

Estadística Experimental

Nota Metodológica para la estimación del Producto Interno Bruto Estatal con corte trimestral

Elaborado por la Subsecretaría de Análisis Económico
y Finanzas Públicas de la SEFIPLAN

Actualizaciones: 21-08-23, 15-02-24, 01-03-26

1. Introducción

El Producto Interno Bruto Estatal (PIBE) que publica el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) constituye una variable macroeconómica de referencia para el análisis y seguimiento de la actividad económica, dadas sus aplicaciones en diagnóstico, planeación y evaluación de políticas públicas. No obstante, su principal limitación para ejercicios de coyuntura radica en su disponibilidad exclusivamente anual, lo que dificulta su uso cuando se requiere consistencia con indicadores y series de periodicidad trimestral. En este contexto, la Subsecretaría de Análisis Económico y Finanzas Públicas de la SEFIPLAN desarrolló una estimación experimental del PIBE con corte trimestral mediante técnicas de benchmarking, utilizando el método proporcional de Denton, documentado por el Fondo Monetario Internacional en el Manual de Cuentas Nacionales Trimestrales (2001), capítulo 6 Benchmarking, y aplicado conceptualmente por el INEGI en el Sistema de Cuentas Nacionales Fuentes y Metodologías (2018), capítulo 5 Cuentas regionales anuales y de corto plazo, en la sección relativa a la articulación entre el indicador trimestral y los cálculos trimestrales y anuales.

El método proporcional de Denton permite distribuir una variable anual en una trayectoria trimestral consistente, apoyándose en uno o más indicadores de mayor frecuencia, en este caso el Indicador Trimestral de la Actividad Económica Estatal (ITAEE). Para que la estimación sea coherente, el indicador debe mantener una relación estrecha con la variable a desagregar, condición que se cumple dado que la variación anual del ITAEE se alinea con la evolución del Valor Agregado Bruto (VAB) anual a precios constantes. Previo al cambio de año base de 2013 a 2018, el ITAEE se interpretaba como un reflejo del comportamiento de

corto plazo del PIB, bajo la convención operativa de equivalencia entre PIB y VAB a precios básicos.

En la conciliación entre las cifras trimestrales y anuales del PIB nacional, el PIBE y el ITAEE, el INEGI adopta el esquema del FMI con ajuste proporcional de Denton incorporando dos restricciones. Dado que en este ejercicio se parte de series armonizadas, la primera restricción se mantiene como condición de cierre anual, de forma que la suma de los trimestres coincide con el total anual correspondiente. La segunda restricción se redefine para preservar la consistencia contable interna bajo la desagregación vigente, garantizando la coherencia simultánea entre los agregados y sus componentes por ramas de actividad, de manera que las series estimadas por ramo se agreguen exactamente a sus respectivos niveles superiores y al total, incluyendo la estructura de actividades primarias por ramo (111-112, Resto), actividades secundarias por ramo (21, 22, 23 y 31-33), actividades terciarias por agrupaciones (43-46, 48-49-51, 52-53, 54-55-56-81, 61-62-93 y 71-72), así como la consistencia entre el VAB, los impuestos sobre los productos netos y el Producto Interno Bruto.

2. Proceso general de estimación

En virtud de los cambios establecidos en el PIBE base 2018 con la incorporación de los Impuestos netos a los productos, se hizo necesario reajustar el proceso de estimación de la siguiente forma:

- 1) Se estiman los impuestos indirectos y el VAB a precios constantes con la técnica Denton para los ramos de cada sector utilizando el ITAEE.
- 2) Se estima un Índice de Precios Implícitos proxy con la técnica Denton utilizando el INPC nacional y el IPI por ramo.

- 3) Se estiman los impuestos indirectos y el VAB a precios corrientes con la técnica Denton para los ramos de cada sector utilizando el ITAEE multiplicado por el IPI estimado.
- 4) Se calculó la versión final del IPI dividiendo el VAB a precios corrientes entre el VAB a precios constantes.

