .
- $K_b^{t,t+5}$  Es el factor diferencial de crecimiento de los nacimientos estimados para el área menor.

#### 2.4.6. El estimador bayesiano empírico para el ajuste del factor K

Como ya fue mencionado anteriormente el supuesto demográfico central del método es el concepto de razón de sobrevivencia intercensal que se expresa en el modelo a través del factor diferencial de crecimiento ( $K$ ) y que como también fue mencionado puede tener una alta variabilidad principalmente en las áreas menores y en los grupos etarios de menor población. Por todo lo anterior, se hace necesario considerar una estrategia metodológica que permita controlar esa inestabilidad a través de la minimización de las varianzas de los factores  $k$  y para esto se utiliza un estimador de contracción de la clase bayesiano empírico.

Siendo definido el factor de la siguiente forma:

$$5^{K_{x,i}} = 0.5 \left[ \left( \frac{5^{p_{x+5,i}^{t+10}}}{ESP_{i,1}} \right)^{0.5} + \left( \frac{5^{p_{x+10,i}^{t+10}}}{ESP_{i,2}} \right)^{0.5} \right]$$

$ESP_{i,1}$  es interpretado como la población esperada en el área menor  $i$  en el grupo etario  $x + 5$ ,  $x + 10$  años en el año  $t + 10$ , bajo la hipótesis de que la razón de sobrevivencia de la cohorte en el área menor  $i$  es la misma del área mayor en el mismo período. De manera análoga  $ESP_{i,2}$  es decir la población esperada en el área menor  $i$  en el grupo etario  $x + 1$ ;  $x + 15$  años en el año  $x + 10$ .

$5^{p_{x+5,i}^{t+10}}$  y  $5^{p_{x+10,i}^{t+10}}$  son los conteos de la población y se pueden tratar estocásticamente, como una variable aleatoria que se distribuye como una distribución de Poisson. En ese sentido,

$$5^{p_{x+10,i}^{t+10}} \sim \text{poisson} (ESP_{i,1} \cdot \theta_i)$$

En donde  $\theta_i$  es el riesgo de la población de la cohorte ser mayor o menor que lo esperado bajo la hipótesis de que el área menor  $i$  posea la misma razón de sobrevivencia que el área mayor.

En ese sentido, la media condicional de  $5^{p_{x+10,i}^{t+10}}$  es  $E(5^{p_{x+5,i}^{t+10}} / \theta_i) = ESP_{i,1} \theta_i$

El estimador de máxima verosimilitud para  $\theta_i$  es el factor  $K_{i,1}$

De acuerdo con Marshall  $\theta_i$  tiene una distribución a priori no especificada, con momentos  $E(\theta_i) = m$  y  $v(\theta_i) = A$ . El estimador bayesiano empírico para  $K_{i,1}$  está dado por:

$$\hat{\theta}_i = \hat{m} + \hat{c} (k_{i,1} - \hat{m})$$

En donde  $\hat{m}$  es

$$\hat{m} = \frac{\sum_{i=1}^n 5^{p_{x+5,i}^{t+10}}}{\sum_{i=1}^n ESP_{i,1}}$$

$n$ , indica el número de pequeñas áreas y  $\hat{m}$  se interpreta como el factor K medio para todo el conjunto de áreas, ósea el área mayor. Por lo tanto  $\hat{m}$  es 1.

Y de acuerdo con Marshall el factor  $\hat{c}$  representa el factor de contracción del estimador bayesiano empírico que está dado por:

$$\hat{c}_i = \frac{v(\theta_i)}{v(k_{i,1})} = \frac{\hat{A}}{\hat{A} + \frac{\hat{m}}{ESP_{i,1}}}$$

En donde  $\hat{A}$  es el estimador de la varianza del parámetro  $(\theta_i)$ , el denominador  $\hat{A} + \frac{\hat{m}}{ESP_{i,1}}$  es el estimador de la varianza de  $v(k_{i,1})$  ponderada por el tamaño del grupo etario del área pequeña.

