

Anexo D
Tratamiento Matemático del Modelo Insumo-Producto

ANEXO D: TRATAMIENTO MATEMÁTICO DEL MODELO INSUMO PRODUCTO

El Álgebra del Insumo-Producto

El modelo Insumo-Producto parte de las denominadas “relaciones intersectoriales”. Las relaciones intersectoriales pueden definirse como aquellas que se dan entre diversas ramas de actividad económica a través de la compra de insumos. En términos cuantitativos, estas relaciones se presentan en forma explícita en las transacciones económicas que ocurren entre las diversas ramas de la industria en la compra y venta de insumos. Generalmente, estas transacciones suelen ser ordenadas en una matriz como la que se presenta en forma abstracta en el Cuadro No. D-1.

El modelo de Insumo-Producto es un método de análisis en el que la economía está representada por un conjunto de funciones de producción de tipo macroeconómica convencional, pero de forma lineal, que describe las interrelaciones entre todos los sectores que están siendo considerados. El análisis se refiere al estudio empírico de la interdependencia entre los sectores que están siendo examinados y presenta el producto de cada sector en función de insumos de los otros sectores, así como en función del factor trabajo y el factor capital.

El análisis de Insumo-Producto es otra forma de ver la contabilización de los ingresos nacionales, a la vez que se presta especial atención a la actividad económica intermedia entre los sectores de la economía que lleva a la determinación del valor agregado bruto de la misma.

La suposición decisiva en el análisis de Insumo-Producto es que la producción sectorial es totalmente impulsada por la demanda. Esto supone que existe capacidad de producción excesiva en todos los sectores y que la demanda creciente se puede satisfacer siempre mediante una mayor producción sin incremento de precios. En vista que esta suposición probablemente no sea realista, los modelos de Insumo-Producto resultan más útiles como guías para los efectos potenciales de vinculación inducida, así como indicadores de probables embotellamientos de suministro y de la infraestructura que pueden ocurrir en una economía creciente.

Las funciones de producción subyacentes, que son de forma lineal como se dijo anteriormente, suponen rendimientos constantes a escala y la no-sustitución entre los diferentes insumos. Esto es aceptable, en la medida en que los precios permanecen constantes, por cuanto se espera que la substitución entre factores se vea inducida por los movimientos de precios relativos. No obstante, cuando los precios no son constantes, ello constituye una severa limitación de este modelo de precios fijos (es decir, previamente determinados).

Mediante el análisis de Insumo-Producto, podemos rastrear el impacto en la economía de un cambio en la actividad económica exógena; específicamente, el impacto debido al crecimiento acelerado del turismo residencial en los próximos años. Podemos rastrear el impacto sector por sector de modo que los diseñadores de las políticas públicas y los sectores del ámbito privado puedan evaluar el impacto sobre los sectores constituyentes de la economía, y mostrar los multiplicadores de cambios en los diversos sectores. Además, podemos hacer y responder a preguntas muy particulares, tales como, cuál sería el impacto sobre el PIB y empleo debido a la ampliación del Canal.

El primer paso en la estructuración de un modelo de insumo-producto consiste en desarrollar una matriz de transacciones intersectoriales. Esta matriz analiza la producción de la actividad económica (medida en Dólares de producción) para cada sector económico y el uso de esa producción por cada sector económico. Para fines de conveniencia, una columna indica la producción del sector j y una hilera, el uso del sector i. De hecho, la columna j de un sector dado, constituye su función de producción. Indica la cantidad de Dólares de insumo de cada otro sector económico que se requirió para lograr la producción total en Dólares del sector j. Por ejemplo, cuantos Dólares de la producción del sector i se utilizaron, que cantidad de Dólares se utilizó en mano de obra, así como que cantidad de Dólares en importaciones se utilizó para lograr la producción total en Dólares del sector j. La suma de las partidas ingresadas en las hileras de un sector dado muestran los usos realizados por otros sectores económicos del producto del sector dado. De modo similar al sistema de contabilidad de partida doble, la suma de los usos realizados en un sector dado, debe ser igual a la producción del sector dado (para los sectores productores).