Para aquellos trimestres donde no se dispone del dato anual, se recurrió a extrapolar la serie:

- Para los ramos del VAB a precios constantes, se utilizó la última razón referencia indicador (RI) conocida y se multiplicó por el ITAEE.
- Para los ramos del VAB a precios corrientes; primero, se calcularon los valores faltantes de los IPIS por ramo aplicando la inflación al cierre del año inmediato anterior con respecto a los cierres de trimestre correspondientes. Tras eso, se calcularon las razones RI considerando los valores en millones de pesos corrientes de cada ramo entre los datos del IPI por el ITAEE correspondientes. Con todas las razones RI corrientes calculadas, se procedió a calcular las razones faltantes con un promedio ponderado de los valores del último año disponible y, finalmente, las razones se multiplicaron por el producto del IPI por el ITAEE.
- Para los impuestos netos, la extrapolación se realizó utilizando una media móvil de la tasa impositiva a 12 periodos. Eso aplica a precios constantes y a precios corrientes.
- Los IPI se estimaron como es habitual, dividiendo las variables a precios corrientes entre las variables a precios constantes.

3. Descripción general de la técnica Denton simple

La estimación del VAB trimestral se obtiene mediante la técnica Denton utilizando la siguiente función de Lagrange donde se minimizan las diferencias entre la razón referencia indicador $\left(\frac{X_t}{I_t}\right)$, lo cual garantiza las menores discrepancias posibles (errores) entre la evolución del PIBE trimestral y el ITAEE:

$$L(X_t, \dots, X_{4y}) = \sum_{t=2}^{4y} \left[\frac{X_t}{I_t} - \frac{X_{t-1}}{I_{t-1}} \right]^2 + 2\lambda_y \left(\sum_{t=4y-3}^{4y} X_t - A_y \right)$$

En donde:

- X_t : es el VAB que se busca obtener
- I_t : es el nivel del ITAEE para cada trimestre
- A_y : es el VAB del año a trimestralizar
- t : subíndice que indica trimestres
- y : subíndice que indica años

La técnica Denton para un año puede resolverse con ayuda de una función Lagrange, tal y como se muestra a continuación:

$$L(X_1, X_2, X_3, X_4) = \left(\frac{X_2}{I_2} - \frac{X_1}{I_1} \right)^2 + \left(\frac{X_3}{I_3} - \frac{X_2}{I_2} \right)^2 + \left(\frac{X_4}{I_4} - \frac{X_3}{I_3} \right)^2 + 2\lambda(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 - A_1)$$

De la función de Lagrange se derivan las siguientes condiciones de primer orden:

- $\frac{\partial L}{\partial X_1} = 2 \left(\frac{X_2}{I_2} - \frac{X_1}{I_1} \right) \left(-\frac{1}{I_1} \right) + 2\lambda = 0$
- $\frac{\partial L}{\partial X_2} = 2 \left(\frac{X_2}{I_2} - \frac{X_1}{I_1} \right) \left(\frac{1}{I_2} \right) - 2 \left(\frac{X_3}{I_3} - \frac{X_2}{I_2} \right) \left(\frac{1}{I_2} \right) + 2\lambda = 0$
- $\frac{\partial L}{\partial X_3} = 2 \left(\frac{X_3}{I_3} - \frac{X_2}{I_2} \right) \left(\frac{1}{I_3} \right) - 2 \left(\frac{X_4}{I_4} - \frac{X_3}{I_3} \right) \left(\frac{1}{I_3} \right) + 2\lambda = 0$
- $\frac{\partial L}{\partial X_4} = 2 \left(\frac{X_4}{I_4} - \frac{X_3}{I_3} \right) \left(\frac{1}{I_4} \right) + 2\lambda = 0$
- $\frac{\partial L}{\partial \lambda} = 2(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 - A_1) = 0$

Se simplifica cada ecuación quedando de la siguiente manera:

- $\left(-\frac{X_2}{I_1 I_2}\right) + \left(\frac{X_1}{I_1^2}\right) + \lambda = 0$
- $\left(\frac{X_2}{I_2^2}\right) - \left(\frac{X_1}{I_1 I_2}\right) - \left(\frac{X_3}{I_2 I_3}\right) + \left(\frac{X_2}{I_2^2}\right) + \lambda = 0$
- $\left(\frac{X_3}{I_3^2}\right) - \left(\frac{X_2}{I_2 I_3}\right) - \left(\frac{X_4}{I_3 I_4}\right) + \left(\frac{X_3}{I_3^2}\right) + \lambda = 0$
- $\left(-\frac{X_3}{I_3 I_4}\right) + \left(\frac{X_4}{I_4^2}\right) + \lambda = 0$
- $X_1 + X_2 + X_3 + X_4 - A_1 = 0$

