

## PROPUESTA SISTEMICA PARA LA EVALUACION DE LA VARIABLE TECNOLOGIA EN LOS PROYECTOS DE INVERSION\*

RUBY DANIEL HERNANDEZ\*\*

La especificación de la tecnología como variable endógena para explicar el funcionamiento y evolución del proceso productivo y social altera el rol tradicional que se le asigna en los estudios convencionales relacionados con la formulación y evaluación de los proyectos de inversión. El rol exógeno dado a la misma reducía su elección a un conjunto limitado de ellas. Estas, por su lado, sólo eran evaluadas en forma unilateral. En esta perspectiva se reconoce sin embargo la relación existente entre la empresa y el sistema económico-social. Es por ello que la Tasa Interna de Retorno (TIR) o el Valor Presente Neto (VPN) valuado a los precios de mercado (evaluación privada) es reemplazada por los precios sombra (evaluación social) que surgen del sistema económico vigente en base al comportamiento óptimo de las variables de la función objetivo sujeta a las restricciones que se determinen. En este proceso de optimización, el "estado" de la tecnología no se cuestiona, como tampoco el "nivel" de desarrollo de las relaciones económicas, sociales e institucionales. En consecuencia la asignación de recursos no tiene en cuenta las alteraciones, transformaciones e incluso mutaciones que son resultado del cambio técnico y de la dinámica del proceso innovador.

(\*) Este trabajo surge como conclusión de trabajos anteriores y en particular del proyecto de investigación "La Evaluación de la Variable tecnología en los Proyectos de Inversión" este último realizado para el Consejo Federal de Inversiones.

(\*\*) Universidad Nacional de La Plata - Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos de la Nación. El autor agradece la colaboración prestada en los temas de medición económica demandados para el conjunto de los trabajos citados a: Lic. Daniel de la Fuente, Lic. Griselda Gómez Peral, Lic. Dora Corvalán y Cr. Enrique Sotelo.

Se trata entonces de una operación que al relacionar la dupla elemento-sistema suprime el cambio y la dinámica, motor del desarrollo económico-social. Este tipo de reduccionismo metodológico deja de lado la correspondencia que deben observar hacia el futuro las variables estratégicas del sistema productivo (sus comportamientos serán diferentes según sea el escenario seleccionado) respecto de aquellas que operan a nivel de la empresa.

En otras palabras las decisiones meso y macroeconómicas deben complementarse con las que ocurren a nivel microeconómico. Sólo así estas serán eficientes ya que la asignación de recursos tendrá en cuenta los objetivos determinados por un nivel decisional más comprensivo.

Los precios sombra son, entonces, el resultado de una asignación de recursos estática que desconoce la dinámica del cambio. Se trata pues de una señal débil e incluso puede llegar a ser errónea al no captar la intensidad y mutaciones que conlleva el progreso técnico.

### **A. Sistema, Empresa y Sociedad**

Los sistemas contienen elementos interrelacionados que forman un todo. Poseen propiedades que son comunes a todos ellos (analogía, semejanza). Sus elementos y las relaciones que entre ellos existe determina a través de los modelos la estructura del sistema. Así, en los modelos económicos, al determinarse sus parámetros se establece la correspondiente estructura del sistema económico-social.

En el caso de los sistemas sociales es importante resaltar algunos de sus atributos:

son complejos por contener diversos subsistemas: económico-social, científico-tecnológico, político-institucional, etc.

están orientados por objetivos ya que toda actividad social tiene una jerarquía de valores que determina a los primeros

la capacidad para aprender facilita el desarrollo de los recursos humanos y de la práctica científica y tecnológica; ello a su vez conduce a interacciones dinámicas entre el hombre y el medio ambiente.

el balance de fuerza entre los subsistemas mediante la comunicación y las transacciones tiende a reducir los conflictos que sin embargo se activan por los cambios que ocurren en cada subsistema.

los impactos que producen los cambios conducen a nuevas situaciones.

En consecuencia para preservar la relación de correspondencia

homomórfica entre las empresas y el sistema productivo, social y cultural deben ser evaluados y sometidos a control permanente los atributos antes descriptos. Con ello los procesos de desestructuración-reestructuración que ocurren en la evolución histórica de los sistemas facilitan la preservación de tales atributos en base a los valores, conceptos y relaciones preexistentes y/o nuevos.

En resumen la organización social y sus elementos conforman sistemas y subsistema semejantes en su comportamiento a los de los organismos vivos: aprenden de la experiencia. Además la organización social, se diferencia por su capacidad para generar decisiones racionales a través de sus componentes que tienden a la solución de problemas y a la producción de nuevas situaciones estructurales que se caracterizan por su irreversibilidad.

La reproducción económica-social del sistema, a través de sus variables relevantes (consumo-producción-ingreso-dinero), genera un proceso de retroalimentación positiva que atraviesa por secuencias de orden-desorden que lo conduce a nuevos estadios de desarrollo.