Esquema No. D-1
 Esquema Teórico de la Matriz de Transacciones

	Total Ventas Inter-industria o Demanda Intermedia (ID)		Consumo personal (C)	Inversión Nacional Bruta (I)	Expor- taciones (E)	Compras por el Gobierno de Bienes y Servicios (G)	Pro- ducto total (X)		
	1	. . .	n						
1	x_{11}	. . .	x_{1n}	$\sum_{j=1}^n x_{1j}$	C_1	I_1	E_1	G_1	X_1
2	.		.		C_2	I_2	E_2	G_2	X_2
3
.
.
N	x_{n1}	. . .	x_{nn}	$\sum_{j=1}^n x_{nj}$	C_n	I_n	E_n	G_n	X_n
Total compras intermedias de insumos	$\sum_{i=1}^n x_{i1}$. . .	$\sum_{i=1}^n x_{in}$						
Salarios /Sueldos (L)	L_1	. . .	L_n						
Importaciones (M)	M_1	. . .	M_n						
Alquiler (R)	R_1	. . .	R_n						
Intereses (I)	i_1	. . .	i_n						
Ganancia (P)	P_1	. . .	P_n						
Depreciación (D)	D_1	. . .	D_n						
Impuestos (T)	T_1	. . .	T_n						
Otros (O)	O_1	. . .	O_n						
Total de gastos (X)	X_1	. . .	X_n						

Fuente: Elaborado por Intracorp.

Los usos realizados en un sector (las partidas ingresadas en las hileras en la matriz de transacciones) se desglosan en transacciones intermedias, es decir, otros sectores económicos pueden usar parte del producto de un sector dado como insumo para la producción de sus propios sectores; demanda final, el producto de un sector dado puede ser

usado por la población como consumo personal (C), consumido por el gobierno (G), usado como formación de capital fijo/inversión (I), o exportado al exterior (X). Además, los inventarios pueden ajustarse hacia arriba o abajo para contabilizar la sub-utilización o sobre-utilización de la producción actual (ΔINV). La suma de estos sectores de demanda final (conjuntamente con la resta de cualesquiera importaciones (M)), proporciona la definición de demanda final del PIB, es decir, $PIB = C + I + G + E - M + \Delta INV$. Con frecuencia el ΔINV es subsumido en I.

La producción de un sector (las partidas registradas en las columnas de la matriz de transacciones) se desglosa en transacciones intermedias (un sector económico dado puede usar algo del producto de otros sectores como insumo de lo que vaya a producir), pagos a los factores de producción (salarios pagados a los trabajadores, ganancias corporativas no distribuidas, renta de negocios no incorporados, dividendos impuestos sobre la renta de sociedades, impuestos indirectos sobre la producción, alquileres pagados, intereses pagados y depreciación) e importaciones (M). La suma del valor agregado que se distribuye entre los factores de producción (salarios mediante depreciación, señalado anteriormente) también representa el PIB.

Esta matriz de transacciones se compone, a su vez, de tres sub-matrices: matriz de transacciones entre sectores, también conocida como matriz de la demanda intermedia o consumo intermedio (**ID**); matriz de demanda final (**F**); y la matriz del valor agregado (**VA**). Las letras en negrita indican que se refieren a matrices, de acuerdo a la notación que con frecuencia utilizada en el álgebra de matrices. La matriz de la demanda intermedia aparece en el Esquema No. C-1 como “total de ventas entre industrias”, donde x_{ij} representa los dólares del sector i usado en el sector j , es decir, el flujo de insumos que va desde el sector i hacia el sector j . La demanda intermedia total del sector i es igual a la suma de las compras de insumos que otros sectores adquieren del sector i , incluyendo la porción que el sector i produce y utiliza como su propio insumo ($\sum_{i=1, j=1}^n x_{ij}$). La matriz de

demanda final (**F**) la determinan las columnas: Consumo Personal (**C**), Inversión Bruta (**I**), Exportaciones (**E**); y Compras de Bienes y Servicios por parte del Gobierno (**G**). El valor agregado (**VA**) es la suma de las hileras: Salarios y Sueldos (**L**), Alquiler (**R**), Intereses (**i**), Ganancias (**P**), Depreciación (**D**), Impuestos Indirectos (**T**), y Otros (**O**).

