

Método
Grupo Transdisciplinario de Investigación
en Ciencias Sociales
www.grupometodo.org

Borradores de Método

Área de Evaluación
ISSN: 1692-9667

Eficiencia y aprendizaje: un análisis
conceptual para pensar los procesos de
producción del Estado

Isaac De León Beltrán
Vladimir Jimenez

Documento 24
Junio 15 de 2004

BORRADORES DE MÉTODO es un medio de difusión de las investigaciones del Grupo Método. Estos documentos son de carácter provisional, de responsabilidad exclusiva de sus autores y sus contenidos no comprometen a la institución.

Borradores de Método. No 24. Junio 15 de 2004.
Editor Fundación Método
Colección Evaluación.

© Isaac De León Beltrán y Vladimir Jimenez
Eficiencia y aprendizaje: un análisis conceptual para pensar los procesos de producción del Estado.

© Fundación Método. Carrera 8ª. No 37-10. ofi: 501. Telefax: (571) 4005765
2004. Todos los derechos reservados.
Primera edición 2004.
Impreso en Colombia.

Eficiencia y aprendizaje: un análisis conceptual para pensar los procesos de producción del Estado^{*}

Isaac De León Beltrán y Vladimir Jimenez

Resumen

Este trabajo trata de mostrar que para hablar de eficiencia es necesario considerar el «tiempo de transformación». El tiempo de transformación es el tiempo que tarda un proceso productivo en convertir los insumos en productos. La introducción del concepto tiempo de transformación permite analizar la eficiencia en función del tiempo. El trabajo muestra algunos cambios en el análisis de la eficiencia cuando ésta es tratada como una serie de tiempo. El trabajo trata de construir un dialogo entre algunos elementos de la teoría neoclásica de la firma y algunos elementos del control estadístico de procesos. El escrito sugiere que la introducción de algunos conceptos del control estadístico de procesos en el análisis de la eficiencia permite controlar mejor el aprendizaje de las organizaciones.

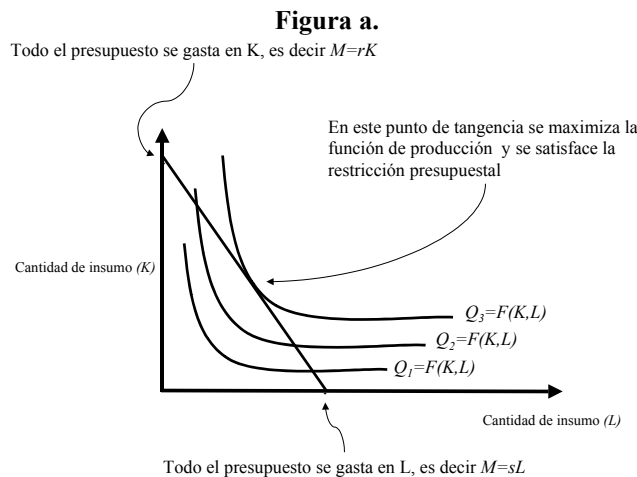
^{*} Agradecemos los valiosos comentarios de Eduardo Salcedo Albarán, Carlos Barrera y Leyla Andrea Moreno.

El objetivo de este trabajo es analizar el concepto de eficiencia. En especial se trata de analizar el concepto de eficiencia de algunos procesos de transformación del Estado. Los procesos de transformación serán en este texto los procesos productivos del Estado, es decir, aquellos procesos en los que el Estado produce un bien o un servicio. En este trabajo se utilizan algunas herramientas conceptuales básicas del control estadístico de procesos. Las herramientas del control estadístico de procesos son usadas en este contexto para hablar de eficiencia con alguna precisión. Se trata de mostrar que el concepto tradicional de eficiencia usado en economía se puede mejorar si se tiene en cuenta que no hay procesos de producción instantáneos.¹ Como se verá, este trabajo trata de hablar de la

¹ El concepto tradicional de eficiencia en economía será entendido en este texto como la maximización de una función de producción sujeta a un conjunto de restricciones. Esta noción de eficiencia es lo que se podría denominar «eficiencia optimizante». Un ejemplo del concepto tradicional de eficiencia optimizante en economía se encuentra en la teoría neoclásica de la firma. Una firma maximiza su producción – en el largo plazo, es decir cuando sus dos factores de producción son variables – cuando alcanza el máximo nivel de producción y se satisface estrictamente una restricción presupuestal. En términos un poco más formales – y siguiendo la presentación estándar de los manuales de microeconomía – el problema se puede plantear de la siguiente manera:

1. Suponga que hay una empresa que tiene dos factores de producción, capital (K) y trabajo (L).
2. Suponga que la producción de la empresa depende del capital y el trabajo, es decir, $Producción=F(K,L)$. En este punto conviene llamar la atención sobre lo siguiente: la función de producción no depende del tiempo.
3. Suponga que el capital tiene un precio r , y el trabajo tiene un precio s .
4. Suponga que la empresa tiene una cantidad M de dinero para comprar los factores de producción K y L .
5. Por lo tanto, el problema de la firma consiste en maximizar la $Producción=F(K,L)$, sujeta a una restricción presupuestal del tipo $M=rK+sL$.

En la siguiente gráfica se puede observar el problema y su solución. Nótese que el tiempo no aparece cuando el problema de la producción es formulado de esta manera. No hay en esta presentación la pregunta por el tiempo, es decir, ¿cuánto tiempo se tarda este proceso en convertir los insumos en productos?.



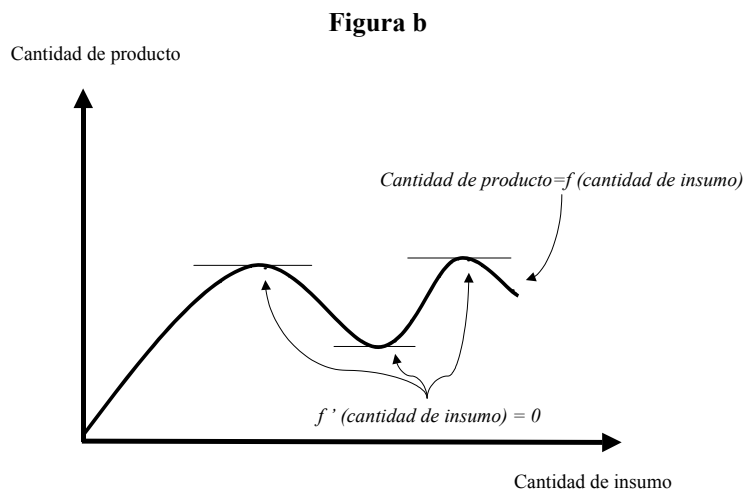
Esta forma de concebir la eficiencia no incluye el tiempo. En ningún momento se dice cuánto dura el proceso productivo. Esta noción de eficiencia también podría denominarse una noción estática de eficiencia. Así, resulta muy difícil pensar la eficiencia como un concepto que le sirva a la empresa o a cualquier organización para monitorear su aprendizaje en el uso de sus recursos a lo largo del tiempo. En resumen, este modo de concebir la eficiencia facilita la construcción de una teoría microeconómica pero no sirve para monitorear el aprendizaje. No es claro como esta forma de entender la eficiencia puede ser útil para que las organizaciones sea cada vez más eficientes y aprendan. En resumen, la eficiencia desde el punto de vista matemático se reduce a la estimación de los puntos críticos de una función de producción. Este modo de pensar los procesos productivos reduce la eficiencia a un problema matemático. En la siguiente gráfica se pueden observar los puntos críticos de una función de producción que depende

eficiencia como una característica que se da en el tiempo. El escrito relaciona algunos elementos de la microeconomía neoclásica con elementos del control estadístico de procesos. Un objetivo adicional de este trabajo es mostrar que la eficiencia es un concepto que se puede usar para registrar el proceso de aprendizaje de un sistema productivo. En especial, el texto se ocupa de algunos aspectos de la eficiencia del Estado.