En resumen,  $\hat{c}_i$  es el cociente entre la varianza de  $\theta_i$  y la varianza de su estimador, dado por  $k_{i,1}$  que varía entre 0 y 1. La lógica es que cuando la varianza de  $k_{i,1}$  es muy alta y por tanto un estimador poco confiable  $\hat{c}_i$  tenderá a 0. En esos casos, el valor de  $\theta_i$  (que es el estimador bayesiano empírico para  $k_{i,1}$ ) tenderá para la media  $\hat{m}$  de sus vecinos, en este caso la media del área mayor. Es en este sentido que el estimador se denomina de contracción, porque la suavización que hace el estimador reduce o contrae el inicial de la estimativa de  $k_{i,1}$  para el valor medio. En este caso si por hipótesis el valor de  $c_i$  de una determinada área pequeña fuese 1, su factor  $k_{i,1}$ , originalmente calculado, sería descartado por el factor  $k_{i,1}$  medio del área mayor. En ese sentido se estaría asumiendo que esa área pequeña  $i$  tendría exactamente la misma relación de crecimiento del área mayor.

Por otra parte, si la varianza de  $k_{i,1}$  es muy pequeña y tiende a  $\theta_i$  el valor de  $c_i$  tenderá para 1. Entonces cuanto más cercano  $\hat{c}_i$  esté de 1 menor será la contracción, reducción o suavización sobre  $k_{i,1}$  originalmente calculado para el área  $i$ , así en la medida en que la varianza de  $k_{i,1}$  sea baja este sería un estimador confiable, no siendo necesario un ajuste grande en la iniciativa inicial.

Por último, se puede entender  $\theta_i$  como un estimador de carácter espacial, una vez que contrae la estimativa inicial de  $k_{i,1}$

Del área menor para el valor medio, y esa media puede ser de los vecinos similares o de un área mayor que contiene al área pequeña  $i$ .

## 2.5 Proyección poblacional Unidades de Planeamiento Zonal UPZ

Para las proyecciones de población por Unidades de Planeamiento Zonal se tuvo en cuenta el cálculo de la tasa de participación de cada UPZ con respecto a la localidad a la que pertenece mediante información asociada con la población a nivel de UPZ y localidad a partir de los censos 2005 y 2018, es importante resaltar que se calculó la tasa de participación de personas en cada UPZ con respecto al total de la localidad según sexo.

Luego, se aplicó el modelo logístico para extrapolar la tasa de participación de cada combinación sexo-UPZ sobre la localidad hasta el año 2035 y para la determinación de las asíntotas del modelo se tuvo en cuenta la magnitud del crecimiento o decrecimiento de esta entre los años 2005 y 2018. Dado que las extrapolaciones de las tasas de participación de todas las UPZ que pertenecen a una misma localidad tienen la restricción de sumar la unidad, se reajustaron las extrapolaciones de participación desde el 2019 a 2035.

Una vez ajustadas las tasas de participación de cada UPZ en las localidades, se procedió a utilizarlas sobre las proyecciones de población a nivel de localidad por sexo para los años 2018 a 2035 para obtener el volumen de población a nivel de UPZ según sexo.

Por último, dado que ya se ajustó la población total por sexo de cada subárea se procedió a encontrar la estructura etaria a través de tablas de contingencia o de doble entrada mediante el procedimiento descrito en el Manual VIII Naciones Unidas (NACIONES UNIDAS, 1975), el cual requirió la siguiente información:

- Población por edad quinquenal del área mayor (localidades) según sexo, proyectada para los años deseados.
- Población por edad quinquenal de cada UPZ a partir del CNPV 2018.
- Estimación de la población total de cada UPZ según sexo para el año deseado de proyección mediante el modelo logístico.

## 2.6 Proyección de hogares y viviendas

La proyección de hogares y viviendas, están influenciadas por las dinámicas poblacionales, es decir que sus tendencias son resultado de las interacciones entre los aspectos socioeconómicos, ambientales y culturales, como: el crecimiento o disminución demográfico, las variaciones en las tasas de natalidad, los flujos migratorios internos y externos, y el envejecimiento de la población, entre otros aspectos que se reflejan en términos demográficos. Las políticas públicas del orden nacional o local desempeñan un papel clave, ya que factores como la oferta de empleo, el desarrollo económico y las políticas de subsidios o créditos habitacionales son determinantes en las decisiones de las personas para conformar sus hogares, incidir en la capacidad de inversión, definir sus arreglos habitacionales o de acceso a las soluciones de vivienda y su distribución territorial. Esto implica que las estimaciones de vivienda también se encuentran asociadas a los supuestos de la teoría de la transición demográfica, la teoría del ciclo de vida y la teoría económica de la familia, las cuales conjugadas ofrecen una perspectiva integral sobre los

cambios poblacionales, económicos y familiares que influyen en la conformación de hogares y en la demanda de viviendas.