El vector del Producto Interno Bruto (**Y**) se determina mediante la siguiente definición de contabilidad nacional:

$$Y = C + I + G + E - M = L + R + i + P + D + T + O$$

La ecuación refleja que el vector de costo de demanda final (**F**) menos el vector de importaciones (**M**) equivale al vector de valor agregado (**VA**). Así pues, la matriz de transacciones es como la contabilidad de partida doble. La producción total debe equivaler

al uso total y el PIB calculado según el pago a los factores de producción debe equivaler al PIB calculado según demanda final.

La idea básica del modelo es que el monto de insumos del sector i requeridos para la producción del sector j sea proporcional a la producción del sector j . Algebraicamente, esto se expresa como: $\mathbf{x}_{ij} = \mathbf{a}_{ij} \mathbf{X}_j \Leftrightarrow \mathbf{a}_{ij} = \mathbf{x}_{ij} / \mathbf{X}_j$, con el \mathbf{X} representando el vector del Producto, \mathbf{x}_{ij} la matriz de insumos, y \mathbf{a}_{ij} la llamada matriz de coeficientes técnicos. Así, en términos del álgebra lineal la matriz de transacciones se puede expresar del modo siguiente:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \cdot \\ X_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \cdot \\ F_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \cdot \\ X_n \end{bmatrix}$$

Para fines de simplificación, se puede utilizar la siguiente anotación:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}; \mathbf{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \cdot \\ X_n \end{bmatrix}; \mathbf{F} = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \cdot \\ F_n \end{bmatrix}$$

Donde el vector de demanda final es:

$$\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \cdot \\ F_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 & I_1 & G_1 & E_1 \\ C_2 & I_2 & G_2 & E_2 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ C_n & I_n & G_n & E_n \end{bmatrix}$$

Así, la matriz de transacciones se reduce a:

$$\mathbf{AX} + \mathbf{F} = \mathbf{X} \quad (1)$$

Donde, según se señaló anteriormente, la suma de la demanda intermedia (\mathbf{AX}) y la demanda final (\mathbf{F}) equivale al producto total (\mathbf{X}).

El modelo tiene la capacidad para pronosticar en cuánto aumentará el producto como resultado de un incremento en la demanda final. Por lo tanto, la demanda final se considera

exógena, mientras que el insumo y producto son endógenos. Los cambios en la demanda final pueden ser ocasionados por cambios en las exportaciones de bienes y servicios finales (**E**), cambios en las inversiones (**I**) o en el gasto gubernamental (**G**). Un incremento en las exportaciones del sector j , ocasionado por factores positivos en la demanda externa, trae como resultado un incremento en los insumos en los diferentes sectores que son necesarios para producir las exportaciones. Igualmente, los productores de estos rubros están obligados a utilizar insumos de otras industrias o comprarlos en el exterior; por lo que, como resultado de esto, se produce una segunda ronda de demanda de insumos. En la segunda ronda, los productores de insumos están obligados a adquirir insumos de otras industrias o comprarlos en el exterior, lo que trae como resultado aun un tercer ciclo de demanda intermedia. Estos ciclos de demanda intermedia continúan, aunque disminuyendo su fortaleza hasta que el efecto finalmente desaparece por completo. Por lo tanto, el incremento total del producto equivale al incremento en exportaciones por el sector j , más el incremento en insumo ocasionado por todas las rondas de efecto secundario.

