

# Impacto del cambio tecnológico en la demanda de empleo (caso sector manufacturero mexicano 1994-2008)

Mario Marroquín Castillo ■ ■ ■

## Resumen

\*El propósito de este trabajo es determinar en qué grado y en qué dirección el cambio tecnológico que se implementó en el sector industrial manufacturero mexicano, en el período 1994 a 2008, ha contribuido al crecimiento del nivel de empleo en éste país. El autor utiliza un enfoque basado en el principio de complementariedad de C. Marx y la función de producción de W. Leontief; su modelo y la evidencia empírica (excluye la maquila de exportación) demuestran la presencia de “destrucción creativa de empleo” en el sector que se estudia. El hallazgo establece la necesidad de revisar la estrategia industrial del país, al mismo tiempo de conscientizar a la sociedad respecto al fenómeno que se presenta.

## Palabras clave

Producción; Carlos Marx y Leontief; Demanda de Empleo; Estudios industriales: manufactura general; cambio tecnológico: alternativas y consecuencias.

## Abstract

The purpose of this work is to determine the impact (magnitude and direction order) which the implemented technological change in the mexican manufacturing industrial sector, during the period 1994 to 2008, has contributed to employment level growth in this country. The author uses an approach based on C. Marx complementarity's principle and the W. Leontief type production function, his model and the empirical evidence (excluded exportation assembly works) demonstrate the presence of “creative destruction of employment” in the studied sector. Shortly, the findings reveal the necessity to review the industry strategy of this country, at the same time to raise social consciousness respect the present phenomena.

## Key words

Production; Marx and Leontief; Labor Demand; Industry Studies: Manufacturing General; Technological Change Choices and Consequences.

Clasificación JEL: D24; E11; J23; L60, O33

## I Introducción general

1.1 El presente trabajo es una versión reducida del documento original elaborado por el autor en el año 2009.<sup>1</sup> El interés en el tema esta motivado por el acelerado avance científico y tecnológico, y la escasez de demanda de empleos que privan en la actualidad.

Considérese el comportamiento del empleo manufacturero y la producción de exportación en China (1990-2002),<sup>2</sup> el cual muestra un fuerte crecimiento de la

<sup>1</sup> Mario Marroquín Castillo, “Impacto del cambio tecnológico en la demanda de empleo”, tesis de maestría, UNAM-FES-Acatlán-2009.

<sup>2</sup> La gráfica correspondiente se puede consultar en la tesis del autor que antes se menciona.

Ingeniero Mecánico y Electricista (Facultad de Ingeniería, UNAM) y Maestro en Economía (UNAM, FES-Acatlán) ■ ■ ■  
e-mail: “mmc2629@prodigy.net.mx”

\*Este artículo fue presentado en el tercer seminario de Economía Heterodoxa.





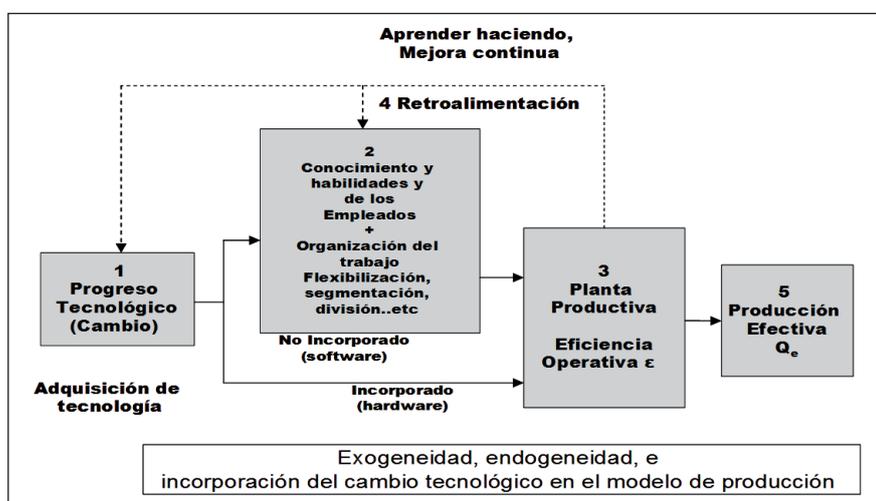


### 2.1.1 Cambio tecnológico incorporado

El que se incorpora con la sustitución de maquinaria, equipo o proceso de producción; generalmente implica mayor volumen y velocidad de producción y un menor empleo de insumos (ejemplo: ahorro laboral, como horas-hombre, h-h).