Otro propósito del texto es proponer una noción práctica de eficiencia. Por “práctica” se entiende en este contexto “facilidad de aplicación”. En ese sentido, este trabajo trata de mostrar que el concepto de eficiencia normalmente aplicado en la fábrica puede ser útil al momento de pensar la eficiencia del Estado. Conviene anotar que el concepto de eficiencia en la fábrica es eminentemente práctico. Parecería que en las fábricas muy pocos equipos de producción aplican el concepto de eficiencia de la microeconomía neoclásica de los economistas en lo concerniente a la teoría de la firma. Normalmente, en la fábrica la eficiencia es analizada utilizando herramientas muy cercanas al control estadístico de procesos – esto al menos en las fábricas preocupadas sistemáticamente por la calidad de productos y procesos. Una de las ventajas del control estadístico de procesos es su preocupación por la evolución de ciertas características medibles a lo largo del tiempo. La inclusión del tiempo permite analizar la eficiencia como un proceso de aprendizaje. El aprendizaje de un proceso productivo se hace visible, o al menos es más fácil de visualizar, cuando la eficiencia se convierte en una serie de tiempo. De este modo, el uso de un concepto de eficiencia que depende del tiempo permitiría observar el grado de aprendizaje del Estado en cuanto al uso de sus recursos en un lapso dado. No quiere esto decir que el concepto de eficiencia en microeconomía neoclásica no sea útil, sino que los datos necesarios para la construcción de una función de producción suelen desbordar las capacidades experimentales tanto del Estado como de las empresas.

La aplicación de un concepto de eficiencia para controlar y aumentar la productividad del Estado no significa que el Estado pueda ser visto como una fábrica. Este texto quiere mostrar que

únicamente de un insumo. Por supuesto, para poder hallar los puntos críticos de una función de producción es necesario que dicha función se pueda expresar matemáticamente; lo cual suele ser una cuestión muy difícil en la medida en que la producción suele ser una función aleatoria en muchos sentidos, es decir que depende aleatoriamente de muchos factores.



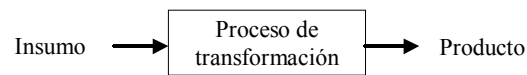
Conviene anotar que este caso es más fácil de resolver que el anterior en la medida en que la cantidad de producto depende únicamente de un insumo. En los dos casos no se observa la preocupación por el tiempo. Esto podría interpretarse como una economía sin tiempo, o lo que es quizás peor, una teoría de la empresa en la que se asume que los procesos productivos son instantáneos.

algunas de las herramientas utilizadas en la empresa privada para monitorear aspectos del aprendizaje en el proceso de producción de bienes y servicios pueden ser utilizados también por el Estado. Sin embargo, la utilización de esta clase de herramientas implica reconocer que ciertos procesos de transformación en el sector público requieren largos periodos de tiempo. En general, podría decirse que el tiempo de producción de ciertos bienes en el sector público requieren un tiempo de producción más largo que la producción de muchos bienes por parte del sector privado. Quizás, la principal contribución de este trabajo radica en situar la pregunta por la eficiencia en un contexto intertemporal. De este modo, se pasa de una noción estática y teórica de la eficiencia a una dinámica y práctica.

Este texto se presenta como un conjunto de proposiciones enumeradas. El objetivo de este modo de presentación es avanzar con mayor seguridad en la exposición del tema. En las notas al pie el lector encontrará explicaciones y debates adicionales. El texto fue escrito de tal modo que no sean necesarios mayores conocimientos en economía o en estadística. A pesar de que el texto trata de construir un dialogo entre la teoría microeconomica y el control estadístico de procesos, en ocasiones este dialogo parecerá más un debate. Este es un texto básico que, de nuevo, sólo quiere mostrar que hay otros modos de analizar el tema de la eficiencia. Sólo se analiza el caso de un único insumo y un único producto en aras de simplicidad. La mayoría de conceptos presentados aquí se pueden aplicar al caso de un proceso de producción con varios insumos y varios productos. Cada una de las proposiciones se encuentra encadenada a las siguientes. Las primeras proposiciones funcionan como axiomas de la exposición.

1. Una transformación es un proceso en el cual un insumo se convierte en un producto.² En adelante, y mientras no se diga lo contrario, se analizará el caso de un proceso de transformación con un único insumo y un único producto. Esta es, por supuesto, una simplificación conceptual. En la siguiente gráfica se puede observar una transformación simple.

Figura 1. Proceso simple de transformación



2. Las transformaciones que se repiten muestran variabilidad en el producto. Hay dos clases de variabilidad: la variabilidad en la cantidad y en la calidad del producto. En este trabajo nos ocuparemos únicamente de la variabilidad en la cantidad de producto.³
3. Hay dos fuentes de variabilidad en los procesos de transformación. La primera de ellas proviene de la interacción humana, la segunda de las máquinas y equipos.
 - 3.1. La transformación es un proceso social en el que un conjunto de hombres se relacionan entre sí y/o con un conjunto de máquinas, herramientas y equipos con el propósito de elaborar un producto.
 - 3.2. Hay transformaciones asociadas a lo que hace una empresa privada y transformaciones a lo que hace el estado. En ambos casos es necesaria la coordinación de hombres, máquinas, herramientas y equipos. En general, son muchos los criterios para clasificar los procesos de transformación. Por ejemplo, de acuerdo al tipo de insumos, de acuerdo a la naturaleza de los productos – tangibles o intangibles –, etc.
 - 3.3. En los procesos de transformación del sector privado y del sector público hay variabilidad.
4. Un insumo es lo que entra en un proceso de transformación. Los insumos pueden ser tratados como cosas. Las cosas que entran en el proceso de transformación se pueden registrar por medio de los sentidos.⁴ Registrar tiene dos significados en este contexto: medir o contar.

² Se supondrá que el proceso de transformación siempre procesa insumos de la misma naturaleza, y además que el producto siempre es de la misma naturaleza. En otras palabras, se espera que el proceso siempre procese la misma clase de insumo y siempre produzca la misma clase de producto.