El incremento en el producto total de todas las rondas, como resultado del incremento en las exportaciones se obtiene despejando el producto (**X**) en la ecuación (1) del modo siguiente:

$$\mathbf{AX} - \mathbf{X} + \mathbf{F} = \mathbf{0} \quad (2)$$

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A})\mathbf{X} = \mathbf{F} \quad (3)$$

$$\mathbf{X} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{F} \quad (4)$$

Donde **I** es una matriz de identidad cuya diagonal principal la constituyen los “unos” y cuyos otros elementos son los “ceros”. La matriz $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ es una matriz inversa de los coeficientes técnicos, conocida como la matriz inversa Leontief.

Donde

$$\mathbf{I} - \mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} = \begin{bmatrix} 1 - a_{11} & -a_{12} & \dots & -a_{1n} \\ -a_{21} & 1 - a_{22} & \dots & -a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ -a_{n1} & -a_{n2} & \dots & 1 - a_{nn} \end{bmatrix}^{-1}$$

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & \dots & g_{1n} \\ g_{21} & g_{22} & \dots & g_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ g_{n1} & g_{n2} & \dots & g_{nn} \end{bmatrix}$$

Para pronosticar un incremento del producto, dado un incremento en las exportaciones o demanda final, se puede hacer con la ecuación (4) siguiente:

$$\Delta \mathbf{X} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \Delta \mathbf{F} \quad (5)$$

Donde $\Delta \mathbf{X}$ es el cambio en el producto resultante del incremento en las exportaciones o demanda final $\Delta \mathbf{F}$. Para determinar el incremento en el producto total, multiplicamos el vector de demanda final por la matriz $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$. Esta matriz de coeficiente técnico tiene la capacidad para calcular cual es el aumento del producto en todas las rondas, como resultado del incremento de \$1 en la demanda final. Debido a esto, cada elemento de la matriz $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ es un multiplicador del producto.

Para determinar el multiplicador del producto total de un sector en particular, se suma la columna de la matriz $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ correspondiente a ese sector en particular. Por ejemplo, el multiplicador del producto total del sector 1, dado un incremento de \$1 en la demanda final de este sector, se determinaría sumando la primera columna de la matriz $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$: $g_{11} + g_{21} + g_{31} + \dots + g_{n1}$. De igual modo, para el sector 2 sería: $g_{12} + g_{22} + g_{32} + \dots + g_{n2}$.

En aspecto relevante del tratamiento matemático del modelo Insumo-Producto es la que algunos llaman “modelo cerrado” y “modelo abierto”. La diferencia entre el “modelo abierto”, que acabamos de describir, y el “modelo cerrado”, está en la forma en que se especifican las variables de la demanda final. En el modelo abierto, se hace el supuesto de que todas las variables de demanda final son exógenas, mientras que en el modelo cerrado, se supone que una parte de la demanda final es endógena, específicamente, el consumo privado (C) así como las importaciones (M) se suponen que son endógenas. De este modo, cuando hay un incremento en las variables exógenas de demanda final, tales como las exportaciones (E), inversiones (I) o gasto gubernamental (G), también aumentan las variables endógenas, es decir el consumo privado y las importaciones. Así pues, el cambio en el Producto Interno Bruto (Y) no solamente será igual al incremento exógeno en las

exportaciones, según se mostró anteriormente, sino que también se le deberá añadir el incremento en el consumo, a la vez que se le deberá restar el incremento en las importaciones.