### 2.1.2 Cambio tecnológico no incorporado (software)

Figura I



Fuente: elaboración propia.

Los cambios en la tecnología organizacional de la producción y las habilidades de los trabajadores son un ejemplo de la tecnología que no está incorporada físicamente en el aparato productivo (Clark, 1980), corresponden a un elemento que debe incorporarse por los actores del trabajo en el momento mismo de la realización de la producción; en otras palabras, son los procesos culturales y de aprendizaje del trabajo operacional y, por tanto, algo que está cambiando constantemente y que se manifiesta como un resultado en la eficiencia de funcionamiento del aparato productivo, esto es, la productividad efectiva “Ae” del proceso (ver Figura, I), en este sentido, la tecnología no incorporada es propiamente la tecnología operacional.

La productividad efectiva “Ae” es el elemento que permite observar y analizar el comportamiento de los cambios tecnológicos en la producción y el empleo, tal variable envuelve la acción conjunta de ambos cambios técnicos (incorporado y no incorporado) como un resultado observable y cuantificable que al mismo tiempo es un indicador de la eficiencia del proceso (ver figuras I y 5).



**Cuadro I**  
**Productividad laboral en la industria del algodón**

Horas de trabajo necesarias para procesar una cierta cantidad de algodón

Técnica	HH para procesar 1000 libras	Productividad del trabajo libras/hh
Hilandero manual	50 000	0.002
Maquina Crompton (1780)	2 000	0.05
Máquina 100-Husos (1790)	1 000	0.10
Máquina movida por energía (1795)	300	0.333
Máquina automática Roberts (1825)	135	0.7407
Máquinas alta eficiencia (1990)	40 (una semana laboral)	2,5

Fuente: modificación propia de Jenkins (1994), tomado de UNAM-IIIEC, Joost Heijs, 2008, Seminario III de economía del trabajo.

### 2.2.1 La productividad, una fuente de crecimiento

La medida más común de productividad es la producción por hora-trabajo (hora-hombre, hh), esto es, la relación del producto obtenido al número de horas hombre utilizado en un periodo de tiempo dado. El parámetro así determinado se considera un índice que permite determinar el valor de crecimiento del producto, empleando la siguiente relación. Schiller (2006)<sup>4</sup>:

$$g_q = l + r_{pty} \tag{1}$$

Donde: ( $g_q$ ) es la tasa de crecimiento de producto total; ( $l$ ) es la tasa de crecimiento de la fuerza de trabajo; ( $r_{pty}$ ) es la tasa de crecimiento de la productividad laboral.

### 2.2.2 Estableciendo el modelo teórico

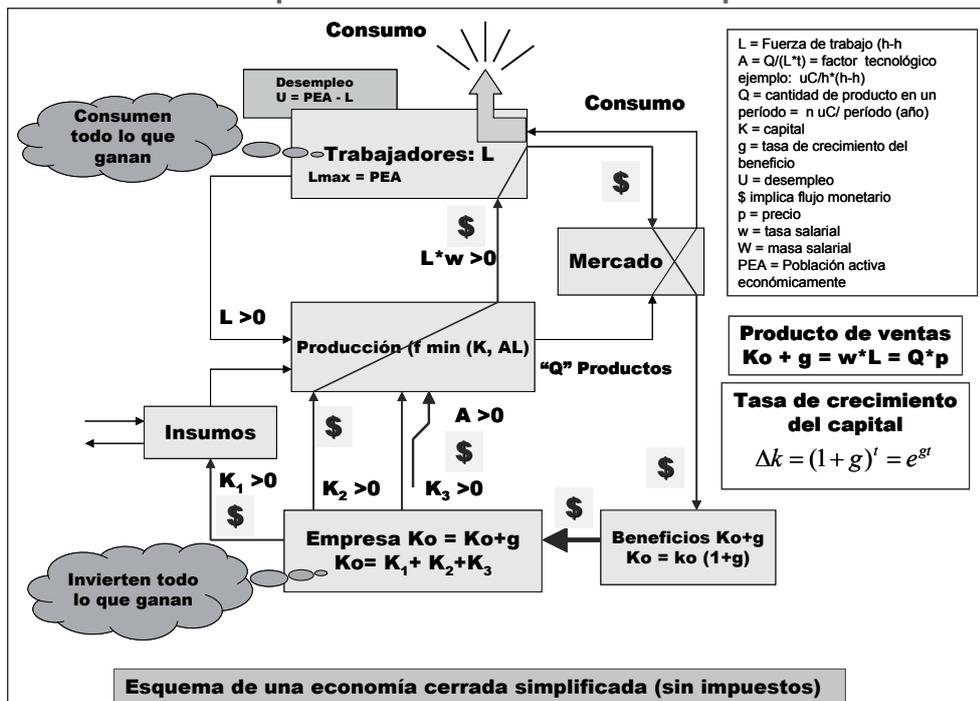
Para facilitar el proceso, consideremos la gráfica de la figura 2 que esquematiza los principales elementos que conforman un sistema económico simple.