³ Este es un supuesto sobre como se comporta la naturaleza y los procesos sociales. Se supone que la repetición de un experimento, o un proceso de transformación, bajo condiciones idénticas no produce siempre el mismo resultado. Esto es válido en condiciones experimentales altamente controladas como las de un laboratorio y parece que es válido también en procesos de producción, los cuales también pueden ser vistos como experimentos, es decir, como experimentos sociales. Los procesos de producción puede ser vistos como experimentos sociales en la medida en que el gerente o responsable del sistema prueba continuamente la combinación de los factores productivos en aras de una mejora en la productividad. Por lo tanto, la fábrica es un laboratorio social en pequeña escala. Desde este punto de vista, la administración de empresas y la ingeniería industrial son más cercanas a las ciencias sociales que a ciencias formales como la matemática o la lógica.

⁴ Los insumos pueden ser divididos en tres grandes clases, a saber, financieros, humanos y físicos. Los recursos financieros hacen referencia al dinero que es necesario invertir en el proceso de transformación. Los recursos humanos son las personas que participan en el proceso de transformación. Las personas que participan en un proceso de transformación pueden ser: mano de obra, empleados y directivos. Es importante aclarar que este insumo puede ser tratado como una cosa pero no lo es. Los recursos físicos son la infraestructura, las máquinas y los equipos con los cuales se ejecuta el proceso. Otros insumos de un proceso de transformación son los materiales sobre los cuales opera la transformación. Para algunos, estos últimos son los insumos propiamente dichos. Por ejemplo, en la manufactura de alfileres los insumos serían, desde este punto de vista, únicamente el hierro y los demás metales

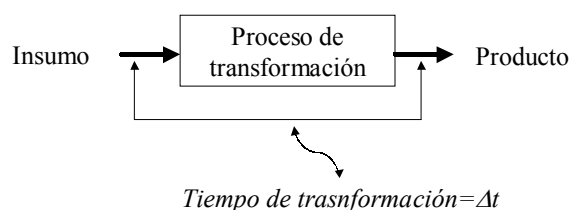
5. Un producto es lo que sale del proceso de transformación. Los productos pueden ser bienes o servicios. Los bienes son mucho más fáciles de cuantificar que los servicios.⁵
6. La transformación puede ser estudiada como una caja negra. Esto quiere decir que no es necesario conocer todos los procesos al interior de la transformación para poder observar su comportamiento. La metodología de la caja negra concentra la atención en lo que entra y en lo que sale del proceso de transformación. Esta es una metodología conductual. Esto quiere decir que se da especial importancia a los aspectos observables de la transformación. A partir de las entradas y las salidas se debe deducir el comportamiento de la transformación.⁶
7. La transformación se da en el tiempo. Esto significa que el insumo sólo se convierte en producto después de un intervalo de tiempo estrictamente mayor que cero. Una consecuencia de esto es que no hay transformaciones instantáneas.
 - 7.1. El tiempo que transcurre entre la entrada del insumo y la salida del producto lo denominaremos «tiempo de transformación». El tiempo de transformación será simbolizado como Δt .
 - 7.2. El tiempo de transformación es estrictamente mayor que cero. Esto se explica porque siempre es necesario situar en el tiempo la coordinación de las actividades de los hombres. Además, conviene reconocer que hay procesos de transformación en los que se producen cambios subordinados a procesos físicos y químicos que se dan en el tiempo.
 - 7.3. El tiempo de transformación se puede medir en unidades convencionales de tiempo, es decir, segundos, días, meses o años. De acuerdo con las definiciones presentadas hasta ahora, en la siguiente figura se pueden observar los elementos de un proceso de transformación:

utilizados en la fabricación. Consideramos que esta noción de insumo es un poco restringida. Otro insumo igualmente importante para algunos procesos productivos es la tierra. Desde nuestro punto de vista el tiempo no puede ser considerado como un insumo. El tiempo no es un insumo porque no es una cosa; a pesar de que se pueda registrar, es decir medir o contar, el tiempo no es una entidad, es decir, un ente. Es importante señalar que el tiempo no es un insumo porque el tiempo es la comparación de la duración de al menos dos procesos. De acuerdo con esto, medir el tiempo, es decir temporizar, es comparar dos series de eventos. Si el tiempo es tratado como un insumo se producen algunas contradicciones lógicas, como se verá más adelante. Los autores que tratan el tiempo como un insumo corren el riesgo de usar una metáfora inadecuada.

⁵ En general, el proceso de transformación debe producir algo. Esto quiere decir que el proceso de transformación debe cambiar alguna situación del mundo. Un proceso de transformación tiene como propósito agregar valor. Agregar valor quiere decir en este contexto “diferencia significativa entre el valor de los insumos y el valor del producto”. Intuitivamente es claro que el producto debe ser más valioso que los insumos. Un proceso de transformación que no agrega valor es un proceso que no tiene sentido. Conviene tener en cuenta que en ocasiones el valor del producto no se verifica en el mercado. Es decir, en ocasiones el producto de un proceso de transformación no tiene mercado, más sin embargo, dicho proceso si puede agregar valor. En el caso del Estado es frecuente observar que muchos de sus productos son servicios, y por lo mismo, difíciles de cuantificar. Por ejemplo, los servicios de seguridad, la administración de justicia, los servicios de salud, etc. Los servicios son difíciles de cuantificar en general porque involucran un fuerte componente de relaciones sociales, es decir, una fuerte interacción entre productor y cliente.

⁶ La metodología de la caja negra permite aislar la transformación de su entorno. Esto es especialmente importante en la medida en que un proceso de transformación se puede considerar bien especificado si se pueden trazar sus límites. Los límites del proceso de transformación permiten distinguir sin ambigüedad lo que está adentro y lo que está afuera del proceso en cuestión. Conviene tener en cuenta que los límites del proceso de transformación pueden coincidir con límites físicos – paredes, muros, etc –, pero pueden ser también límites jurídicos, como por ejemplo una ley que le impida al Estado intervenir en algunos asuntos. De todos modos, la caja negra no es suficiente para hacer intervenciones en el proceso de transformación. En ese sentido, la caja negra es una sobresimplificación. Sería más adecuado hablar de «caja transparente», es decir, una caja en la que vemos como las personas interactúan entre sí y con las máquinas.

Figura 2. El tiempo de transformación de un proceso simple.



7.4. De acuerdo con la duración del proceso de transformación se puede hablar de procesos de transformación de corto, mediano y largo plazo. La duración de un proceso de transformación se puede comparar con la esperanza de vida de las personas involucradas en el proceso de transformación.

7.4.1. Hay procesos de transformación que se completan en unos pocos minutos, unos pocos días o unas pocas semanas. Estos son procesos de transformación a corto plazo. Un tiempo de transformación que dure relativamente poco en comparación con la esperanza de vida de una persona es un proceso de transformación a corto plazo. Un ejemplo de esta clase de procesos son las transformaciones de procesos productivos convencionales como producción de autos, sillas, muebles, etc.

7.4.2. Hay procesos de transformación que se completan en varios años. Estos son procesos de transformación a mediano plazo. Un tiempo de transformación que requiera una pequeña porción de la esperanza de vida de una persona es un proceso de transformación a mediano plazo. Un ejemplo de esta clase de procesos son las transformaciones de procesos productivos de bienes de alta complejidad tecnológica como los aviones.