De esta forma, las condiciones de primer orden constituyen un sistema de ecuaciones lineales como el siguiente:

$$I.X = A$$

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{I_1^2} & -\frac{1}{I_1 \cdot I_2} & 0 & 0 & || & 1 \\ -\frac{1}{I_1 \cdot I_2} & \frac{2}{I_2^2} & -\frac{1}{I_2 \cdot I_3} & 0 & || & 1 \\ 0 & -\frac{1}{I_2 \cdot I_3} & \frac{2}{I_3^2} & -\frac{1}{I_3 \cdot I_4} & || & 1 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{I_3 \cdot I_4} & \frac{1}{I_4^2} & || & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & || & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ \lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ A \end{bmatrix}$$

La estimación del VAB trimestral se obtiene mediante el método de la matriz inversa:

$$X = I^{-1}A$$

4. Estimación del PIBE trimestral por sectores de la actividad económica a precios constantes

En ocasiones anteriores de la realización de esta estimación, se había optado por resolver el problema ampliado de hacer coherentes los resultados del VAB por sector con los datos del VAB total mediante una

matriz conjunta, en este caso, debido a la especificidad de hacerlo por ramos individuales o agrupaciones de estos y no por grandes sectores como se solía hacer, se optó por resolver el problema con matrices individuales de cada uno de estos ramos:

$$L = \sum_{t=2}^y \left(\frac{X_t^n}{I_t^n} - \frac{X_{t-1}^n}{I_{t-1}^n} \right)^2 + \sum_{y=1}^{\frac{y}{4}} 2 \lambda_y \left(\sum_{t=1}^4 X_t^n - A_y^n \right)$$

Donde:

- n : Es el ramo individual/agrupación específica(o)
- X : Es el dato calculado trimestral de un ramo individual/agrupación para el periodo t
- I : Es el nivel del ITAEE de un ramo individual/agrupación en el periodo t
- y : Es el periodo anual
- t : es el periodo trimestral
- λ : es un multiplicador de Lagrange
- A : Es el dato del VAB anual de un ramo individual/agrupación

Es posible resolver el problema ampliado de esta manera ya que se usan restricciones individuales, haciendo que la suma de los valores calculados trimestrales del VAB sea exactamente igual al valor del VAB anual, todo esto por ramo; y, ya que la suma de todos los valores del VAB anuales por ramo debe ser igual al VAB anual total, esta metodología da exactamente los mismos resultados que la resolución mediante matriz conjunta.

Con lo anterior en claro, las condiciones de primer orden para el primer trimestre de un ramo/agrupación específica(o) serían:

$$\frac{\partial L}{\partial X_1^n} = 2 \left(\frac{X_2^n}{I_2^n} - \frac{X_1^n}{I_1^n} \right) \left(-\frac{1}{I_1^n} \right) + 2\lambda_1 = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial X_1^n} = \left(\frac{X_2^n}{I_2^n} - \frac{X_1^n}{I_1^n} \right) \left(-\frac{1}{I_1^n} \right) + \lambda_1 = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial X_1^n} = \frac{X_1^n}{I_1^{n2}} - \frac{X_2^n}{I_1^n I_2^n} + \lambda_1 = 0$$

Las condiciones de primer orden para los trimestres intermedios serían:

$$\frac{\partial L}{\partial X_t^n} = 2 \left(\frac{X_t^n}{I_t^n} - \frac{X_{t-1}^n}{I_{t-1}^n} \right)^1 \frac{1}{I_t^n} + 2 \left(\frac{X_{t+1}^n}{I_{t+1}^n} - \frac{X_t^n}{I_t^n} \right)^1 \left(-\frac{1}{I_t^n} \right) + 2\lambda_t = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial X_t^n} = \left(\frac{X_t^n}{I_t^n} - \frac{X_{t-1}^n}{I_{t-1}^n} \right)^1 \frac{1}{I_t^n} + \left(\frac{X_{t+1}^n}{I_{t+1}^n} - \frac{X_t^n}{I_t^n} \right)^1 \left(-\frac{1}{I_t^n} \right) + \lambda_t = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial X_t^n} = -\frac{X_{t-1}^n}{I_{t-1}^n I_t^n} + \frac{X_t^n}{I_t^{n2}} - \frac{X_{t+1}^n}{I_t^n I_{t+1}^n} + \frac{X_t^n}{I_t^{n2}} + \lambda_t = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial X_t^n} = -\frac{X_{t-1}^n}{I_{t-1}^n I_t^n} + 2 \frac{X_t^n}{I_t^{n2}} - \frac{X_{t+1}^n}{I_t^n I_{t+1}^n} + \lambda_t = 0$$