De manera intuitiva, el proceso mediante el cual el Producto Interno Bruto cambia en una magnitud que es superior al cambio en las exportaciones, se produce del modo siguiente: digamos que todo se inicia cuando aumentan las exportaciones debido a la ampliación del Canal. Luego el sector de exportaciones requiere una cantidad de insumos de los diferentes sectores que son necesarios para producir los incrementos en su producción a fin de responder al incremento en la demanda externa. Los insumos que no se producen localmente son importados; además se requiere mano de obra, capital, pagar impuestos de producción, ganancias rentables, etc. Simultáneamente, en una segunda ronda, los sectores que producen los insumos también exigen insumos a otras industrias e importan lo que no pueden producir localmente. Ellos también requieren mano de obra, capital, pagar impuestos de producción, ganancias, etc. En una tercera ronda, los que producen insumos para los productores de insumos que están satisfaciendo la demanda de insumos del sector de exportaciones, también requieren insumos, importaciones, contratar mano de obra, capital, obtener una ganancia y pagar impuestos. El proceso va en disminución hasta que finalmente desaparece la demanda de insumos, importaciones, mano de obra, capital, pago de impuestos de producción y ganancias.

No obstante, también cabe señalar que en cada una de las rondas de producción hay una demanda de mano de obra, lo que significa que para cada ronda, los trabajadores recibieron renta correspondiente al salario pagado por su trabajo. Al igual que en un modelo macroeconómico, los trabajadores tienen propensiones marginales hacia el consumo y el ahorro, lo que implica que, para cada ronda de producción, la renta recibida por los trabajadores es consumida y ahorrada de acuerdo con estas propensiones. Los negocios igualmente toman decisiones respecto a lo que deben hacer con sus ingresos, lo que también ocurre durante cada ronda de producción, de acuerdo con sus propensiones marginales hacia el consumo y hacia el ahorro. A medida que aumenta el consumo de productos finales, otras industrias deben producir estos productos finales, por lo que requieren insumos, contratan mano de obra, etc. Los productos finales que no se producen localmente, deben ser importados. De este modo, el consumo aumenta de manera endógena, con base en un incremento inicial de una variable exógena, tal como las exportaciones.

Además en cada una de las rondas, cada productor de bienes produce utilizando otros bienes que son producidos por otros e igualmente importando aquéllos que no se producen localmente. De este modo, las importaciones también aumentan de manera endógena con base en el incremento de una de las variables exógenas.

Se hace evidente que la cadena de efectos que se produce es mucho más larga en el modelo cerrado que en el modelo abierto. El incremento en el Producto Interno Bruto ΔY se basa

en el incremento inicial en las exportaciones ΔE , más el incremento inducido en el consumo ΔC , menos el incremento inducido en las importaciones ΔM ; mientras que en el modelo abierto, el incremento en el Producto Interno Bruto simplemente equivale al incremento en las exportaciones menos el incremento en las importaciones.

Para que el consumo sea endógeno, el vector del consumo se convierte en parte de la matriz de demanda intermedia. De este modo, el vector de demanda final (\mathbf{F}) solamente se determinará mediante las variables exógenas:

$$\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \cdot \\ F_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_1 & G_1 & E_1 \\ I_2 & G_2 & E_2 \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ I_n & G_n & E_n \end{bmatrix}$$

Dado que la matriz ($\mathbf{I}-\mathbf{A}$) debe ser cuadrada de modo que pueda ser matemáticamente invertida, se debe añadir una nueva hilera en el momento de añadir la columna del consumidor. La hilera a añadir serán los salarios, dado que los trabajadores gastan parte de su renta en el consumo de productos finales. Al hacerlo, se supone que la proporción de los salarios que los trabajadores gastan en el consumo de productos finales es muy alta y que, por lo tanto, ahorran muy poco.

Por lo tanto, la matriz $(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}$, al añadirsele la hilera de los salarios y la columna del consumo final privado, proporcionará un cálculo del incremento total en salarios en todas las rondas, con base en el incremento de \$1 en las exportaciones. Por ejemplo, el multiplicador total de producto en el sector 1, dado un incremento de \$1 en la demanda final de este sector, al igual que anteriormente, sería la suma de la primera columna de la matriz $(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}$: $g_{11} + g_{21} + g_{31} + \dots + g_{n1}$, no obstante, en vista de que ahora n se refiere a la hilera de salarios y la columna de consumo que fueron sumadas, entonces g_{n1} representa este incremento, o multiplicador, de los salarios de los trabajadores (L) debido al impacto en todas las rondas basado en el incremento de \$1 de exportaciones en el sector 1. Además, esto también representará el aumento en el consumo (ΔC).