7.4.3. Hay procesos de transformación que se completan después de varias décadas. Estos son procesos de transformación a largo plazo. Un tiempo de transformación que requiera una importante porción de la esperanza de vida de una persona es un proceso de transformación a largo plazo. Un ejemplo de esta clase de procesos son aquellos que involucran una alta complejidad en diseño, manufactura y tamaño del producto, como lo es la construcción de un gran proyecto hidroeléctrico.⁷

8. La entrada de los insumos se puede registrar en el tiempo. La entrada de insumos se encuentra ordenada en el tiempo.⁸

8.1. Se supondrá que el proceso de transformación a analizar se repite. Esto quiere decir que el proceso de transformación es replicable en sus aspectos relevantes.⁹ Como se ha

⁷ Si se simboliza la esperanza de vida del observador con $E(\text{vida del observador})$ y se compara este valor con el tiempo de transformación Δt , se tienen las siguientes tres situaciones:

- $E(\text{vida del observador}) \gg \Delta t$; procesos de transformación de corto plazo.
- $E(\text{vida del observador}) > \Delta t$; procesos de transformación de mediano plazo.
- $E(\text{vida del observador}) \approx \Delta t$; procesos de transformación a largo plazo.

⁸ Se supone también que cada proceso de transformación tiene una capacidad fija, al menos en el corto plazo. Un proceso de transformación no puede subir súbitamente su capacidad de procesamiento. Esto quiere decir que la cantidad procesada de insumo no puede aumentar en cualquier proporción. Cambios bruscos en la cantidad de insumo, no implican cambios en la capacidad de procesamiento. Por ejemplo, un proceso que tiene una capacidad máxima para procesar diez toneladas de hierro por semana no puede procesar en ese mismo lapso cincuenta toneladas. En el caso del sector público se puede afirmar lo mismo; un aumento súbito en los recursos del Estado no implican la capacidad del mismo para transformar dichos recursos en bienes y servicios en un lapso prudencial.

⁹ Un proceso de transformación que sólo recibe insumos una sola vez y sólo arroja un producto una sola vez se denomina proyecto. En este trabajo no nos ocuparemos de esta clase de procesos de transformación. Los proyectos

supuesto que el proceso de transformación se repite, entonces cada iteración empieza en t_k , en donde $1 \leq k \leq n$; y en donde n es el número de iteraciones del proceso

8.2. Suponiendo que en cada tiempo entra una cantidad de insumo, el siguiente sería el conjunto de los tiempos de entrada de los insumos:

$$\text{tiempo de entrada de los insumos} = \{t_1, t_2, \dots, t_k, \dots, t_n\}$$

9. El proceso de transformación tarda un tiempo Δt para completar el proceso de transformación de insumos en productos.

9.1. De nuevo, se supondrá que el proceso de transformación a analizar se repite. Esto quiere decir que el proceso de transformación es replicable en sus aspectos relevantes. Como se ha supuesto que el proceso se repite, entonces cada iteración se gasta un tiempo Δt_k , en donde $1 \leq k \leq n$; y en donde n es el número de iteraciones del proceso.

9.2. El siguiente sería el conjunto de los tiempos de transformación correspondientes a cada una de las iteraciones:

$$\text{tiempos de transformación} = \{\Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_k, \dots, \Delta t_n\}$$

10. La salida de los productos se puede registrar en el tiempo. La salida de los productos se encuentra ordenada por el tiempo. Suponiendo que después de cada tiempo de transformación sale una cantidad de producto, entonces el conjunto de los tiempos de salida de los productos sería el siguiente:

$$\text{tiempo de salida de los productos} = \{t_1 + \Delta t_1, t_2 + \Delta t_2, \dots, t_k + \Delta t_k, \dots, t_n + \Delta t_n\}$$

11. La transformación es por lo tanto, una relación entre insumos y productos a lo largo del tiempo. Un proceso de transformación queda determinado entonces por tres conjuntos: un conjunto de insumos, un conjunto de productos y un conjunto de tiempos de transformación. Los conjuntos de insumos y productos se encuentran indizados por el tiempo. El conjunto de tiempos de transformación se encuentra indizado por el número de iteraciones. Nótese que los productos se obtienen después de que ha transcurrido el correspondiente tiempo de transformación. Cualquier transformación repetible queda determinada con los siguientes dos conjuntos:

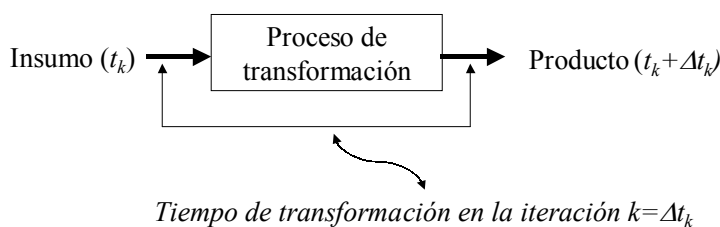
$$\text{cantidad de insumos} = \{i_{t_1}, i_{t_2}, \dots, i_{t_k}, \dots, i_{t_n}\}$$

$$\text{cantidad de productos} = \{p_{t_1 + \Delta t_1}, p_{t_2 + \Delta t_2}, \dots, p_{t_k + \Delta t_k}, \dots, p_{t_n + \Delta t_n}\}$$

De acuerdo con las definiciones presentadas hasta ahora, en la siguiente figura se pueden observar los elementos de un proceso de transformación:

sólo se pueden estudiar por medio de la comparación con otros proyectos. Esto porque dichos procesos de transformación, por definición, no se repiten. En ese sentido, los proyectos no se pueden comparar consigo mismos. Sin embargo, también es posible que un proyecto haya tareas subordinadas que se repitan. En ese caso, lo dicho en este trabajo se podría aplicar a esas tareas que se repiten.

Figura 3. El tiempo de transformación y la iteración del proceso



12. La eficiencia es una característica de los procesos de transformación. En adelante se tratarán como equivalentes los conceptos de eficiencia y productividad. La eficiencia es una característica que se puede medir. Hay dos clases de eficiencia: la eficiencia con respecto al uso de los insumos y la eficiencia con respecto al uso del tiempo. La medición de la eficiencia depende de mediciones y definiciones correctas de tiempos, insumos y productos.¹⁰
13. La eficiencia con respecto a los insumos se puede analizar cuantitativamente.

13.1. La eficiencia con respecto a los insumos es el resultado de una comparación entre insumos y productos. La eficiencia con respecto a los insumos es la razón entre el producto y el insumo. Sin embargo, para poder calcular la eficiencia con respecto a los insumos es necesario comparar la cantidad de insumo que entró en el periodo t_k con el producto que sale del proceso de transformación en el periodo $t_k + \Delta t_k$. Es un error metodológico comparar insumos y productos en el mismo periodo de tiempo.¹¹ Este error es especialmente importante cuando el tiempo de transformación es muy largo, es decir, muchos años. La eficiencia con respecto a los insumos es por lo tanto, una característica determinada por el tiempo de entrada de los insumos y el tiempo de salida de los productos. La siguiente expresión permite estimar, conceptual y metodológicamente de manera correcta, la eficiencia con respecto a los insumos en cada una de las iteraciones del proceso:

$$\text{eficiencia con respecto a los insumos}_{t_k, t_k + \Delta t_k} = ei_{t_k, t_k + \Delta t_k} = \frac{\text{producto}_{t_k + \Delta t_k}}{\text{insumo}_{t_k}}$$

Esta expresión significa que la eficiencia sólo se puede estimar cuando el proceso de transformación ha sido completado. Mientras los insumos no se hayan convertido completamente en producto no se puede calcular la eficiencia del proceso en la iteración respectiva. Por lo tanto, cualquier cálculo de la eficiencia exige conocer dos tiempos: el tiempo de entrada del insumo y el tiempo de salida del producto. De acuerdo con estas consideraciones es recomendable que la estimación de la eficiencia utilice los dos subíndices propuestos.