Siguiendo a Sala-i-Martin (2000),<sup>5</sup> la función de producción se modela conforme los coeficientes fijos de Leontief, otro antecedente de esta función es el principio de complementariedad de Marx.

<sup>4</sup> Si bien, habrá que reconocer que la fórmula no es sino una aproximación (error del orden del 3 a 6%), la formula completa es la siguiente:  $g_q = l + r_{pty} + l * r_{pty}$

<sup>5</sup> Sala-i-Martin (2000), "Apuntes de crecimiento económico" p. 71, allí el autor establece que la función de coeficientes fijos de Leontief satisface el principio del acelerador, y que está más próxima al espíritu del modelo de Harrod y Domar.

Figura 2  
Esquematisando una economía simple



Fuente: elaboración propia.

Harrod y Domar apoyados en la teoría keynesiana intentaron incursionar en la búsqueda de una explicación al crecimiento económico y del desempleo a largo plazo, su modelo basado en la función de producción de Leontief predice la aparición de eventos indeseables en la economía en la forma de perpetuos incrementos de desempleo de trabajadores o máquinas (capital); la forma de la función de producción es la siguiente:<sup>6</sup>

$$Y = F(L, K) = \min(AL, BK)$$

en donde dependiendo del elemento de dominio (de estudio, supuesto de escasez o de interés) la demanda toma las formas:

$$Y = AL$$

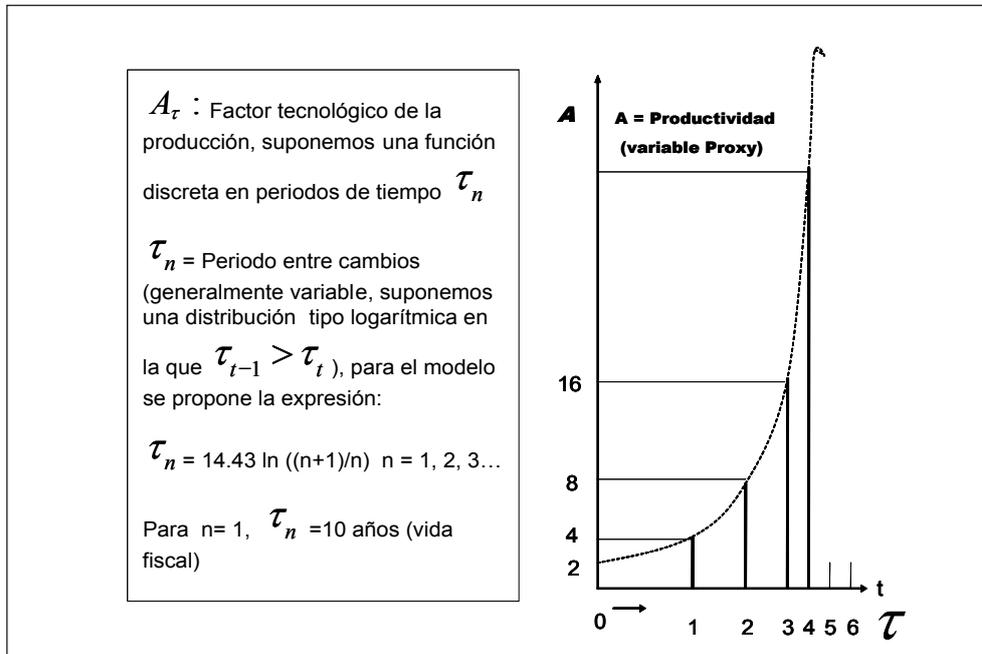
$$Y = BK$$

Dado que el interés de la investigación se centra en la demanda de empleo de trabajo, en lo sucesivo se hace referencia a la primera forma, expresando el factor tecnológico con la literal A, esto es:  $Y = AL$ .

<sup>6</sup> Barro y Sala-i-Martin (2004), *Economic Growth*, p. 71.

2.2.2.1 El modelo

Figura 3  
Ejemplo trayectoria de valor “A” en función del tiempo



Fuente: elaboración propia.

