



La paz con  
legalidad  
es de todos

Agencia de  
Renovación  
del Territorio



PROGRAMAS  
DE DESARROLLO CON  
ENFOQUE TERRITORIAL

## DOCUMENTO METODOLOGICO DE SIMULACIÓN DE EMPLEO

### 1. Introducción

La generación de empleo y la calidad de este son variables de alta relevancia para la población y su desarrollo individual y colectivo. Dada su importancia, desde hace un par de décadas gran parte del mundo ha buscado fomentar mejores condiciones para generar trabajo decente, enmarcado en los propósitos establecidos en la reunión 87 de la Organización Internacional del Trabajo –OIT– (Organización Internacional del Trabajo, 1999). Este evento estableció nuevos parámetros y metas para mejorar las condiciones de los trabajadores en el mundo, donde los gobiernos, como actor principal, deben plantear una agenda que propenda por la creación de condiciones necesarias para lograr trabajos decentes, fomentando la generación de ingresos, el fortalecimiento de la protección, seguridad y diálogo social, creando condiciones que reduzcan el trabajo infantil y la mejora de condiciones para las mujeres a través de una política de género.

En vista de lo anterior, es fundamental medir, monitorear y analizar el estado actual del empleo en los territorios PDET, para que de esta manera sea puedan utilizar insumos que permitan diseñar adecuadamente estrategias y/o intervenciones que favorezcan la generación de ingresos y empleos en los municipios PDET. Para tal fin, se elaboró el documento Empleo en el territorio PDET, 2020, es cual recopila todo un análisis sobre el mercado laboral Nacional, profundizando en cada una de las subregiones PDET.

Con el objetivo de medir el impacto que tiene la inversión en los territorios PDET sobre el mercado laboral, se elaboró una simulación de empleo que permite cuantificar la generación de este a partir de un incremento en las cantidades invertidas. Por ejemplo, según estimaciones obtenidas con el modelo de simulación, se encontró que en el 2020 se generaron 20.082 puestos de trabajo, impulsados principalmente por los proyectos financiados con OCAD Paz.

Este documento metodológico tiene como fin establecer los pasos a seguir para replicar el ejercicio de simulación que se elaboró para cuantificar la cantidad de empleos que se generan a partir de las inversiones que se realizan en los territorios PDET.

### 2. Fuentes de información

Para la elaboración de empleo se requirió contar con la siguiente información:

- Matriz Insumo Producto publicada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)
- Nivel de empleo por sector CIIU (68 clasificaciones) publicado por la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) del DANE.
- Nivel de empleo por sector CIIU (25 clasificaciones) publicado por Cuentas Nacionales del DANE.
- Cifras de exportaciones publicadas por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.



### 3. Diseño metodológico

Con base en la información de la Matriz Insumo Producto (MIP) publicada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), la cual toma la siguiente representación:

	Producción sector 1	Producción sector 2	...	Producción sector $j$	...	Producción sector $n$	Consumo final	Formación bruta de capital	Exportaciones	Total Producción
Producción sector 1	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1j}$	...	$x_{1n}$	$C_1$	$FBC_1$	$E_1$	$X_1$
Producción sector 2	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2j}$	...	$x_{2n}$	$C_2$	$FBC_2$	$E_2$	$X_2$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Producción sector $i$	$x_{i1}$	$x_{i2}$	...	$x_{ij}$	...	$x_{in}$	$C_i$	$FBC_i$	$E_i$	$X_i$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Producción sector $n$	$x_{n1}$	$x_{n2}$	...	$x_{nj}$	...	$x_{nn}$	$C_n$	$FBC_n$	$E_n$	$X_n$
Valor Agregado	$Va_1$	$Va_2$	...	$Va_j$	...	$Va_n$				
Total Producción	$X_1$	$X_2$	...	$X_j$	...	$X_n$				

Donde:

$x_{ij}$ = Ventas que el sector  $i$  ha efectuado al sector  $j$

$E_i$ = Exportaciones del sector  $i$

$C_i$ = Consumo final hecho al sector  $i$

$Va_i$ = Valor agregado del sector  $i$

$FBC_i$ = Formación bruta de capital del sector  $i$

$X_i$ = Producción total del sector  $i$

En primer lugar, se calcula la matriz de requerimientos técnicos, la cual se obtiene relacionando cada  $x_{ij}$  con la producción bruta de  $X_j$  de la siguiente manera:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j}$$