- 13.2. Partiendo de la definición de eficiencia, se puede construir entonces una serie de eficiencia. En ese sentido, la eficiencia de un proceso es algo que se da en el tiempo. Para cada pareja de insumos y productos, cada uno indizado con respecto al tiempo, se puede

¹⁰ Un supuesto muy importante de este análisis es que la calidad del producto es una constante. En especial, siempre se supondrá que el proceso de transformación es capaz de mantener la calidad del producto o servicio en cuestión.

¹¹ Es conceptualmente correcto calcular la eficiencia utilizando la expresión *eficiencia = cantidad de producto / cantidad de insumo*. Sin embargo, como vimos, es metodológicamente incorrecto desconocer el tiempo de transformación.

calcular la eficiencia. El siguiente es el conjunto de cálculos de eficiencia con respecto a los insumos a lo largo del tiempo. La siguiente expresión corresponde a la manera correcta de estimar la eficiencia de un proceso productivo con n iteraciones.

$$\text{eficiencia con respecto a los insumos} = \left\{ \frac{P_{t_1+\Delta t_1}}{i_{t_1}}, \frac{P_{t_2+\Delta t_2}}{i_{t_2}}, \dots, \frac{P_{t_k+\Delta t_k}}{i_{t_k}}, \dots, \frac{P_{t_n+\Delta t_n}}{i_{t_n}} \right\}$$

Ahora bien, cada uno de los cálculos de eficiencia corresponde al valor de la eficiencia en cada iteración del proceso, es decir, teniendo en cuenta el inicio y el final del proceso de transformación. La siguiente es otra manera de presentar el conjunto eficiencia en el tiempo siguiendo la notación propuesta:

$$\text{eficiencia con respecto a los insumos} = \{ei_{t_1, t_1+\Delta t_1}, ei_{t_2, t_2+\Delta t_2}, \dots, ei_{t_k, t_k+\Delta t_k}, \dots, ei_{t_n, t_n+\Delta t_n}\}$$

13.3. La eficiencia con respecto a los insumos es una serie de tiempo. En adelante la denominaremos también *serie de eficiencia con respecto a los insumos*. En especial, esta serie de observaciones es un conjunto discreto, es decir, las observaciones – cálculos de la eficiencia – provienen de mediciones discretas del tiempo. Esta serie de tiempo tiene al menos dos características: una media y una varianza.¹² Por lo tanto, en estricto sentido, cuando se quiere caracterizar un proceso de transformación conviene referirse a la serie de eficiencia, evitando así las referencias a estimaciones aisladas, es decir, las estimaciones de una única iteración del proceso. En esa medida, el valor de la eficiencia de una única iteración de un proceso no puede ser considerado en rigor un valor representativo de la eficiencia del mismo. Un alto o bajo valor de la eficiencia se puede explicar por el azar. En la siguiente figura se pueden observar los elementos básicos de la eficiencia. Esta figura es una representación esquemática.

¹² La descripción de un proceso de transformación se hace por medio de las herramientas básicas de estadística, a saber, la media y la desviación estándar. La media y la desviación estándar del proceso de transformación se calculan a partir de la serie de datos construidos en cada iteración del proceso. Este valor es una característica del proceso y es mucho más confiable que una única estimación de la eficiencia. Las diferencias en la eficiencia esperada pueden servir para verificar si un proceso ha cambiado realmente su desempeño de eficiencia. Esto, como veremos, es una manera más rigurosa de verificar los cambios en un proceso de transformación. La eficiencia media, o eficiencia esperada se define como sigue.

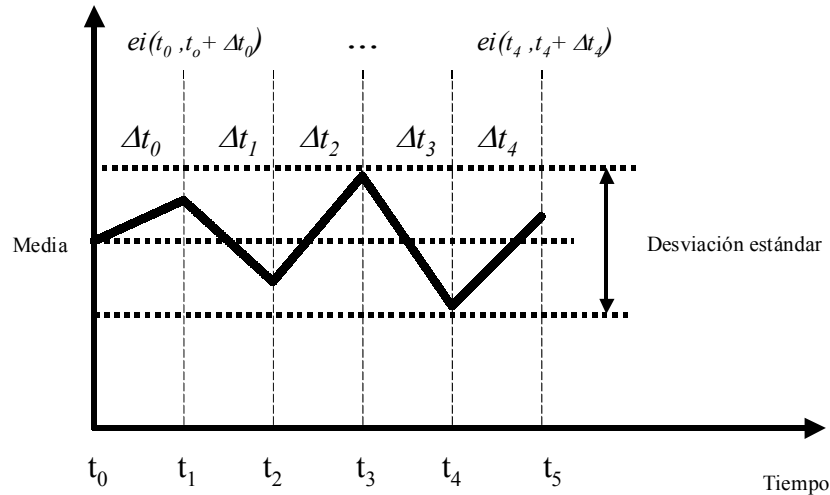
$$\text{eficiencia media con respecto a los insumos} = \bar{ei} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n ei_k$$

La desviación estándar del proceso se define como sigue. Este valor es también una característica del proceso. Con esta expresión se puede verificar el grado de control que se tiene sobre el proceso. Una proceso muy variable muestra una desviación estándar muy alta, un proceso con poca variabilidad muestra una desviación estándar muy baja. El control del proceso se refiere al grado de variabilidad de la eficiencia del mismo. En otras palabras, mayor control menor variabilidad. Para poder mejorar un proceso es recomendable aumentar su control. La desviación estándar de un proceso se define como sigue.

$$\text{desv est - de la eficiencia con respecto a los insumos} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (ei_k - \bar{ei})^2}$$

Figura 4. Serie de eficiencia con respecto a los insumos

Eficiencia con respecto a los insumos



Una única estimación de la eficiencia no es útil. Si se desean construir juicios sobre la eficiencia de un proceso de transformación del tipo “este proceso ha mejorado la eficiencia”, o “este proceso ha empeorado la eficiencia” es necesario comparar dos magnitudes. En general, un cálculo de eficiencia sólo es útil si se puede comparar con otros cálculos de eficiencia. Así, el cálculo de la eficiencia a lo largo del tiempo permite hablar de la eficiencia de un único proceso. La serie construida permite hacer comparaciones de un proceso consigo mismo. Cuando se cuenta con una serie de eficiencia se pueden construir proposiciones del tipo “este proceso ha mejorado la eficiencia”, o, “este proceso ha empeorado la eficiencia”. Cada una de estas proposiciones se puede construir comparando al menos dos estimaciones de eficiencia, cada una de ellas en tiempos diferentes.