Cambio del factor tecnológico

Se supone que el comportamiento de crecimiento del factor tecnológico  $A_\tau$  sigue un patrón similar al mostrado en la figura 3<sup>7</sup> (aproximadamente del tipo exponencial):

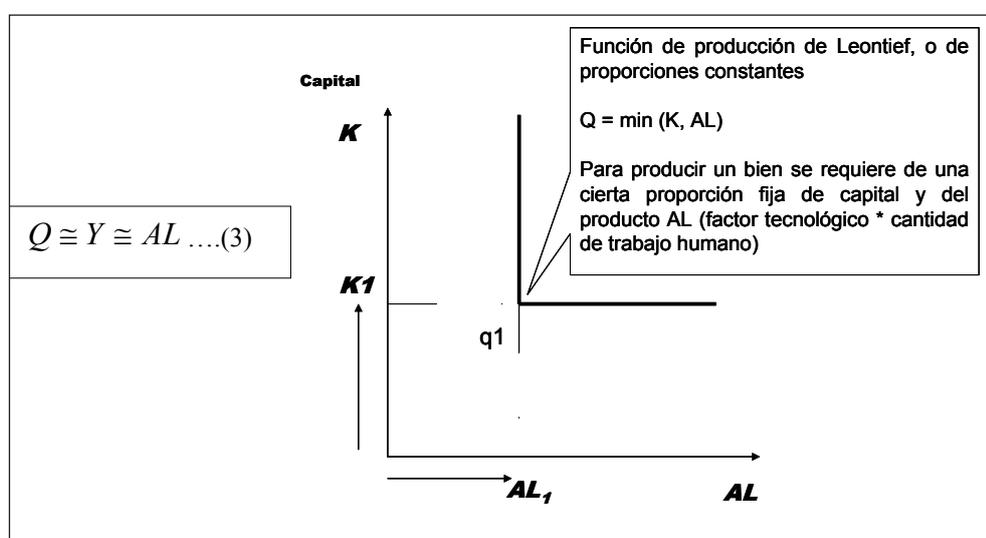
$$A_\tau = A_0(1 + r)^\tau = A_0(e)^{r\tau} \dots\dots\dots (2)$$

Donde:  $A_\tau$  = Valor del Factor tecnología en el tiempo discreto  $\tau$  Variable representada en unidades de producción / tiempo \* Horas hombre requeridas, se supone que su variable Proxy es la productividad laboral, la cuál tiene las mismas unidades;  $A_0$  = Factor tecnológico para  $t = 0$ , y que permanece constante para un periodo de tiempo dado  $\tau_1$ .

<sup>7</sup> Aquí se hace uso de abstracción y simplificación del proceso suponiendo una tasa constante; en la realidad dicha tasa es variable (con tendencia indefinida inclusive). Tal hecho debe ser tomado en cuenta en aplicaciones del modelo.

Función de producción adoptada

Figura 4



Fuente: elaboración propia.

Conforme la función de producción tipo Leontief de la figura 4, el producto está determinado por la demanda de trabajo (elemento escaso supuesto) ver ecuación 3:

Donde: Q = Producción efectiva, más precisamente, unidades de consumo producidas, por ejemplo número de vehículos o unidades terminadas en un periodo t de tiempo dado; A = Factor de tecnología, dado en unidades físicas que pueden ser producidas por unidad de tiempo y por unidad de mano de obra utilizada; L = Fuerza de trabajo utilizada en h-h en el periodo de tiempo que se considere.

Al introducir el cambio tecnológico variable, donde A varía siguiendo una trayectoria como la mostrada en la figura 3; la ecuación se debe modificar con el nuevo valor de A por ejemplo A<sub>1</sub>, entonces para igualar la producción L debe variar inversamente (por ejemplo la proporción AL en la producción de un bien), esto es:

$$Q = A_\tau * L_\tau = A_0(1+r)^\tau \frac{L_0}{(1+r)^\tau} \quad (4)$$

La expresión implica que si Q permanece constante L varía en forma inversamente proporcional al nuevo valor de A, entonces el empleo L queda determinado por:

$$L_\tau = \frac{L_0}{(1+r)^\tau} \quad L_\tau \rightarrow 0 \text{ si } \tau \rightarrow \infty, \text{ y } r > 0 \quad (5)$$

Donde:  $L_\tau$  = Mano de obra requerida después de un proceso de cambio tecnológico que crece a la tasa r, la cual se hace efectiva en la secuencia discreta de tiempo  $\tau$ , y Q permanece constante.