La proyección de los hogares y viviendas, que se aplicó en la desagregación de las proyecciones de Bogotá por unidades menores, se fundamenta en la metodológica descrita en el documento de actualización de proyecciones de hogares y viviendas a nivel nacional y departamental -Post Covid19- (DANE, 2024), del cual aquí se hace una síntesis de los procedimientos.

La estimación de los hogares y viviendas para las unidades geográficas o áreas menores de interés requiere de proyecciones poblacionales al mismo nivel de detalle geográfico. Por lo que para hacer la proyección o aplicar el procedimiento metodológico fue necesario de manera previa actualizar las proyecciones de Bogotá post covid-19, por localidades, UPL y UPZ, y disponerlas por grupos de edad, y sexo.

Por otra parte, la proyección de viviendas se fundamenta en las proyecciones de hogares y en la estimación de la evolución futura de la relación entre hogares y viviendas. Por ello, se procesó y analizó este parámetro en los censos de 2005 y 2018 desglosado por las áreas geográficas menores en cuestión. En el análisis de las viviendas se consideraron especialmente aquellas con ocupantes presentes, para asegurar una relación coherente entre hogares y viviendas. Además, de acuerdo con los requerimientos del proyecto, las viviendas se desglosaron entre totales y ocupadas.

En cada caso se elaboraron análisis de consistencia en las tendencias de los indicadores a la par que se construían los primeros estimativos a futuro de dichas tendencias. Similarmente se contrastaron algunos de los indicadores clave (personas por vivienda, personas por hogar, hogares por vivienda) con otras investigaciones, particularmente con las estimaciones anteriores de hogares y vivienda del 2018 tanto para validar la similitud antes del año 2020 como para validar las diferencias esperadas posterior a 2020 debido a los cambios en las proyecciones de población post COVID 19.

A continuación, se relacionan los pasos metodológicos llevados a cabo para obtener las estimaciones de hogares y viviendas.

### **2.6.1. Proyecciones de hogares**

La metodología para estimar los hogares en Colombia se basa en el método de tasa de jefatura, un enfoque ampliamente reconocido y utilizado, que representan la proporción de personas en la población total que actúan como jefes de hogar. Este enfoque se basa en el principio de unicidad del jefe de hogar, que

establece que cada hogar cuenta con un único jefe según los datos disponibles. Ya sea identificando a un jefe específico o designando a un miembro del hogar como referencia, las estimaciones de las unidades domésticas se fundamentan en este principio, asegurando que el número de jefes o personas de referencia coincida con el total de hogares proyectados. Al aplicar estas tasas a una población previamente proyectada, se puede estimar el número de hogares en los años siguientes.

Este método requiere contar con datos censales de al menos dos períodos, desglosados, como mínimo, por grupos de edad. Para los cuales es fundamental conocer el número de jefes de hogar con el fin de calcular la probabilidad de que una persona sea jefe de hogar en cada grupo etario.

Es así como para proyectar los hogares en las unidades menores de Bogotá (Localidades, UPL y UPZ), se acudió a los datos censales de los años (2005 y 2018). Además, se amplió el análisis considerando variables de composición de los hogares y áreas geográficas, procesando la información a estos niveles de desagregación. Es importante resaltar que a partir de la información censal se observan variaciones o inconsistencias en la información de las unidades con tamaños poblacionales pequeños como lo es La Localidad de Candelaria, o las que presentan características rurales como la Localidad o UPL de Sumapaz.

### **Aspectos metodológicos generales**

Para la realización de las proyecciones, el jefe de hogar se utiliza únicamente como un vínculo cuantitativo entre el número de hogares y la población clasificada por edad y sexo. No se relaciona con aspectos sociológicos o relaciones de poder dentro del hogar. Antes de detallar el procedimiento empleado, es importante precisar los tipos de hogares que se considerarán a lo largo de este apartado, las cuales están basadas en la información proporcionada por el Departamento Nacional de Planeación<sup>1</sup>:

- Hogares nucleares: núcleo conyugal biparental con o sin hijos; o núcleo conyugal monoparental con hijos
- Hogares extensos: hogares nucleares más otros parientes
- Hogares compuestos: hogares nucleares (con o sin otros parientes). más otros no parientes
- Hogares familiares sin núcleo: no existe un núcleo conyugal o una relación padre/madre-hijo/hija, pero existe una relación de hermanos u otras relaciones de parentesco
- Hogares no familiares sin núcleo: no existe un núcleo conyugal o una relación padre/madre-hijo/hija, no existe una relación de hermanos ni otras relaciones de parentesco