Las importaciones generadas en todas las rondas (ΔM) son el resultado de la suma siguiente:

$$\Delta M = (M_1 / X_1)g_{11} + (M_2 / X_2)g_{21} + (M_3 / X_3)g_{31} + \dots + (M_n / X_n)g_{n1}$$

que representan las importaciones requeridas por unidad de producción (coeficiente técnico de importación consumible en el sector respectivo) multiplicado por el incremento en

producción del sector respectivo, dado el incremento de \$1 en las exportaciones del sector 1.

Así pues, el multiplicador GDP, dado el incremento de \$1 en las exportaciones (o cualquier otra variable exógena), se expresará como: $\Delta Y = 1 + \Delta C - \Delta M$.

Otros multiplicadores, tales como ganancias (P) e impuestos indirectos (T), también pueden deducirse de manera similar a la que se determinó el multiplicador de importaciones.

Esto nos da: $\Delta P = (P_1 / X_1)g_{11} + (P_2 / X_2)g_{21} + (P_3 / X_3)g_{31} + \dots + (P_n / X_n)g_{n1}$

y $\Delta T = (T_1 / X_1)g_{11} + (T_2 / X_2)g_{21} + (T_3 / X_3)g_{31} + \dots + (T_n / X_n)g_{n1}$

para ganancias e impuestos indirectos, respectivamente. También resulta posible determinar la cantidad de empleo generado, si se conoce la tasa de salario.

Cuantificación de la Matriz de Coeficiente Técnicos

Los valores de la matriz de coeficientes técnicos utilizada en el presente estudio se presenta en el Anexo E. Dicha matriz se construyó a partir de la matriz de coeficientes técnicos del “Estudio del Impacto Económico del Canal en el Ámbito Nacional” (Intracorp, 2006). En ese estudio, para cuantificar dicha matriz de coeficientes técnicos (A) se recurrió a la estructura del valor bruto de la producción del año 2001, publicada en el Censo Económico de ese año y también al Censo Agropecuario del mismo año, ambos realizados por la Contraloría General de la República de Panamá. Esas informaciones censales aparecen publicadas en la página Web de dicha organización del gobierno. También, se utilizó el Censo de Población y Vivienda de 2000, así como la Encuesta Anual de Hogares, publicada por esta misma organización del gobierno.

El Censo Económico recopila información del consumo intermedio, ingresos, remuneraciones e impuestos, la cual nos ha servido para determinar la estructura del valor bruto de la producción. Además de estas categorías, también recopila información sobre la ocupación, los activos fijos y el balance general de las empresas. Toda esta información es publicada por la Contraloría General de la República en términos agregados, es decir los agregados de las empresas, de modo que no es posible saber acerca de una empresa en particular, lo cual se debe al cumplimiento de las normas referentes a la confidencialidad de la información individual que le suministran las empresas a la Contraloría General de la República de Panamá. Los coeficientes técnicos del sector agropecuario se construyeron con información del Censo Agropecuario y estructuras de costos de producción por rubros elaboradas por el Ministerio de Desarrollo Agropecuario. La población ocupada en las distintas ramas de actividad y los correspondientes coeficientes empleo-producto se obtuvieron con información del Censo de Población y Vivienda del año 2000 y de la Encuesta de Hogares del año 2004. La información sobre exportaciones según rama de actividad económica se obtuvo de cifras de Comercio Exterior y Cuentas Nacionales del año 2004, las cuales elabora la Contraloría General de la República.

La única diferencia entre la matriz de coeficientes técnicos actual con la que se construyó en aquel entonces es la desagregación actual en tres regiones: Provincia de Panamá, Provincia de Colón y “Resto de la República”. No obstante, los coeficientes que se emplearon en estas tres regiones fueron los mismos ya que no fue empíricamente posible encontrar diferencias tecnológicas sustanciales entre una misma rama de actividad de regiones distintas.