Se asume que en forma generalizada  $\tau$  se transforma en una variable aproximadamente continua en el tiempo (t); en la ecuación (5), si Q permanece constante (su tasa de crecimiento es cero), L queda determinada:

$$\text{Donde: } r_A = (A_t / A_{t-1}) - 1^8 \quad L_t = \frac{L_{t-1}}{(1+r_{A_t})^t} = \frac{L_0}{(1+r_{A_t})^t} \quad (5')$$

### 2.2.2.2 El caso general, en que todas las variables cambian

Conforme expuesto:

$$Q_{t-1} = A_{t-1} * L_{t-1}; \text{ y también, } \dots \quad Q_t = A_t * L_t \quad (4')$$

Considerando que:

$$\begin{array}{l} A \text{ crece en la proporción } (1+r_A)^t, \quad A_t = A_{t-1} * (1+r_A)^t \\ L \text{ crece en la proporción } (1+r_L)^t, \quad L_t = L_{t-1} * (1+r_L)^t \\ Q \text{ crece en la proporción } (1+g)^t, \quad Q_t = Q_{t-1} * (1+g)^t \end{array}$$

Entonces:

$$Q_t = Q_{t-1} * (1+g)^t = A_t * L_{t-1} * \left[ \frac{(1+g)^t}{(1+r_A)^t} \right] \quad (8)$$

<sup>8</sup> Por simplificación aquí  $r_{At}$  se considera constante, en la realidad es una tasa variable.

Ya que:  $A_t = A_{t-1} * (1 + r_A)^t$ , entonces:  $A_{t-1} = A_t / (1 + r_A)^t$   
 En las expresiones anteriores,  $r_A$ ,  $g$ , y  $r_l$  son las tasas de crecimiento del factor de tecnológico, de la producción y de la utilización de empleo respectivamente.

Donde se cumple:

$$(1 + g)^t = (1 + r_A)^t * (1 + r_l)^t \dots(9) \quad g = r_A + r_l + (r_A * r_l) \dots(10)$$

Puesto que:  $Q_t = A_t * L_t$ , y que en (8)  $L_t$ , toma el valor  $L_{t-1} * \left[ \frac{(1 + g)^t}{(1 + r_A)^t} \right]$ , entonces:

$$L_t = L_{t-1} * \frac{(1 + g_t)^t}{(1 + r_{A_t})^t} = L_{t-1} * e^{(g - r_A)t} \quad (11)$$

Que es la expresión que resuelve nuestro problema. Esta expresión se denominará en lo sucesivo “ecuación del empleo tecnológico”. Establece que L varía en proporción directa al crecimiento de la producción e inversamente al crecimiento de crecimiento del factor tecnológico (cuya Proxy es la productividad del trabajo

En la ecuación (11):  $g_t = (Q_t / Q_{t-1}) - 1$ , y  $r_{A_t} = (Pty_t / Pty_{t-1}) - 1$

### 2.2.2.3 Como representar al factor tecnológico “A”

Analizadas las diferentes alternativas (entre ellas la productividad total de los factores) se ha optado por aplicar el concepto más simple de productividad: el de productividad del trabajo, el cual es congruente con el concepto de factor tecnológico y con la función de producción adoptada. Esto significa que en el análisis de los datos empíricos en este estudio se calcularán los valores de la productividad como:  $L Pty_t = Q_t / L_t$ , para el período t considerado. Por otra parte, la función de producción adoptada facilita en extremo las cosas, pues separa el componente de capital y retiene las variables que interesa estudiar.

**2.2.2.4 Balance de factores de crecimiento y su efecto en el crecimiento de la demanda de trabajo “L<sub>t</sub>”**

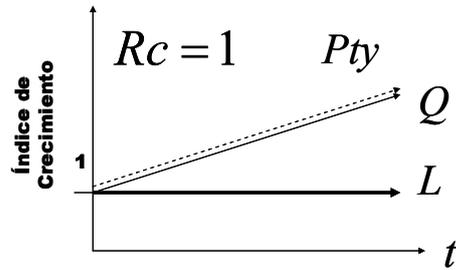
Se introduce el factor (R<sub>c</sub>) en la ecuación 11 para sintetizar la relación de crecimientos de producción y cambio tecnológico, la expresión resultante es la ecuación 11'. El factor R<sub>c</sub> define el comportamiento de L, dependiendo de los valores que tome R<sub>c</sub>; se distinguen 3 casos que corresponden a los esquemas básicos (a, b y c) que a continuación se muestran:

$$L_t = L_{t-1} \frac{(1 + g_t)^t}{(1 + r_{At})^t} = L_{t-1} * R \quad (11, 11') \quad R_t = \frac{(1 + g_t)^t}{(1 + r_{At})^t} \quad (12)$$

Caso a)

$$(1 + g_t)^t = (1 + r_{At})^t ; R_c = 1$$

La demanda de empleo “L<sub>t</sub>” permanece constante; los crecimientos de la producción y del factor de tecnología son iguales.