Las condiciones de primer orden para el último trimestre de cada ramo serían:

$$\frac{\partial L}{\partial X_t^n} = 2 \left(\frac{X_t^n}{I_t^n} - \frac{X_{t-1}^n}{I_{t-1}^n} \right)^1 \frac{1}{I_t^n} + 2\lambda_t = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial X_t^n} = \left(\frac{X_t^n}{I_t^n} - \frac{X_{t-1}^n}{I_{t-1}^n} \right)^1 \frac{1}{I_t^n} + \lambda_t = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial X_t^n} = \frac{X_t^n}{I_t^{n2}} - \frac{X_{t-1}^n}{I_t^n I_{t-1}^n} + \lambda_t = 0$$

Las derivadas respecto a la restricción de año por ramo:

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_t} = 2 \left(\sum_{t=1}^4 X_t - A_y \right) = 0$$

$$\sum_{t=1}^4 X_t = A_y$$

Se debe señalar que el PIB nacional se presenta de forma anualizada cada trimestre, de forma que el PIB anual constituye el promedio de los PIB trimestrales. Por ello se procedió a anualizar cada valor obtenido multiplicándolo por cuatro, de forma que se cumpla la siguiente restricción:

$$A_y = \frac{1}{4} \sum_{t=4y-3}^{4y} X_t$$

La estimación de la técnica Denton requiere cumplir con ciertas condiciones de calidad:

1. El valor de los parámetros λ_t debe ser cero.
2. La suma de los datos trimestrales debe ser igual al dato anual.
3. La tasa de crecimiento de los datos trimestrales obtenidos y del indicador debe ser igual.
4. Las razones referencia-indicador deben ser constantes en el tiempo.

Con todo lo anterior en cuenta, este es un ejemplo para un ramo/agrupación específica(o) de un sistema de ecuaciones lineales para dos años derivado de las condiciones de primer grado:

$$\begin{bmatrix}
 \frac{1}{I^{n_1^2}} & -\frac{1}{I^{n_1 \cdot I^{n_2}}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & || & 1 & 0 \\
 -\frac{1}{I^{n_1 \cdot I^{n_2}}} & \frac{2}{I^{n_2^2}} & -\frac{1}{I^{n_2 \cdot I^{n_3}}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & || & 1 & 0 \\
 0 & -\frac{1}{I^{n_2 \cdot I^{n_3}}} & \frac{2}{I^{n_3^2}} & -\frac{1}{I^{n_3 \cdot I^{n_4}}} & 0 & 0 & 0 & 0 & || & 1 & 0 \\
 0 & 0 & -\frac{1}{I^{n_3 \cdot I^{n_4}}} & \frac{2}{I^{n_4^2}} & -\frac{1}{I^{n_4 \cdot I^{n_5}}} & 0 & 0 & 0 & || & 1 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{I^{n_4 \cdot I^{n_5}}} & \frac{2}{I^{n_5^2}} & -\frac{1}{I^{n_5 \cdot I^{n_6}}} & 0 & 0 & || & 0 & 1 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{I^{n_5 \cdot I^{n_6}}} & \frac{2}{I^{n_6^2}} & -\frac{1}{I^{n_6 \cdot I^{n_7}}} & 0 & || & 0 & 1 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{I^{n_6 \cdot I^{n_7}}} & \frac{2}{I^{n_7^2}} & -\frac{1}{I^{n_7 \cdot I^{n_8}}} & || & 0 & 1 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{I^{n_7 \cdot I^{n_8}}} & \frac{1}{I^{n_8^2}} & || & 0 & 1 \\
 \hline
 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & || & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & || & 0 & 0
 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_1^n \\ X_2^n \\ X_3^n \\ X_4^n \\ X_5^n \\ X_6^n \\ X_7^n \\ X_8^n \\ \lambda_1^n \\ \lambda_2^n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ A_1^n \\ A_2^n \end{bmatrix}$$

Este proceso se repitió tantas veces como el número de ramos a estimar y, en este caso, como el análisis es del periodo 2003-2024, el sistema de ecuaciones se adecuó para 22 datos anuales, tomando en cuenta 88 trimestres.