Así tenemos que para las actividades del Conglomerado Marítimo que están en la Provincia de Colón se supusieron los mismos coeficientes técnicos que se utilizaron para la Provincia de Panamá. La razón de este supuesto es muy sencilla, por ejemplo, el Canal atraviesa el Istmo y la Esclusa de Gatún opera con una tecnología igual que las esclusas de Pedro Miguel y Miraflores; en ambas, los mismos tipos de remolcadores arrastran a los buques, igualmente los mismos tipos de locomotoras; el sistema hidráulico es el mismo; los procesos para pasar un barco por las esclusas son los mismos.

El ferrocarril también atraviesa el Istmo de modo que tampoco se justifican diferencias tecnológicas entre el Atlántico y el Pacífico. Simplemente, el tren se mueve de Panamá a Colón y viceversa sobre la misma infraestructura y el mismo proceso.

La Zona Libre de Colón no presentó mayores problemas, pues ella solamente está ubicada en la Provincia de Colón. El astillero tampoco presentó ningún problema, pues solamente existe uno en la entrada del Pacífico del Canal.

No obstante, se encontró una ligera diferencia tecnológica para el caso de los puertos; en el Pacífico las grúas operan con electricidad sobre rieles, mientras que en el Atlántico (específicamente en Manzanillo Internacional Terminal) algunas de ellas operan con diesel. A pesar de que se identificó esa ligera diferencia tecnológica, no se pudo construir una función de producción con sus coeficientes técnicos para cada puerto debido a que la Contraloría no presenta esta información en forma desagregada debido a aspectos de confidencialidad. Debido a esto se hizo el supuesto de que la tecnología de los puertos es la misma tanto en el Atlántico como en el Pacífico.

No se identificó ninguna diferencia sustancial entre la tecnología de la infraestructura que se utiliza para servir combustible a los barcos en el Pacífico y la que se utiliza en el Atlántico.

Las sucursales bancarias que operan en la Provincia de Colón y el “Resto de la República” reciben sus instrucciones de sus casas matrices ubicadas en la Provincia de Panamá. Se observó que en Colón y el “Resto de la República” éstas utilizan las mismas infraestructuras y procesos que en Panamá, de modo que no fue posible justificar diferencias tecnológicas. En vista de esto se utilizaron los mismos coeficientes técnicos para ambas provincias. Lo mismo ocurrió con los seguros.

En cuanto a las telecomunicaciones, se identificó que el mayor prestador de servicios de telefonía fija e Internet ADSL en toda la geografía nacional es el mismo (Cable & Wireless Panamá). La infraestructura que se utiliza y los procesos es la misma a nivel nacional. Se llegó a la conclusión que en el futuro la tecnología de telecomunicaciones sólo podría llegar a diferir entre regiones geográficas si los competidores tendían a penetrar desproporcionadamente los mercados. Dado que esto último es bastante improbable, se hizo el supuesto de que la tecnología de telecomunicaciones es la misma para todas las regiones. En cuanto a la telefonía celular se observó que lo únicos dos competidores tienen casi la misma participación de mercado en toda la geografía nacional, de modo que no se pudo argumentar que debido a la mayor participación de algunos de estos competidores en algunas regiones hubiesen diferencias tecnológicas importantes a nivel geográfico.

Hallazgos similares se siguieron encontrando cuando se trató de identificar diferencias tecnológicas en la generación de energía eléctrica. No obstante, se encontró una provincia que genera casi toda su energía eléctrica con base en plantas hidroeléctricas y prácticamente nada de plantas térmicas; esta fue la Provincia de Chiriquí. Sin embargo, cuando esta provincia es agregada en el “Resto de la República”, el resultado es una mezcla de tecnologías de generación hidroeléctricas y térmicas similares a las que prevalecen en la Provincia de Panamá.