---

<sup>1</sup> <https://observatoriodefamilia.dnp.gov.co/Sistema-de-monitoreo/Indicadores-sociodemogr%C3%A1ficos/Tipologias-de-familias/Paginas/estructura-familiar-quintil.aspx>

A partir de estas categorías se definieron 42 tipologías de hogares que surgen como combinaciones de estas. La identificación del jefe y el parentesco de los demás miembros del hogar con él (ella), requieren de una pregunta adicional que, en los cuestionarios censales, se ha denominado "parentesco". Es a partir de esa información que se calculan las tasas de jefatura y se construye la tipología de los hogares.

Para iniciar la proyección de hogares primero se debe contar con las proyecciones de población por departamentos según grupos de edad y sexo, desagregadas por área para el periodo 2005-2035. A partir de esta información se continúa con la estimación de las tasas de jefatura.

### **Estimación de las tasas de jefatura**

Para proyectar las tasas de jefatura el primer paso es identificar, a partir de la información censal de 2005 y 2018, el número de los jefes del hogar por edad y sexo según las áreas geográficas de interés y desagregados en los siguientes rangos de edad:

- De los 10 a 29 años
- De los 30 a los 59 años
- Mayores de 60 años

Información con la que se calculan las tasas específicas de jefatura por grupo de edad y sexo de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Tasa\ de\ jefatura\ (T)_{i,t} = \frac{\text{número de jefes de hogar}_{i,t}}{\text{Población total}_{i,t}} * 100$$

Una vez se obtienen las tasas de jefatura para cada periodo (2005 y 2018), según rango de edad y sexo, se calcula el crecimiento anual de las tasas según la tendencia de los últimos años lo cual permite definir límites inferiores y superiores de estas proyecciones. Este crecimiento es obtenido haciendo uso de la siguiente expresión:

$$Crecimiento\ anual\ \% = \frac{\ln(TJ_{2005}) - \ln(TJ_{2018})}{2005 - 2018} * 100$$

Las tasas de crecimiento de la tasa de jefatura de 2005 y 2018, son clasificadas para establecer los valores máximos y mínimos de las asíntotas del modelo, de acuerdo con la tabla 1.

**Tabla 1. Clasificación de tasas de crecimiento**

Tasa de crecimiento	Condición	Clasificación
TJ de 2005	Igual a 0.0001	Uno (1)
TJ de 2018	Igual a 0.0001	Dos (2)
TJ de 2005 y TJ de 2018	Diferente a 0.0001	Cero (0)

**Fuente:** Elaboración DCD - DANE 2024

Con el objetivo de tener un control de las asíntotas superior e inferior del modelo **se calcula el crecimiento de las asíntotas**. Partiendo de la clasificación realizada a las tasas el crecimiento se establece de acuerdo con la tabla 2.

**Tabla 2. Clasificación de tasas de crecimiento**

Clasificación	Condición	Crecimiento
Uno (1)	Tasa de crecimiento negativa	Retorna a 0.1
	Tasa de crecimiento positiva o cero	Retorna a -0.1
Dos (2)	El valor de la tasa de crecimiento es indiferente	Retorna a -0.1
Cero (0)	El crecimiento depende del valor absoluto de la tasa de crecimiento	
	Menor que 1	0.05
	Entre 1 y 2	0.1
	Entre 2 y 3	0.4
	Entre 3 y 4	0.5

	Entre 4 y 5	0.6
	Entre 5 y 6	0.7
	Entre 6 y 8	0.8
	Mayor o igual a 8	0.9

**Fuente:** Elaboración DCD - DANE 2024

### **Cálculo de asíntotas**

Para la proyección de estos coeficientes se traza la trayectoria futura de cada tasa específica, siguiendo una función logística. Esto permite proyectar puntos de control de las tasas desde 2015 hasta 2050 en intervalos de cinco años, tomando como pivotes 2025 y 2050.