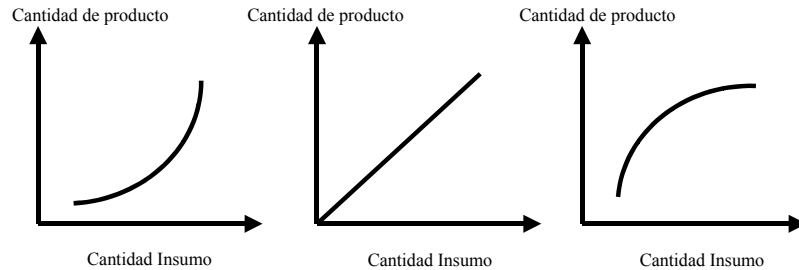
- 13.4. Las proposiciones en las cuales se afirma el mejoramiento o empeoramiento de la eficiencia de un proceso se basan en la comparación de dos cálculos de eficiencia. Para cualquier pareja ordenada de la serie de eficiencia con respecto a los insumos (ei_k, ei_j) donde $k \neq j$, es posible construir una proposición en la que se pueda afirmar el mejoramiento, el estancamiento o el empeoramiento de la eficiencia con respecto al uso de los insumos. Esta reflexión sobre la eficiencia se relaciona, bajo ciertas condiciones, con la teoría tradicional de los rendimientos marginales.¹³

¹³ La relación entre la eficiencia y la teoría de los rendimientos marginales se puede analizar cuando la cantidad de insumo es variable y el tiempo de transformación es una constante en cada una de las iteraciones. La siguiente es una breve reflexión de cómo se encuentran relacionados estos dos temas.

1. Los procesos de transformación se pueden estudiar utilizando el concepto de función de producción. De acuerdo con la teoría económica cada proceso de transformación puede ser descrito de manera aproximada utilizando una función de producción. Los procesos de transformación pueden tener tres clases de rendimientos marginales: crecientes, constantes y decrecientes. En la siguiente figura se pueden observar tres ejemplos de rendimientos. El análisis de los rendimientos marginales supone que la tecnología es una constante. Esto normalmente se hace suponiendo que el capital es el factor fijo y el trabajo es un insumo variable.

Figura c.

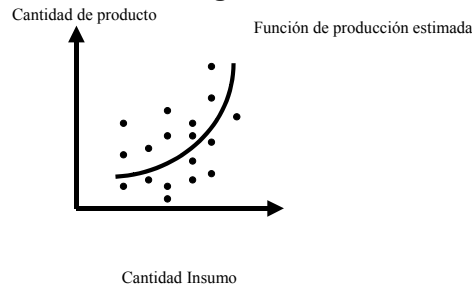
(a) Rendimientos Crecientes (b) Rendimientos Constantes (c) Rendimientos Decrecientes



2. El rendimiento marginal es una medida que compara el aumento en la cantidad de producto después de haber realizado un aumento en la cantidad de insumo. La identificación de los rendimientos de una transformación se puede hacer de dos maneras: a) *a priori*, y, b) *a posteriori*, es decir después de una recolección de muchos datos de la transformación, datos en los cuales la cantidad de insumo es la variable de control. En rigor, podría afirmarse que la clasificación del tipo de rendimientos de un proceso de transformación es algo que sólo se puede determinar *a posteriori*. La expresión *a priori* significa aquí, anterior e independiente de la experiencia. Normalmente la reflexión económica sobre los rendimientos se realiza de esta manera. La ventaja de trabajar *a priori* el tema de los rendimientos es que se pueden conocer muchas propiedades matemáticas de dichos rendimientos. La desventaja es que poco se conocen los procesos reales de transformación. Por lo general, en economía se suele suponer – por pesimismo o tradición – rendimientos marginales decrecientes.
3. Es importante resaltar el hecho de que las transformaciones del tipo insumo-producto son procesos sociales en los interactúan hombres y cosas. En ese sentido, esta clase de procesos de transformación normalmente no se pueden expresar de manera confiable en una expresión analítica, es decir, con una función del tipo $\text{cantidad de producto} = f(\text{cantidad de insumo})$. Normalmente es necesario matizar la anterior expresión con un término de error, es decir $\text{cantidad de producto} = f(\text{cantidad de insumo}) + \text{término de error}$. El término de error es la cantidad de producto que no se explica por la cantidad de insumo.
4. Afirmer que un proceso de transformación satisfaga la ley de los rendimientos marginales decrecientes no significa que eso vaya a ser así siempre. La acción humana puede hacer que un proceso de transformación cambie sus rendimientos; esto por supuesto, reconociendo que hay restricciones inviolables impuestas por la naturaleza.
5. La preocupación por la eficiencia de un proceso de transformación es una preocupación práctica. Por el contrario, la reflexión acerca de los rendimientos de una transformación suele ser una preocupación teórica. La cuestión de los rendimientos ayuda a comprender un proceso de transformación cuando se cuenta con gran cantidad de datos. En otras palabras, la reflexión sobre los rendimientos marginales de un proceso de transformación sólo tiene sentido cuando se cuenta con información de muchas iteraciones de dicho proceso. En los casos en los que no hay muchas iteraciones, el análisis del proceso de transformación se debe concentrar en los datos disponibles, esto es, en los datos que existen sobre la eficiencia. Nótese que bastan sólo dos datos de la eficiencia para construir proposiciones acerca de su mejoramiento o empeoramiento. Por el contrario, con esos mismos dos datos no se puede afirmar nada acerca de los rendimientos del mismo proceso de transformación. En los casos en los que se pueden hacer experimentos controlados de la producción se podría generar una nube de puntos con el fin de estimar estadísticamente la función de producción. Ver siguiente figura.

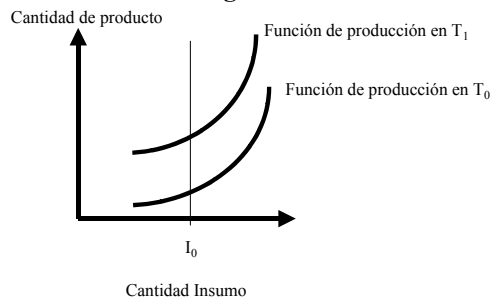
13.5. La serie de eficiencia, como cualquier serie de tiempo, tiene cuatro componentes básicos: tendencia, estacionalidad, ciclicidad y aleatoriedad. En cualquier caso, y no sobra repetirlo, para poder hablar de estos componentes es necesaria la recolección de muchos datos. En otras palabras, para poder hablar de una serie de eficiencia es necesario tener datos de muchas iteraciones del proceso de transformación.¹⁴

Figura d.



6. La serie de eficiencia con respecto a los insumos puede alcanzar cualquier punto de la función de producción. Sin embargo, la serie de eficiencia también puede mostrar como cambia la tecnología de producción. En ocasiones, la serie de eficiencia puede capturar el hecho de que es posible alcanzar diferentes valores de productividad aún usando las mismas máquinas y los mismos hombres. En la siguiente gráfica se puede observar un ejemplo.