En el caso del transporte se encontró que la infraestructura es la misma; los equipos de transporte son importados y hay de las mismas clases por todas las provincias.

Por otra parte, dado que el objeto de la construcción de la matriz de coeficientes técnicos es usarla para proyectar el futuro, ésta contiene un importante supuesto acerca del cambio tecnológico. El supuesto se hizo tomando en cuenta tan solo las empresas más eficientes del Censo Económico. El criterio de la eficiencia fue establecido con base al cociente valor bruto de la producción-costos de producción; sólo fueron consideradas aquellas empresas de una rama de actividad económica que obtuvieron la mayor relación. Lo que esto significa es que la matriz de coeficientes técnicos se construyó con base en los datos de las empresas más eficientes según ese criterio que se estableció. Todo eso se hizo cuando se construyó dicha matriz en el citado “Estudio del Impacto Económico del Canal en el Ámbito Nacional” (Intracorp, 2006). En cuanto a los supuestos acerca de la forma en que el cambio tecnológico afecta la ocupación, éstos se hicieron en la forma en que se precisa en la sección 2.4.2 del presente estudio del impacto de la ampliación del Canal sobre las migraciones.

En el Anexo E se presenta la matriz de coeficientes técnicos que resultó de la aplicación de todos estos supuestos.

Construcción de la Matriz de Transacciones Intersectoriales del Año 2004

Para la construcción de la matriz de transacciones intersectoriales del año 2004, se ha supuesto que los coeficientes técnicos del “Estudio del Impacto Económico del Canal en el Ámbito Nacional” (Intracorp, 2006), desagregada por regiones (Provincia de Panamá, Provincia de Colón y “Resto de la República”), tal como fue explicado en la sección anterior. Específicamente, la demanda final exógena (exportaciones e inversión privada) del año 2004 de cada rama de actividad económica se multiplicó por la matriz de coeficientes técnicos, para así obtener los valores de los insumos correspondientes a los componentes de consumo intermedio, así como el consumo final privado, el consumo final público e inversión pública y valor agregado bruto (remuneraciones de los asalariados, excedente de explotación, depreciación e impuestos indirectos netos). Los valores de esta matriz de transacciones se presentan en el Anexo F.

Procedimiento Matemático de Proyección Mediante el Modelo Insumo-Producto

Una vez que se ha construido la matriz de coeficientes técnicos, si se desea que ésta sirva para realizar proyecciones es necesario “invertirla”. La ecuación $\mathbf{X} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{F}$, presentada al inicio de este Anexo nos dice que para encontrar el valor de la producción de las ramas de actividad económica, o sea el vector \mathbf{X} , se debe multiplicar $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ por \mathbf{F} , siendo \mathbf{F} el vector de la demanda final de cada rama de actividad y $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ la inversa de la matriz $(\mathbf{I} - \mathbf{A})$, donde \mathbf{I} es una matriz unitaria y \mathbf{A} es la matriz de coeficientes técnicos.

Si se supone que los coeficientes técnicos de producción no cambian a través del tiempo, entonces la matriz $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ será la misma año tras año. Entonces, la producción, o sea \mathbf{X} , cambia año tras año debido a que la demanda final, o sea \mathbf{F} , cambia de año en año. En esa demanda final se incluye el *shock* positivo provocado por la ampliación del Canal. La matriz $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ tiene un significado distinto de la matriz \mathbf{A} , pues ésta última representa a la tecnología, es decir los coeficientes de producción, pero $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ representa los multiplicadores de la producción porque como puede observarse en la ecuación $\mathbf{X} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{F}$ esa matriz está multiplicando a la demanda final para obtener la producción.

Las proyecciones se hicieron para el periodo de 2004-2025. Los valores de la proyección de la demanda final exógena, valor bruto de la producción, valor agregado bruto y ocupación se presentan en los anexos G, H, I y J respectivamente.