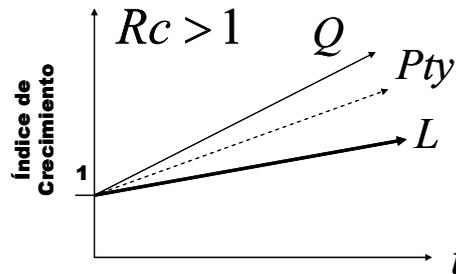


Empleo tecnológico, caso a), empleo estancado

Caso b)

$$(1 + g_t)^t > (1 + r_{At})^t ; R_c > 1$$

La demanda de empleo “L<sub>t</sub>” crece en relación directa con R<sub>c</sub> que es mayor a 1, el crecimiento de la producción es mayor que el crecimiento del factor de tecnología.



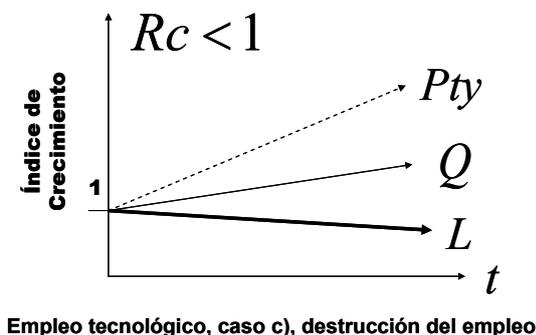
Empleo tecnológico, caso b), empleo crece

Caso c)

$$(1 + g_t)^t < (1 + r_{At})^t ; R_c < 1$$

La demanda de empleo “ $L_t$ ” disminuye en relación directa con  $R_c$ , en este caso es menor a 1, el crecimiento del factor de tecnología (productividad laboral) es mayor al crecimiento de la producción.

Corresponde al fenómeno denominado “destrucción creativa del empleo”, que da lugar también al término desempleo tecnológico, cuando se observa el efecto desde la perspectiva del desempleo.



### 2.2.3 Organización del trabajo y eficiencia operacional

La organización de la producción es un elemento fundamental para los resultados de la empresa. El planteamiento es el siguiente:

- El valor de referencia de la productividad esta dado por el factor tecnológico de diseño del aparato productivo, el cual determina el valor máximo de productividad que puede obtenerse de una planta; se denomina productividad nominal, o frontera de producción.
- Tal productividad nominal puede verse disminuida como consecuencia de fallas en la operación y en la administración, afectando a la eficiencia operativa de la planta.

De lo anterior, el cambio tecnológico establece una nueva referencia para la productividad nominal potencial, mientras que las mejoras en la organización y administración del trabajo representan el mecanismo que permiten acercarse (eficiencia) en forma efectiva a esa capacidad nominal (tecnología operacional).

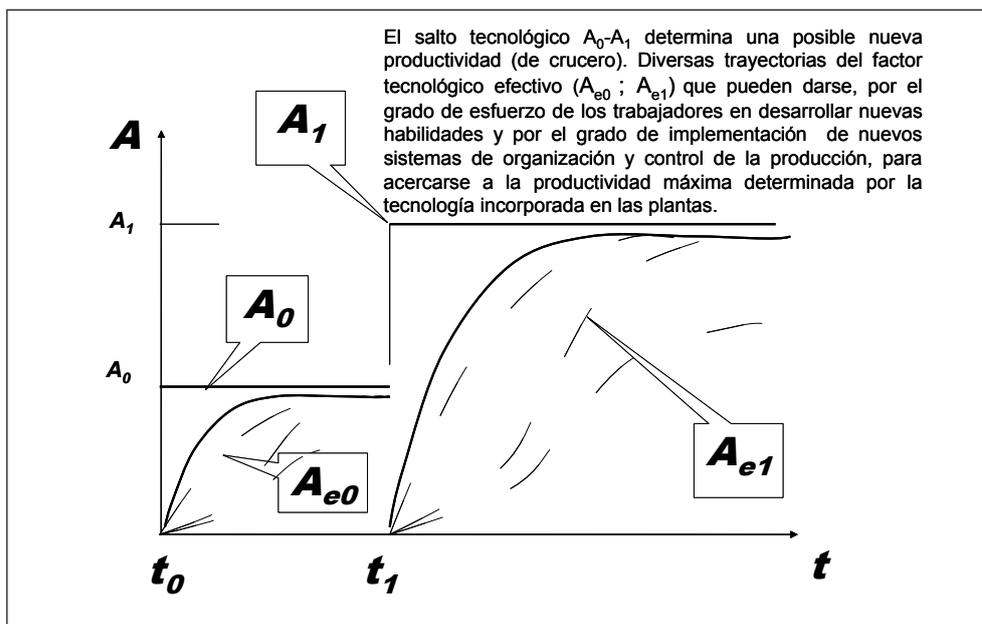
El factor de eficiencia operativa descrito se incluye en el modelo como sigue:

$$Q = Y = \varepsilon AL = \varepsilon A_o L \quad \begin{array}{l} \varepsilon = \text{Factor de eficiencia } (0 < \varepsilon < 1) \\ A_e = \text{Productividad laboral efectiva} \end{array}$$

$$\varepsilon A = A_e \quad \text{Entonces:} \quad \dots(13)$$

$$Q = Y = A_e L$$

Figura 5



Fuente: elaboración propia.

La productividad laboral efectiva “ $A_e$ ” involucra a ambos factores, esto es, el factor tecnológico de la planta y el factor de eficiencia de operación de la planta  $\epsilon$ . El concepto se muestra por las trayectorias  $A$  y  $A_e$  en la figura 5.

### 2.3 Conclusiones

- Al considerar el efecto combinado de crecimiento de la producción y el crecimiento del factor tecnológico se llega a una ecuación completa, la cual establece que el efecto de esas variables en la demanda de trabajo depende de la relación que se da entre el crecimiento del producto y el crecimiento de la productividad, un efecto positivo en el empleo se obtendrá únicamente sí y solamente sí el valor de la relación de crecimientos Producción a Productividad ( $R_c$ ) es mayor a 1. Este hallazgo abre interesantes expectativas en relación a la política de industrialización del país.

### **3 Destrucción creativa y creación de empleo en el Sector manufacturero mexicano (1994-2008)**

Antes se han mencionado algunas características que privaron en el cambio del modelo económico mexicano a mediados de los años ochenta del siglo pasado, en esta sección se analizan los datos de la producción y demanda de empleo que privaron en el período 1994-2008 en el sector manufacturero.

#### **3.1 Análisis de los datos empleo, producción y productividad del sector manufacturero mexicano en el período 1994-2008**

Teniendo en mente las hipótesis centrales del estudio y la ecuación del empleo a que se llega en la sección 2, aquí se considera las series de datos de la Encuesta Industrial Mensual CMAP de INEGI (205 actividades) para el empleo y la producción en los 9 grandes divisiones del sector industrial manufacturero del país (cuadro 2) y se analiza la correlación entre el valor bruto del producto en miles de pesos a valor constante (índice precios referido a 1994), el empleo utilizado en miles de horas-hombre y la productividad del trabajo, calculada a partir de las dos anteriores ( $Pty = Vbp / Labh$ ). No se incluye a la maquila de exportación.

Dada la imposibilidad de representar el producto del sector manufacturero en unidades físicas (debido a su intrínseca heterogeneidad), en el ejercicio se utiliza el valor de la producción a precios constantes ( $Yet$ , o  $Vbp$ ).

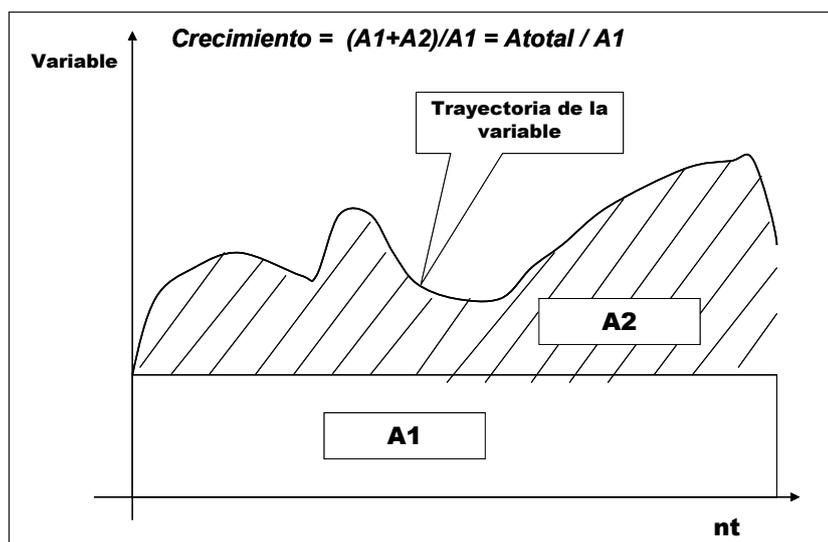
#### **Lo que nos dicen las estadísticas, comprobación de la ecuación de empleo tecnológico**