En la evolución de este mecanismo social juega como se ha señalado reiteradamente un rol relevante el desarrollo tecnológico y el proceso innovador. El progreso técnico que se concreta a través de ellos se derramará o no a todos los sectores de la sociedad en la medida que uno de sus indicadores relevantes (productividad) se difunda a todas las actividades económicas, sociales y culturales, bajo la condición de contar con una elevada competitividad en el sistema.

La productividad es entonces el concepto clave alrededor del cual se desarrollan las condiciones materiales que sientan las bases del desarrollo y modernización de la producción mediante la cual se satisfacen los deseos y necesidades de los consumidores. Asimismo ha sido y en menor medida es, un indicador relevante en el proceso de distribución del ingreso a los factores de la producción, en particular en los países desarrollados. En la actualidad su rol en este sentido se ha opacado por los efectos de la revolución tecnológica: el grado de automatización de las actividades puede llegar a producir el reemplazo de un elevado número de operarios especializados por uno o dos de mayor calificación técnica. Se incrementa así sustancialmente la productividad de éstos y en consecuencia sus remuneraciones alcanzan niveles totalmente desproporcionados respecto de la media salarial que se pague en otros sectores de la empresa con menor nivel de automatización. De todas formas los incrementos de productividad deberán distribuirse en la sociedad mediante las fórmulas existentes o nuevas de retribución a los factores de la producción, consumidores y al Estado, via impuestos.

Asimismo los incrementos de productividad vía innovación tecnológica, originan beneficios extraordinarios que aumentan la capacidad de autofinanciación de las empresas. En consecuencia todo proyecto para que sea viable debe ser consistente en término de la secuencia (tecnología-productividad-ingresos-rentabilidad-tiempo).

Por su lado la relación existente entre la tasa interna de retorno y el tiempo (una reducción temporal de la vida útil del proyecto implica una mayor tasa interna de retorno) depende crucialmente tanto de la innovación tecnológica incorporada al proyecto como de la capacidad de financiamiento de la empresa.

La diversidad de tasas de retorno y la duración de los proyectos varía según el tipo de bienes y servicios producidos en los distintos sectores de actividad económica. Estos como se ha señalado cambian drásticamente a lo largo del tiempo la duración de su vida útil como resultado del progreso técnico. Se establece entonces un amplio abanico de tasas de retorno en cuyos extremos se hallan las relacionadas con las inversiones en infraestructura (bajas tasas) y con las inversiones en industrias de tecnología avanzada (elevadas tasas). En el caso de las inversiones en infraestructura el interés del inversor privado declina a medida que el tiempo de recuperación del capital aumenta, incrementándose en consecuencia la del sector público. Este mediante los recursos de la sociedad, lleva a cabo aquellas inversiones que se caracterizan por tener un bajo retorno. Aún en el caso de que en estas actividades intervenga el sector privado alentado por el cambio técnico es esencial el marco regulatorio que el Estado imponga para salvaguardar el interés social. El sector privado conforme a lo señalado se interesa en las inversiones relacionadas con los servicios que tienen un elevado soporte infraestructural (electricidad, gas y agua, transporte, almacenamiento y comunicaciones).

Asimismo los cambios que ocurren en los subsistemas (empresas-sectores-complejos-líneas de producción integradas) que forman parte del sistema económico-social condicionan la rentabilidad de las inversiones. Ello obliga a explicitar las relaciones entre las variables estratégicas que operan en los niveles micro, meso y macroeconómico así como en las otras dimensiones que se establecen para la evaluación de los proyectos. La viabilidad de éstos demanda un conjunto de condiciones que en el presente trabajo se establecerán a partir de las dimensiones que fueran desarrolladas analíticamente<sup>1</sup>. Finalmente dado que se postulará la evaluación de la tecnología a partir de modelos de crecimiento y desarrollo que endogenizan la misma, deberán resaltarse aquellos aspectos que hacen a la interrelación tecnología-innovación. Tal es el caso de la

creación, aprendizaje y difusión de la tecnología que demandan un ambiente innovador que en las empresas tienen su base de sustentación en los departamentos de Investigación y Desarrollo y/o convenios con institutos de investigación.

El indicador de intensidad tecnológica si bien no garantiza a priori que se logren siempre resultados positivos en términos de eficiencia, aprendizaje y creatividad produce junto a otros indicadores información relevante sobre la política de innovación que intenta una empresa al ampliar su capacidad productiva o iniciar nuevas actividades. Este proceso innovador determinará en buena medida la concreción de beneficios sustentables a través del tiempo.

Finalmente la competitividad en el mercado internacional demanda otros tests en aquellos proyectos que tienen un mercado objetivo exportador. Bajo el supuesto de vigencia de un modelo de crecimiento endógeno vía innovación, la productividad del trabajo (medida del progreso técnico) y la productividad del capital (eficiencia de la inversión) deben igualar o superar a los respectivos indicadores que exhiben los países competidores.