Obteniendo de esta manera la matriz requerimientos técnicos que se denotara con la letra  $A$ :

$$A = \begin{pmatrix} \frac{x_{11}}{X_1} & \dots & \frac{x_{1j}}{X_j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{x_{i1}}{X_1} & \dots & \frac{x_{ij}}{X_j} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1} & \dots & a_{ij} \end{pmatrix}$$



Esta matriz de requerimientos técnicos representa los insumos del sector  $i$  que son necesarios para producir una unidad del producto  $j$ , con lo cual se puede obtener un modelo simplificado de la economía, donde se parte del supuesto de una tecnología constante tanto en la producción de cada sector como en el consumo de cada bien o servicio (Hernández, 2012). A partir de esto se obtiene la siguiente ecuación:

$$X = A * X + Y \quad (1)$$

Donde:

$X$  = Vector de  $n \times 1$  donde  $n$  es el número de sectores de la economía

$A$  = Matriz  $n \times n$  de requerimientos técnicos

$Y$  = Matriz  $n \times m$  de la demanda final, donde cada columna representa Consumo Final, Formación Bruta de Capital y Exportaciones

Resolviendo la ecuación (1) se llega al siguiente resultado:

$$X = (I - A)^{-1}Y$$

Con base en esta ecuación se puede observar que la matriz  $(I - A)^{-1}$  logra mostrar el efecto multiplicador de un incremento exógeno de la demanda final. Por esta razón, a la matriz de requerimientos técnicos calculada anteriormente se le realizan las siguientes operaciones:

1. Construir la matriz identidad del mismo tamaño que la matriz de requerimientos técnicos:

$$\begin{pmatrix} 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

2. A la matriz identidad se debe restar la matriz de coeficientes técnicos:

$$(I - A) = \begin{pmatrix} 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1} & \dots & a_{ij} \end{pmatrix}$$

3. Calcular la matriz inversa con el resultado del punto anterior,  $(I - A)^{-1}$ .

Con esta información, y con el fin de calcular el efecto multiplicador del empleo, siguiendo la metodología propuesta por Miller y Blair (1985), se requiere el cálculo de la matriz "E" donde los coeficientes  $e_{ij}$  representen el empleo requerido al sector  $i$  por cada empleo en el sector  $j$ , para crear el producto final del sector  $j$  (Fuentes & Pino, 2017). Esta matriz, se obtendrá a través de la siguiente ecuación:

$$E = e * X^{-1} * (I - A)^{-1}$$



Donde:

$e$  = Matriz diagonal del vector de empleo

$X$  = Matriz diagonal del vector de producción total

$E$  = Vector de empleo

$A$  = Matriz de coeficientes técnicos

$I$  = Matriz identidad

A partir de esta expresión se puede calcular el número de empleos generados (NE) ante una variación en la demanda final ( $\Delta Y$ )

$$NE = e * X^{-1} * (I - A)^{-1} * \Delta Y$$

Para el cálculo de esta expresión es necesario contar con la información de empleo para cada uno de los 68 sectores de clasificación CIIU que se encuentran en la matriz MIP publicada por el DANE. Por esta razón, se tomó la información de empleo de la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH), la cual se encuentra discriminada para cada sector, sin embargo, este debió ajustarse al nivel de empleo que se encuentra en Cuentas Nacionales el cual solo tiene información discriminada para 25 sectores.

Para realizar el ajuste se debe ponderar de acuerdo con la participación que tiene el sector desagregado sobre el sector total en la GEIH. Por ejemplo, el sector A está compuesto por 5 subsectores, para calcular el empleo ajustado se recurre a la siguiente ecuación

$$e_{Ai} = \frac{e_{GEIH_{Ai}}}{\sum_{j=1}^5 e_{GEIH_{Aj}}} * e_{CuentasNacionales_A}$$

Donde:

$e_{GEIH_{Ai}}$  = Empleo del sector A, subsector  $i$  publicado por la GEIH.

$e_{CuentasNacionales_A}$  = Empleo total del sector A declarado por Cuentas Nacionales.

$\sum_{j=1}^5 e_{GEIH_{Aj}}$  = Sumatoria del empleo total de los cinco sectores publicados por la GEIH.