Observando las tendencias de los datos y teniendo en mente la ecuación del empleo tecnológico, la conclusión que se puede derivar es altamente intuitiva; lo que se encuentra es que no obstante de que el período reporta un crecimiento de la producción manufacturera (sin maquila) de 66%, el empleo muestra un decrecimiento o crecimiento negativo de aproximadamente 8.5%, lo que significa una pérdida relativa de aproximadamente 2.3 millones de HH cifra que equivale aproximadamente a 9 900 posiciones de empleo (75 000 como pérdida absoluta al comparar contra la productividad al inicio del periodo), como efecto del cambio tecnológico manifestado en el crecimiento de la productividad laboral de ~ 80 por ciento.

**Cuadro 2**  
**Divisiones del sector manufacturero (205 clases de actividad)**

Rama	Actividad
3100	Productos alimenticios, bebidas, tabaco
3200	Textiles, prendas de vestir e industria del cuero
3300	Industria de la madera y productos de madera
3400	Papel y productos de papel, imprentas y editoriales
3500	Substancias químicas, productos derivados del carbón, de hule y de plástico
3600	Productos minerales no metálicos
3700	Industrias metálicas básicas
3800	Productos metálicos, maquinaria y equipo
3900	Otras industrias manufactureras
	Total Industria manufacturera

**Figura 6**  
**Obteniendo crecimiento total bajo tasa variable**



Fuente: elaboración propia

En otras palabras, para el propósito del análisis es suficiente comparar el comportamiento de la tendencia de las variables contra lo que dicta el modelo teórico y de esa forma verificar la validez del modelo, se obtiene lo siguiente:

El crecimiento de la producción (07/2008) fue:  $(1+g) = 1.66$  y el crecimiento de la productividad laboral para ese mismo punto fue:  $(1+r_A) = 1.80$ ; por lo tanto,  $R_c$

=  $1.66 / 1.8 = 0.92$  y estamos ante un proceso de destrucción creativa del empleo en el sector manufacturero, el empleo relativo se reduce en aproximadamente 8 por ciento.

El cálculo anterior se realizó en forma simple considerando una tasa ( $g$ ) de crecimiento constante que se calcula simplemente dividiendo la cifra final entre la inicial del conjunto de datos, es decir, tomado como si fuese un sólo período. Tal cálculo simple omite efectos en el inter del período (se trata de una tasa variable y no constante), y obviamente conlleva cierto grado de imprecisión.

### *Cálculo del crecimiento bajo tasa variable, método área bajo la curva*

Para salvar el asunto se podría considerar el valor del crecimiento promedio, sin embargo, tal método adolece también de imprecisión; otro método consiste en tomar en cuenta que el crecimiento de la variable es igual al área bajo la curva de la trayectoria de la variable considerada dividida entre el área que le correspondería a una trayectoria de tasa nula, es decir reproducción constante, esto se muestra en el esquema de la figura 6.

Aplicando el concepto a los datos se obtienen los resultados mostrados en el cuadro 3: el crecimiento de máximo de la producción es:  $(1+g) = 1.212$ , el crecimiento de la productividad laboral para ese mismo punto fue:  $(1+r_A) = 1.2580$ ;  $R_c = 1.212 / 1.258 = 0.96$ , que corresponde al valor calculado con la ecuación del empleo para  $Labh$  en el mismo cuadro 3.

**Cuadro 3**  
**Cifra de crecimiento calculado por relación de áreas**

	Base (A1)	Total 180 períodos*	
	15 períodos anuales por el valor para el primer período (año)	(15 años) (A1+A2)	Crecimiento
Producción (Vbp)	5,807,359	7,041,028	1.212432
Productividad (Pty)	21,319.06	26,826.84	1.25835
Empleo (Labh)	49,060.47	47,492.88	0.968048

\*El valor del área bajo la curva es igual a la suma de las ordenadas en el período.

El resultado confirma la presencia de destrucción creativa del empleo en el sector manufacturero durante el período estudiado, el empleo relativo se reduce en aproximadamente 4%. El resultado obtenido es congruente con la tendencia de los datos lo cual verifica la validez del modelo teórico desarrollado (ecuación del empleo I I') y la hipótesis central.