La asíntota superior e inferior son calculadas de acuerdo con las siguientes condiciones:

- Si la tasa de crecimiento es positiva:

$$li = \min(TJ_{2005}, TJ_{2018}) * (0.95)$$

$$ls = \max(TJ_{2005}, TJ_{2018}) * (1.05)$$

- Si la tasa de crecimiento es negativa:

$$li = \min(TJ_{2005}, TJ_{2018}) * (1 - g)$$

$$ls = \max(TJ_{2005}, TJ_{2018}) * (1 + g)$$

*g: crecimiento de la asíntota*

Después de obtener los límites superiores e inferiores se proyectan las tasas de jefatura haciendo uso de la siguiente función logística:

$$TJ_t = ls + \frac{(li - ls)}{1 + e^{(a+b*(t-2005))}}$$

Donde a y b se obtienen a partir de las siguientes ecuaciones:

$$a = \ln \frac{li - TJ_{2005}}{TJ_{2005} - ls}$$

$$b = \frac{\left( \ln \frac{li - TJ_{2018}}{TJ_{2018} - ls} - a \right)}{n}$$

$$n = 2018 - 2005$$

$$n = 13$$

Una vez se han obtenido los pivotes del modelo logístico, se utiliza un modelo cúbico en dos partes uno que va desde 2005 hasta 2018 y otro que abarca el periodo 2018 hasta 2035.

### **Estimación de hogares**

Dado que el ejercicio de estimación de las tasas de jefatura se ha actualizado para Colombia a nivel nacional, departamental y municipal, proyectar los hogares resulta un cálculo sencillo una vez se cuenta con la proyección de las tasas de jefatura y las proyecciones de población, ya que consiste en multiplicar cada una de las tasas de jefatura proyectadas para cada año, por la población proyectada de la respectiva área de interés:

$$JH_t = \sum_{i=1}^I \frac{TJH_i}{100} N_{i,t}$$

Donde  $JH_t$  no es más que la cantidad proyectada de jefes de hogar en un periodo determinado que considerando el principio de unicidad de jefe del hogar corresponde a la cantidad proyectada de hogares y  $N_{i,t}$  es la proyección de población.

### **Estimación de hogares para área geográficas menores**

De forma similar a como se han estimado los hogares a nivel municipal, en donde los insumos son las proyecciones de hogares a nivel departamental desagregado por cabecera, centro poblado y rural disperso, para la estimación de hogares y viviendas por Localidades, Unidades de Planeamiento Local UPL y unidades de planeamiento zonal – UPZ, se requiere contar con sus proyecciones de población con actualización Post Covid-2019.

La primera estimación de hogares por área menor (Localidad, UPL o UPZ) se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Proyección de hogares} = \frac{\text{Población por área menor} * \text{prop}}{PH_i}$$

- Donde  $PH_i$  es el número de personas por hogar en el año  $i$ , calculado de la siguiente manera:

$$PH_i = ls + \frac{(li - ls)}{1 + e^{(a+b*(t-2005))}}$$

- Los límites se establecen para tener control del modelo logístico:

$$li = \min(PH_{2005}, PH_{2018}) * (0.95)$$

$$ls = \max(PH_{2005}, PH_{2018}) * (1.05)$$

- Donde a y b se obtienen a partir de las siguientes ecuaciones:

$$a = \ln \frac{li - PH_{2005}}{PH_{2005} - ls}$$

$$b = \frac{\left( \ln \frac{li - PH_{2018}}{PH_{2018} - ls} - a \right)}{n}$$

$$n = 2018 - 2005$$

$$n = 13$$

- Y *prop* corresponde a la proporción que permite descontar de la población las personas en LEAS con el siguiente cálculo:

$$prop = 1 - \frac{\# \text{Personas SIN LEAS}}{\# \text{Personas CON LEAS}} * 100$$

Es importante mencionar que se denomina primera estimación, debido a que los resultados son ajustados de acuerdo con los techos establecidos en la proyección del área mayor o Distrito Capital, esto quiere decir que la suma de las estimaciones de hogares de las áreas menores respectivas debe coincidir con los hogares estimados para el área mayor. Para efectos de ajustar a los techos, las diferencias obtenidas, que corresponde a unas cuantas unidades de hogares, estas se asignan a la unidad geográfica que se esté trabajando con mayor tamaño poblacional.