Una vez se tiene el vector de empleo, se procede a diagonalizar el mismo, con lo cual se obtiene matriz diagonal del vector de empleo:

$$e = \begin{pmatrix} e_{1,1} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & e_{i,j} \end{pmatrix}$$

El siguiente paso es diagonalizar el vector de producción total, con lo cual se obtiene matriz diagonal del vector de producción total:



$$X = \begin{pmatrix} X_{1,1} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & X_{i,j} \end{pmatrix}$$

Con base en las diferentes matrices calculadas se procede a calcular la matriz con los multiplicadores de empleo:

$$E = e * X^{-1} * (I - A)^{-1}$$

$$E = \begin{pmatrix} e_{1,1} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & e_{i,j} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} X_{1,1} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & X_{i,j} \end{pmatrix}^{-1} * \left[ \begin{pmatrix} 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1} & \dots & a_{ij} \end{pmatrix} \right]^{-1}$$

Finalmente, con el fin de calcular la variación en el número de empleos ante un cambio en la demanda final, se debe calcular en primer lugar el número de empleos que tiene el total de la producción sin modificaciones, el cual parte de la operación entre la matriz de multiplicadores del empleo y el nivel de producción obtenido a través de los componentes de la demanda (Consumo final, formación bruta de capital y exportaciones<sup>1</sup>). A continuación, se procede a realizar diferentes cambios en los vectores de demanda final para uno o varios sectores y se multiplica este nuevo vector de producción por la matriz de multiplicadores, obteniendo de esta manera un nuevo nivel de empleo, con el fin de calcular la diferencia entre el escenario inicial y el escenario modificado.

#### 4. Resultados

Dentro de los principales hallazgos que se obtienen con el modelo de simulación de empleo, se destaca que en el 2020 se generaron 20.082 puestos de trabajo, destacándose los proyectos financiados con OCAD Paz, fuente que contribuyó al 48,4% del total de empleos. Lo anterior corresponde al gran volumen de recursos invertidos en proyectos de infraestructura como vías, acueducto, energía y vivienda, sectores que tienen grandes encadenamientos, por lo cual el impacto generado es significativo en la creación de empleos en diversas actividades. Adicionalmente, se estima que aproximadamente 15.214 empleos están presentes en la actual vigencia; es decir, empleos que pertenecen a proyectos que continúan en ejecución en 2021, lo cual corresponde al 75 % de los empleos generados en 2020.

<sup>1</sup> Para la elaboración de este ejercicio solo se incluyen las exportaciones brutas, es decir, que no se toma la información de la matriz insumo producto publicada por el DANE, dado que esta es el saldo entre exportaciones e importaciones. El dato de exportaciones se obtuvo a través de la clasificación de la información de comercio exterior en correspondencia con las 68 clasificaciones de cuentas nacionales.



La paz con  
legalidad  
es de todos

Agencia de  
Renovación  
del Territorio



PROGRAMAS  
DE DESARROLLO CON  
ENFOQUE TERRITORIAL

En las proyecciones hechas para 2021 se observa que es posible que se hayan generado aproximadamente 31.817 empleos, de los cuales el 42,5% responde a la fuente de financiación OCAD Paz; nuevamente contribuyendo de forma significativa entre todas las fuentes que financian los proyectos en los PDET. Adicionalmente, se resalta que para 2021, las inversiones realizadas a través de proyectos de intervención territorial generarían el 21% de los puestos de trabajo, lo que responde a las inversiones realizadas en el sector agropecuario, sector que beneficia principalmente a la población que residen en zonas rurales y que su oficio principal se encuentra estas actividades relacionadas. Así mismo, es de resaltar que, de acuerdo con las estimaciones realizadas, los puestos de trabajo generados con las inversiones en 2021 representarían un incremento del 58% frente a los estimados en 2020.

## 5. Bibliografía

Hernández, G. (2012). Matrices insumo-producto y análisis de multiplicadores: una aplicación a Colombia. *Revista de Economía Institucional*. 14, 26 (jun. 2012).

Pino, O. & Fuentes, S. (2017). Derivación y análisis de los multiplicadores de empleo para la economía nacional 2013-2017. Universidad del Bío-Bío.

Organización Internacional del Trabajo. (1999). Memoria del director general: Trabajo decente. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo Ginebra. Obtenido de <https://www.ilo.org/public/spanish/standards/relm/ilc/ilc87/rep-i.htm>