5. Estimación del PIBE trimestral a precios corrientes

La estimación del PIBE trimestral a precios corrientes se realizó aplicando el mismo procedimiento de la sección anterior con la técnica Denton, solo que en lugar de utilizar el ITAEE como indicador se utilizó el ITAEE multiplicado por una estimación del Índice de Precios Implícitos.

a. Estimación del proxy del Índice de Precios Implícitos (IPI).

El índice de precios implícitos no se encuentra calculado de forma trimestral y solo se disponen de datos anuales por ramo. Para realizar una estimación preliminar del IPI, se aplicó la evolución trimestral del INPC nacional por ramo a cada IPI utilizando la técnica Denton simple explicada en la Sección 3.

b. Técnica Denton para el PIB a precios corrientes.

El PIB corriente trimestral se estimó utilizando la técnica Denton de la Sección 3, como indicador relacionado se utilizó el ITAEE multiplicado por el estimador del IPI. Este indicador tiene la ventaja de incorporar los aspectos inflacionarios y representa un mejor estimador que solo el índice de volumen físico.

Es importante recalcar que para todas estas aplicaciones de la técnica Denton (a precios constantes, estimación de un proxy del IPI y a precios corrientes) se aplicaron las pruebas necesarias para confirmar que todas cumplieran las condiciones de calidad mencionadas en la Sección 4.

6. Estimación del Índice de Precios Implícitos trimestral para Quintana Roo

La versión publicada del Índice de Precios Implícitos final para Quintana Roo es obtenida considerando la siguiente ecuación:

$$IPI_t = \left(\frac{PIB_{Precios\ Corrientes}}{PIB_{Precios\ Constantes}} \right) * 100$$

Es importante destacar que la forma en la que se ha estructurado la estimación del PIBE a precios corrientes y constantes permite que el IPI obtenido sea consistente con el publicado, de forma que al promediar los datos trimestrales es posible obtener el dato anual.

7. Estimación del PIBE trimestral de 2025 por extrapolación

La estimación del PIBE trimestral de 2025 presenta una complicación adicional, se dispone de los valores trimestrales del ITAEE hasta el tercer trimestre pero se desconoce el valor del PIBE anual total. Aplicando la misma metodología Denton utilizada por el FMI e INEGI, es posible estimar los valores del PIBE cuando se conoce el dato del ITAEE mediante una extrapolación utilizando información histórica de las razones referencia-indicador (RI).

El FMI plantea en su metodología un escenario donde la razón RI tiene cambios relevantes en el tiempo, mientras que los datos generados por la técnica Denton del PIB constante no exhiben un comportamiento marcado.

Para el caso del PIBE a precios constantes, dada la marcada consistencia de las razones RI, se asumió el último valor disponible (al cierre de 2024) como el valor de los faltantes y se multiplicó por el ITAEE de los trimestres correspondientes del año a extrapolar (en este caso, 2025).

En cuanto al PIBE a precios corrientes, esto se complica un poco; para calcular las razones RI se utilizaron como valores índice los productos del IPI estimado mediante la técnica Denton multiplicados por el valor correspondiente del ITAEE. Ya que la estimación del IPI solo llega hasta el trimestre final del 2024, para calcular los valores faltantes se aplicó la

tasa de inflación $\left(\frac{INPC_{2025}}{INPC_{2024}} - 1\right)$ por ramo del dato al cierre de 2024 con respecto a los cierres de los primeros tres trimestres de 2025. Una vez teniendo los valores faltantes del IPI, se calcularon las razones RI hasta el último trimestre de 2024 dividiendo los valores en millones de pesos corrientes de cada ramo entre los datos del IPI por el ITAEE correspondientes.

A diferencia del caso a precios constantes, en este las razones RI si presentan cierta variabilidad en el tiempo, por lo que asumir el último valor generaría resultados inexactos. Con lo anterior en cuenta, se procedió a calcular las razones faltantes de los primeros tres trimestres de 2025 con un promedio ponderado de los valores del último año disponible. Finalmente, todas las razones calculadas se multiplicaron por el producto del IPI por el ITAEE, generando así los valores faltantes del VAB por ramo en pesos corrientes.

En cuanto a los impuestos netos, la extrapolación se realizó utilizando una media móvil de la tasa impositiva a 12 periodos. Esto se aplicó para ambos casos (precios corrientes y precios constantes).