Figura e.



7. Si no hay suficiente información con respecto a la variación del producto frente a las variaciones del insumo, entonces el comportamiento de los rendimientos sólo pueden ser un supuesto.
 8. Una limitación importante de la teoría de los rendimientos marginales es que no incluye el tiempo. De este modo, no es claro como un sistema puede cambiar sus rendimientos marginales. Este es un problema tradicional en todo aquello que en economía se ha denominado estática comparativa.

¹⁴ Si suponemos que la cantidad de insumo no varía y que además el tiempo de transformación es una constante, entonces el análisis de eficiencia puede arrojar tres situaciones posibles: eficiencia creciente, eficiencia controlada, eficiencia decreciente. Lo deseable es que la eficiencia con respecto a los insumos siempre aumente, o a lo sumo que permanezca dentro de un margen de tolerancia. En ningún caso es deseable una disminución de la eficiencia del proceso. Las condiciones de no variación en la cantidad de insumo y de no variación en el tiempo de transformación se pueden formular de la siguiente manera.

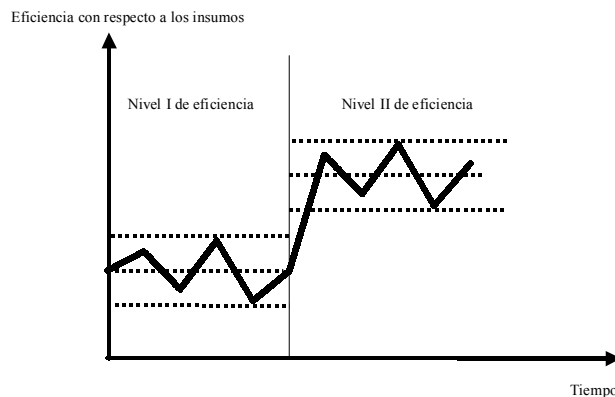
$$\text{condición (i): } \dot{i} = \dot{i}_{t_1} = \dot{i}_{t_2} = \dots = \dot{i}_{t_k} = \dots = \dot{i}_{t_n} \text{ con } 1 \leq k \leq n.$$

$$\text{condición (ii): } \Delta t = \Delta t_1 = \Delta t_2 = \dots = \Delta t_k = \dots = \Delta t_n, \text{ con } 1 \leq k \leq n.$$

Si se deja constante la cantidad de insumo y el tiempo de transformación se puede entonces analizar también la variabilidad del proceso. Variabilidad del proceso significa aquí, a riesgo de ser redundante, variaciones en la

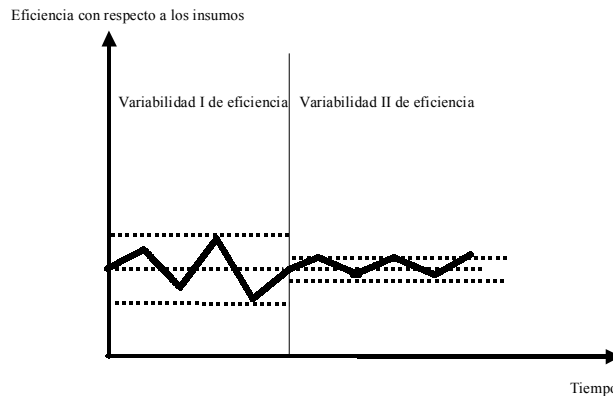
- 13.5.1. La tendencia es la componente de la serie de eficiencia que hace que la eficiencia muestre un crecimiento o una disminución en el tiempo.
- 13.5.2. La estacionalidad es el componente que explica el comportamiento repetitivo en el corto plazo de la serie.
- 13.5.3. La ciclicidad es el componente que explica el comportamiento repetitivo en el largo plazo de la serie.
- 13.5.4. La aleatoriedad es el componente de azar de la serie. Este componente es el que explica el comportamiento errático de la serie.
- 13.6. Para hablar de cambios en la eficiencia del proceso hay que hacer pruebas estadísticas. Sólo se puede afirmar con rigor una mejora del proceso de transformación después de realizar una prueba estadística. Debido a la variabilidad de los procesos, existe la posibilidad de que los cambios en la eficiencia no sean producto de una mejora intencionada sino de la variabilidad natural del proceso de transformación.
- 13.7. Es posible construir proposiciones acerca de la eficiencia de un proceso z con pocos datos. Como estas proposiciones carecen del debido respaldo estadístico conviene formularlas de la siguiente manera: “si se compara el valor de la eficiencia en t_k con el valor de la eficiencia en t_{k+1} parecería que hay un aumento o disminución de la eficiencia del proceso z ”. Todas estas proposiciones se deben hacer con debida cautela si no se cuenta con un suficiente respaldo estadístico. En las siguientes figuras se pueden observar los cambios en la eficiencia de un proceso de transformación. En la primera figura se puede observar un cambio en el nivel de eficiencia. En la segunda figura se puede observar los cambios en la variabilidad de la eficiencia del proceso.

Figura 5. El cambio en el nivel de eficiencia de un proceso de transformación



cantidad de producto. Estas variaciones se producen incluso a pesar de que la cantidad de insumo es una constante en cada iteración.

Figura 6. El cambio en la variabilidad de la eficiencia de un proceso de transformación

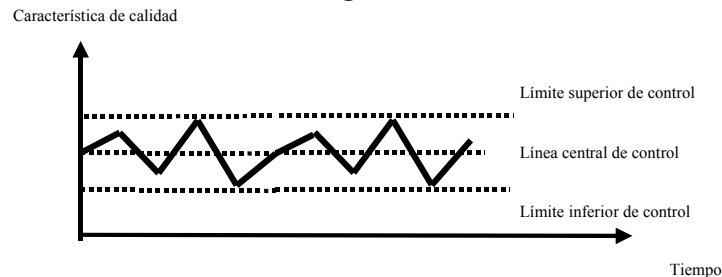


13.8. En los casos en los que el tiempo de transformación suele ser muy largo, puede resultar prácticamente imposible construir afirmaciones estadísticamente rigurosas acerca de los cambios de un proceso de transformación. Si el tiempo de transformación tiende a ser una porción importante de la vida del observador y además no se cuenta con una serie de eficiencia, las afirmaciones sobre los cambios de la eficiencia sólo pueden ser conjeturas.

13.9. Las figuras 5 y 6 permiten ver el uso de los gráficos de control para monitorear la evolución de la eficiencia. Sin embargo, no es deseable que la eficiencia tenga siempre el mismo nivel. Lo deseable es que la eficiencia siempre aumente. Por lo tanto, la gestión de la eficiencia debe apuntar a un aumento sostenido de la eficiencia a lo largo del tiempo.¹⁵

¹⁵ Los gráficos de control se utilizan en la industria para monitorear la evolución y el control de un proceso de producción. Estas gráficas permiten monitorear la calidad de un cierto atributo. Los siguientes son ejemplos de algunos atributos medibles que se pueden controlar con un gráfico de control: diámetro de un eje, duración de una rueda, satisfacción de los clientes, temperatura de un proceso, etc.,. Las gráficas de control tienen una línea central que representa el valor medio de una característica de calidad y dos líneas que corresponden a los límites superior e inferior. Si las observaciones caen dentro de este intervalo y además son aleatorias entonces se puede decir que el proceso se encuentra bajo control. Estos límites corresponden a la tolerancia máxima y mínima. En la siguiente figura se pueden observar estos elementos.