### **2.6.2. Proyecciones de viviendas**

#### **Aspectos metodológicos generales**

Las proyecciones de vivienda, son una estimación que demanda como insumo las proyecciones de hogares y la información censal de las viviendas en 2005 y 2018 por departamento y municipio de la siguiente manera:

- V\_OCUPADA: viviendas ocupadas en cada censo
- V\_OCUP\_AUS: viviendas ocupadas con personas ausentes en cada censo
- V\_DESOCUP: son las viviendas desocupadas en cada censo
- V\_USO\_TEM: son las viviendas de uso temporal en cada censo
- VIV: es la suma de viviendas sin personas ausentes
- PER: son el número de personas por cada censo
- HOG: es el número de hogares por cada censo

Con base en estos valores se estiman las proporciones entre ellas:

- $OCUPA = \frac{V\_OCUPADA}{HOG}$
- $HV = \frac{HOG}{VIV}$  número de hogares por vivienda

Despejando de esta última expresión la variable de viviendas, las viviendas totales se estiman:

$$VIV_{totales} = \frac{\text{Proyección de hogares}}{VH_i}$$

- Donde  $VH_i$  es el número de viviendas hogar en el año  $i$  se calcula de la siguiente manera:

$$HV_i = ls + \frac{(li - ls)}{1 + e^{(a+b*(t-2005))}}$$

- Se establecen los límites para controlar el modelo:

$$li = \min(HV_{2005}, HV_{2018}) * (0.995)$$

$$ls = \max(HV_{2005}, HV_{2018}) * (1.02)$$

- Donde  $a$  y  $b$  se obtienen a partir de las siguientes ecuaciones:

$$a = \ln \frac{li - HV_{2005}}{HV_{2005} - ls}$$

$$b = \frac{\left( \ln \frac{li - HV_{2018}}{HV_{2018} - ls} - a \right)}{n}$$

$$n = 2018 - 2005$$

$$n = 13$$

El modelo desarrollado es flexible, ya que permite incorporar las características particulares de cada departamento según su área, lo que facilita la estimación de todos los parámetros de la función logística para cada caso específico. Esto es relevante, ya que definir de manera uniforme los parámetros de las asíntotas podría alterar significativamente las proyecciones obtenidas.

Es relevante señalar que, dado que las estimaciones se basan en las viviendas registradas en los censos, las viviendas proyectadas corresponden también a las categorías censales. Es importante distinguir estas viviendas de las arquitectónicas. Una vivienda censal se caracteriza por su acceso independiente a la calle y se define como el lugar de residencia de un hogar. En contraste, una vivienda arquitectónica se refiere a la estructura física identificada de forma independiente mediante un registro catastral o una placa de nomenclatura. Por ello, una vivienda arquitectónica puede contener varias unidades censales, como ocurre en los inquilinatos o LEA, donde los cuartos con acceso independiente a la calle se consideran viviendas censales.

Estas diferencias explican por qué la demanda estimada de viviendas no siempre coincide con el inventario de viviendas arquitectónicas. En este sentido, la proyección de viviendas refleja las necesidades habitacionales de los hogares. Sin embargo, este cálculo no aborda aspectos relacionados con la propiedad de las viviendas, ya que esta depende de un conjunto distinto de variables que no se consideran en este análisis.

Es importante tener en cuenta que una relación hogar por vivienda mayor a 1 indica que, en promedio, hay más de un hogar compartiendo una vivienda. La disminución de este indicador sugiere una mejora en las condiciones habitacionales, posiblemente debido a políticas de vivienda, mayor construcción de hogares o una reducción en el hacinamiento. La estabilización a partir de 2013 indica que no se espera un cambio significativo en la relación hogar por vivienda a nivel nacional en el futuro cercano.

### ***Estimación de viviendas para Bogotá D.C.***

Con la información disponible de hogares y de la relación vivienda-hogares, se estiman las viviendas totales para el período 2005-2018 de acuerdo con la ecuación:

$$VIV_{totales} = \frac{\text{Proyección de hogares}}{HV_i}$$

El dato de la cantidad de hogares es tomado de las proyecciones realizadas previamente. El estimado nacional de viviendas resulta de la suma de las viviendas estimadas a nivel departamental entre estos el Distrito Capital.

Para el caso de viviendas ocupadas se realiza el mismo procedimiento que para viviendas totales, en este caso la variable viviendas corresponde a viviendas ocupadas:

$$VIV_{OCUPADAS} = \frac{\text{Proyección de hogares}}{HV_i}$$
$$HV_i = \frac{\text{Viviendas ocupadas}}{\text{Hogares}}$$

### **Estimación de viviendas por áreas menores (localidades, UPL y UPZ)**

Para estimar la cantidad de viviendas por áreas menores se siguen los mismos pasos metodológicos que para los departamentos, para ello se requiere: proyecciones de hogares e información censal de viviendas totales y viviendas ocupadas de cada una de las unidades menores. El modelo logístico aplicado es el mismo para estimar la relación viviendas por hogar, con esta información finalmente, se realiza la primera proyección del total de viviendas en cada una de las áreas menores.

Se denomina primera estimación ya que ésta se debe ajustar a total de viviendas estimadas para el Distrito Capital nuevamente, para que la suma de viviendas de cada una de las áreas menores no sea superior a la estimación de viviendas del del Distrito Capital e igualmente el ajuste se hace para la proyección de viviendas ocupadas.

## 2.7 Síntesis metodológica aplicada

Proyecciones de población					
AREA ADMINISTRATIVA	PRODUCTO SOLICITADO	INSUMOS UTILIZADOS	METODO EMPLEADO PARA OBTENCIÓN	BIBLIOGRAFIA	
Localidades	Proyecciones Poblacionales 2020-2035 y Retroproyección	Población Base Censos 2005 y 2018 Hechos vitales de nacimientos-observatorio de salud de Bogotá 2010-2022 Hechos vitales de defunciones-observatorio de salud de Bogotá 2010-2022 Encuesta Multiproposito 2017 - Modulo de migración Encuesta Multiproposito 2021 - Modulo de migración Censo Nacional de pobacion y vivienda 2018 preguntas de migración	*Proyecciones: modelo por componente de cohortes CELADE *Retroproyecciones: modelo por componentes de cohortes por el metodo multiregional	<a href="https://celade-proyecciones.gitlab.io/haller-subnacional-2024/4ta_sesion.html">https://celade-proyecciones.gitlab.io/haller-subnacional-2024/4ta_sesion.html</a> *Actualizada a noviembre de 2024, Gbay	
Unidades de Planeamiento Local-UPL	Retroproyecciones poblacionales 2005-2019 Proyecciones Poblacionales 2020-2035	Población Censada 2005 y 2018 Población ajustada Censos 2005-2018 Hechos vitales de nacimientos-Secretaría de Salud de Bogotá 2009-2022 Hechos vitales de defunciones-Secretaría de Salud de Bogotá 2009-2022	*Proyecciones: Modelo Relación de Cohortes *Retroproyecciones: modelo por componentes de cohortes por el metodo multiregional *Empalme de series: ajuste mediante variaciones exponenciales	*El método de relación de cohortes de Duchesne con ajuste bayesiano: El método de la relación de las cohortes pertenece a la familia de métodos de componentes de cohortes (Gonzaga et al., 2018; González et al., 2012) *https://ws089.juntadeandalucia.es/institutoestadisticaycartografia/blog/2016/03/aplicacion-para-proyecciones/#more-5927	
Unidades de Planeamiento Zonal-UPZ	Retroproyecciones poblacionales 2005-2019 Proyecciones Poblacionales 2020-2035	Proyecciones poblacionales a nivel localidades periodo 2020-2035 Proyecciones de Población Bogotá periodo 2005-2035	*Función logística por sexo y participaciones del crecimiento *Estructuras censadas por edad y sexo suavizadas por el metodo de Grey *Modelo Iterative Procedure Fitting-IPF (Tabla	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971513000240">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971513000240</a>	
Proyección de viviendas y hogares					
Localidades Unidades de Planeamiento Local-UPL Unidades de Planeamiento Zonal-UPZ	Proyecciones de hogares 2020-2035	Proyecciones de hogares y viviendas de Bogotá periodo 2020-2035 Proyecciones poblacionales periodo 2018-2035 para UPL, UPZ y Localidades calculadas Relación de personas por hogar a nivel de UPL, UPZ y Localidades periodo 2018-2035 Proporción de población Lugares Especiales de Alojamiento-LEA para UPL, UPZ y Localidades periodo 2018-2035 Resultados Censos Poblacionales y de Vivienda 2005 y 2018	Metodo tasas de Jefatura y función logística	*Nortman, D y Hofstatter, E. Population and Family planning programs, 9 edición, The population Council, Nueva York Pearl y Reed *Bush, V. P. (2008, enero 15). Proyecciones de los hogares y las viviendas de México y de las entidades federativas, 2005-2050. Consejo Nacional de Población (CONAPO).	
Localidades Unidades de Planeamiento Local-UPL Unidades de Planeamiento Zonal-UPZ	Proyecciones Viviendas 2020-2035	•Estimaciones de hogares por localidad, UPL o UPZ. •Viviendas ocupadas en cada censo clasificado por localidad, UPL o UPZ. •Viviendas ocupadas con personas ausentes en cada censo •Viviendas desocupadas en cada censo •Viviendas de uso temporal en cada censo •Suma de viviendas sin personas ausentes •Número de personas por cada censo •Número de hogares por cada censo	Función Logística de las relaciones de hogares por vivienda y porcentajes de ocupación	*Arriaga, Eduardo, 1984. "Variaciones sobre un tema de la función logística". Notas de población, CELADE, año 12, num 36 pp85-97. San José de Costa Rica	