Figura f.



En la medida en que siempre es deseable un aumento de la eficiencia, los gráficos de control tendrían que mostrar un salto en el nivel de eficiencia o una tendencia hacia el alza. Si bien se puede argumentar la presencia del límite superior de control, lo cierto es que este sólo sería utilizado para llamar la atención sobre niveles de desempeño sobresaliente. En la siguiente figura se puede observar un aumento de la eficiencia con tendencia.

14. la eficiencia con respecto al tiempo se puede analizar cuantitativamente.

14.1. La eficiencia con respecto al tiempo es la razón entre el producto y el tiempo. En rigor (*ceteris paribus* – manteniendo todo lo demás constante), es la cantidad de producto por unidad de tiempo, es decir, la cantidad de producto manufacturada en cada tiempo de transformación. Para poder calcular la eficiencia con respecto al tiempo es necesario comparar la cantidad de producto que salió en el periodo $t_k + \Delta t_k$ con el tiempo de transformación necesario para completar dicha transformación Δt_k . La siguiente expresión permite estimar, conceptual y metodológicamente de manera correcta, la eficiencia con respecto al tiempo en cada una de las iteraciones del proceso:

$$\text{eficiencia con respecto al tiempo} = \left\{ \frac{p_{t_1+\Delta t_1}}{\Delta t_1}, \frac{p_{t_2+\Delta t_2}}{\Delta t_2}, \dots, \frac{p_{t_k+\Delta t_k}}{\Delta t_k}, \dots, \frac{p_{t_n+\Delta t_n}}{\Delta t_n} \right\}$$

Esta expresión significa que la eficiencia con respecto al tiempo sólo se puede estimar cuando el proceso de transformación ha sido completado. Mientras los insumos no se hayan convertido completamente en producto no se puede calcular la eficiencia del proceso con respecto al tiempo. La siguiente es otra manera de presentar la eficiencia con respecto al tiempo

$$\text{eficiencia con respecto al tiempo} = \left\{ et_{t_1, t_1+\Delta t_1}, et_{t_2, t_2+\Delta t_2}, \dots, et_{t_k, t_k+\Delta t_k}, \dots, et_{t_n, t_n+\Delta t_n} \right\}$$

14.2. La eficiencia con respecto al tiempo es una serie de tiempo. Para la serie de eficiencia con respecto al tiempo se puede aplicar lo dicho en las proposiciones de eficiencia con respecto a los insumos. (ver proposiciones 13.2-13.8).

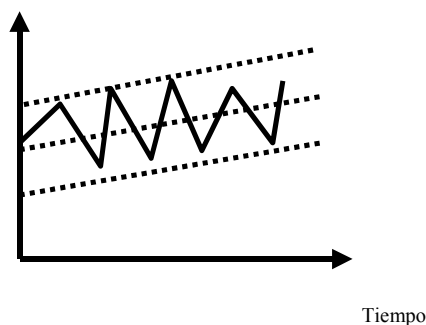
15. La eficiencia con respecto a los insumos se puede maximizar de dos maneras.

15.1. La primera manera de aumentar la eficiencia con respecto a los insumos es aumentando la cantidad de producto manteniendo constante la cantidad de insumo. El aumento de la eficiencia se puede verificar en cada iteración del proceso de transformación.

15.2. La segunda manera de aumentar la eficiencia con respecto a los insumos es manteniendo constante la cantidad de producto pero minimizando la cantidad de insumo.

Figura g.

Eficiencia con respecto a los insumos



- El aumento de la eficiencia se puede verificar en cada iteración del proceso de transformación.
- 15.3. La serie de eficiencia con respecto a los insumos se puede interpretar como el proceso de aprendizaje de los encargados de gestionar el proceso de transformación. Esta serie se puede interpretar como el aprendizaje del sistema.
 - 15.4. El aprendizaje con respecto a los insumos se puede interpretar como la capacidad del proceso de transformación para poder aumentar el nivel de producto cada vez con menos insumos.
16. La eficiencia con respecto al tiempo se puede maximizar de dos maneras.
- 16.1. La primera manera de aumentar la eficiencia con respecto al uso del tiempo es aumentando la cantidad de producto manteniendo constante el tiempo de transformación. El aumento de la eficiencia se puede verificar en cada iteración del proceso de transformación.
 - 16.2. La segunda manera de aumentar la eficiencia con respecto al uso del tiempo es manteniendo constante la cantidad de producto pero minimizando el tiempo de transformación. El aumento de la eficiencia se puede verificar en cada iteración del proceso de transformación.
 - 16.3. El aprendizaje con respecto al uso de tiempo se puede interpretar como la capacidad del proceso de transformación para aumentar el nivel de producto y disminuir a la vez el tiempo de producción.
17. Se puede llevar un registro de la eficiencia de un proceso de transformación. Este registro es una serie de tiempo. Sobre esta serie de tiempo se puede verificar la calidad del proceso de aprendizaje de las personas que gestionan un proceso de transformación. Por lo tanto, sólo puede haber aprendizaje verificable si hay datos con los cuales construir proposiciones que puedan ser confirmadas empíricamente. Sin esta información no se puede verificar o falsear el proceso de aprendizaje de los responsables de un proceso de transformación.
18. En los casos en los que los procesos de transformación sean de larga duración, el aprendizaje sólo se puede verificar de un modo institucional. Este sería el único modo de superar la diferencia entre la esperanza de vida de las personas y la duración de los procesos de transformación. Lo institucional sería la concatenación de observadores a lo largo del tiempo, es decir, un observador que le cuenta a la siguiente generación de observadores lo que registró como insumo en el proceso de transformación en el pasado.
19. En los casos en los que los procesos de transformación sean de larga duración, el cálculo de la eficiencia no servirá para un tomador de decisiones en el presente, sino para los decisores del futuro.
20. La eficiencia no se agota en la optimalidad; la eficiencia puede ser vista como una característica de un proceso iterativo. Las iteraciones del proceso permiten analizar la eficiencia como un indicador de aprendizaje.

Referencias bibliográficas

- Ashby, Ross. *Introducción a la cibernética*. Nueva Visión: Buenos Aires. 1977.
- Barceló, Alfons. *Filosofía de la economía. Leyes teorías y modelos*. Icaria: Barcelona. 1994.
- Box, G y Jenkins, G. *Time Series Analysis for Forecasting and Control*. Holden-Day. California. 1976.
- Elias, Norbert. *Sobre el tiempo*. Fondo de Cultura Económica: México. 1997.
- Juran, J.M. *Juran y la planificación para la calidad*. Díaz de Santos. Barcelona. 1990.
- Ishikawa, Kaoru. *What is Total Quality Control? The Japanese Way*. Prentice Hall. NY. 1985.