## 3. Resultados

### 3.1 Principales resultados de las proyecciones de población, hogares y viviendas por Localidades, Unidades de Planeamiento Local UPL y Unidades de Planeamiento Zonal UPZ.

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZDFmOGFiNGYtZTQ4YS00njlhLTg0NWYtNTEyOTViMmQ1ZGZmliwidCI6IjBkMWRIMzRkLWFmNDktNGJmNS1iOGVLTNjM2M0NGNINzk0MiIsImMiOjR9>

Fuente: DANE, Proyecciones de población derivadas del CNPV 2018, actualizadas a 17 de diciembre de 2024

## 4. Bibliografía

- Arriaga, E. (2001). *El análisis de la población con microcomputadoras*. Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencias Económicas.
- DANE. (30 de noviembre de 2024). *Actualización de proyecciones de hogares y viviendas a nivel nacional y departamental (post Covid19). Documento metodológico proyecciones de hogares y viviendas 2005 -2035*. Departamento Nacional de Estadísticas. Bogotá D.C. : DANE - DCD.
- Duchesne, L. (noviembre de 1989). Proyecciones de población por sexo y edad para áreas intermedias y menores: método "relación de cohortes". (CELADE, Ed.) *Métodos para proyecciones subnacionales de población*, 71 -126.
- Gompertz, B. (1825). On the nature of the function expressive of the law of human mortality and on new mode of determining the value of life contingencies. (115), 513-585.
- González, L., & Torres, E. (2012). *Estimaciones de población en áreas menores en América Latina: revisión de métodos utilizados*. In: CAVENAGHI, S. (Org.). *Estimaciones y proyecciones de población en América Latina. Desafíos de una agenda pendiente*. Rio de Janeiro: Alap.
- Hauer, M. E., & Schmertmann, C. P. (2020). *Population Pyramids Yield Accurate Estimates of Total Fertility Rates*. Tallahassee, Florida, USA: Springer Population Association of America 2020.
- Helligman, L., & Pollard, J. (1980). The age pattern of mortality. *Journal of the Institute of Actuaries*(107), 49-75.
- Lee, R., & Carter, L. (1992). Modelling and forecasting the time series of US mortality. 87, 659-671.
- Madeira, J., & Simões, C. (1972). Estimativas preliminares da população urbana e rural segundo as unidades da federação, de 1960/1980 por uma nova metodologia. 33(129), 3-11.
- Miranda de Araujo Freire, F. H., Gonzaga, M. R., & Gomes, M. M. (20 de diciembre de 2019). Projeções populacionais por sexo e idade para pequenas áreas no Brasil. *Revista Latinoamericana de Población*, 14(26), 124 -149. Obtenido de <https://doi.org/10.31406/relap2020.v14.i1.n26.6>
- Moultrie , T. (2013). "The relational Gompertz model". In Moultrie TA, RE Dorrington, AG Hill, K Hill, IM Timæus and B Zaba (eds). *Tools for Demographic Estimation*. Paris: International Union for the Scientific Study of Population. Obtenido de <http://demographicestimation.iussp.org/content/relational-gompertz-model>.
- NACIONES UNIDAS. (1975). "Manual VIII. Métodos para hacer proyecciones de la población urbana y rural". New York, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, Estudios de Población. (55).
- Ochoa Molina, C. A. (22 de Mayo de 2015). *El modelo Lee-Carter para estimar y pronosticar mortalidad: Una aplicación para Colombia*. (T. d. Estadística, Ed.) Recuperado el 15 de Noviembre de 2024, de Repositorio Universidad Nacional de Colombia : chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/55027/8032084.2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Schmertmann, C., & Gonzaga, M. (2018). Bayesian estimation of age-specific mortality and life expectancy for small areas with defective vital records. (55), 1363-1388.