La selección de un enfoque sistémico facilitará entonces la profundización de dos campos de investigación interrelacionados: el análisis de los proyectos y modelos de desarrollo sustentable y la evaluación multidimensional de la tecnología.

## **B. Modelo Descriptivo para la Evaluación de la Tecnología en los Proyectos de Inversión**

Nos basaremos para alcanzar nuestros propósitos en diferentes tipos de modelos. La potencia de éstos deriva del hecho de que "... como construcción lógica que identifica y reproduce las categorías o elementos de un sistema y sus conexiones funcionales, permite no sólo el mejor conocimiento analítico de un problema sino también la producción de operaciones lógicas que producirán resultados de mayor validez..."<sup>2</sup>

En el presente trabajo denominamos modelo descriptivo-explicativo a la asociación de modelos verbales (construcciones que utilizan enunciados lógicos-simbólicos no operativos) y empíricos (especificación formal cuantitativa de las variables y sus relaciones a fin de explicar y predecir hechos o fenómenos). En este último caso se enriquecen las conclusiones derivadas de la consistencia de los resultados que se obtienen.

En base a estos criterios de modelización, el cuestionario y los indicadores cualitativos forman parte del modelo verbal, en tanto que entre los modelos empíricos se incluyen:

- el macroeconómico y de insumo-producto:

$$Y_i = [B(I-A) H]^j D_j$$

- el modelo de crecimiento de Harrod-Domar y de Kaleki (aquí utilizamos la especificación del primero):

$$\dot{n} + \dot{s} = gn = s/v = g$$

- el algoritmo de determinación de la TIR

$$0 = -C + Rt + \frac{Rt+1}{(1+r)} + \frac{Rt+2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Rt+n}{(1+r)^n}$$

- el algoritmo de determinación del período de recuperación de la Inversión:

$$T = \frac{(1+r)^t - 1}{r(1+r)^t}$$

donde

T = período de recuperación standard de la inversión

r = tasa interna de retorno

t = tiempo de vida útil de la inversión

Conforme a Nuti<sup>3</sup> dado t si el período de recuperación T se desea acortar ello conducirá a un incremento de r. En este caso la tasa interna de retorno será muy elevada respecto de la que se obtiene en la TIR si ésta t correspondiera a inversiones de vida útil prolongada. La mayor aproximación entre T y t coloca a r en un nivel de realización menos forzada. En ello juega un rol esencial el proceso innovador ya que tiende a reducir t.

## 1. Secuencia Operacional de la Evaluación

El conjunto de operaciones se expresa a través de:

- actividades O
- resultados □
- decisiones Δ

que se describen a continuación:

## 1) Actividades

Las actividades referidas a las dimensiones analizadas producen resultados en base a la utilización de los instrumentos analíticos pertinentes (modelos, cuestionario e indicadores)

## 2) Resultados

Los resultados derivados de estas actividades son:

### 2.1.) Dimensión científico-tecnológica

“estado” de la tecnología a utilizar en el proyecto en base a las respuestas que surjan del cuestionario<sup>4</sup>.

### 2.2.) Dimensión económica-social / regional

La información se requiere para la nación y para la región de localización del proyecto.

- Escenarios alternativos
  - tendencial
  - optimista
  - pesimista
  
- Objetivos y estrategias pertinentes
  
- Indicadores cuantitativos derivados:
  - Intensidad tecnológica
  - Producto bruto sectorial y total
  - demanda final por categorías
  - personal ocupado remunerado
  - productividad de los factores
  - saldo de divisas
  
- Indicadores cualitativos

La información cuantitativa y cualitativa descripta precedentemente proporciona el marco de referencia global necesario para evaluar la tecnología contenida en un proyecto individual.

### 3. Decisiones

A fin de cumplimentar las exigencias que plantea la evaluación multidimensional (examen de las diversas dimensiones de análisis) en el contexto de los proyectos y modelos de desarrollo sustentable, (mantener un flujo de beneficios aceptables durante la vida económica del proyecto), deben tenerse en cuenta:

#### i) temporalidad del proyecto

- tiempo ( $t=0$ ) (evaluación ex-ante)

Se evalúa la tecnología en el tiempo  $t=0$ , período que comprende desde el inicio de los estudios de preinversión hasta el comienzo de las operaciones.

Las comparaciones a realizar para la toma de decisiones se limitan en buena medida a reconocer la viabilidad del mismo conforme a la información pasada y en menor medida la información futura.

- tiempo ( $t = 1,2,3,\dots,n$ ) (evaluación dinámica)

Se evalúa la tecnología durante la vida útil del proyecto. En el sendero de expansión productiva de la empresa las tasas de crecimiento de sus variables relevantes se comparan con aquellas que surgen del escenario de desarrollo seleccionado.

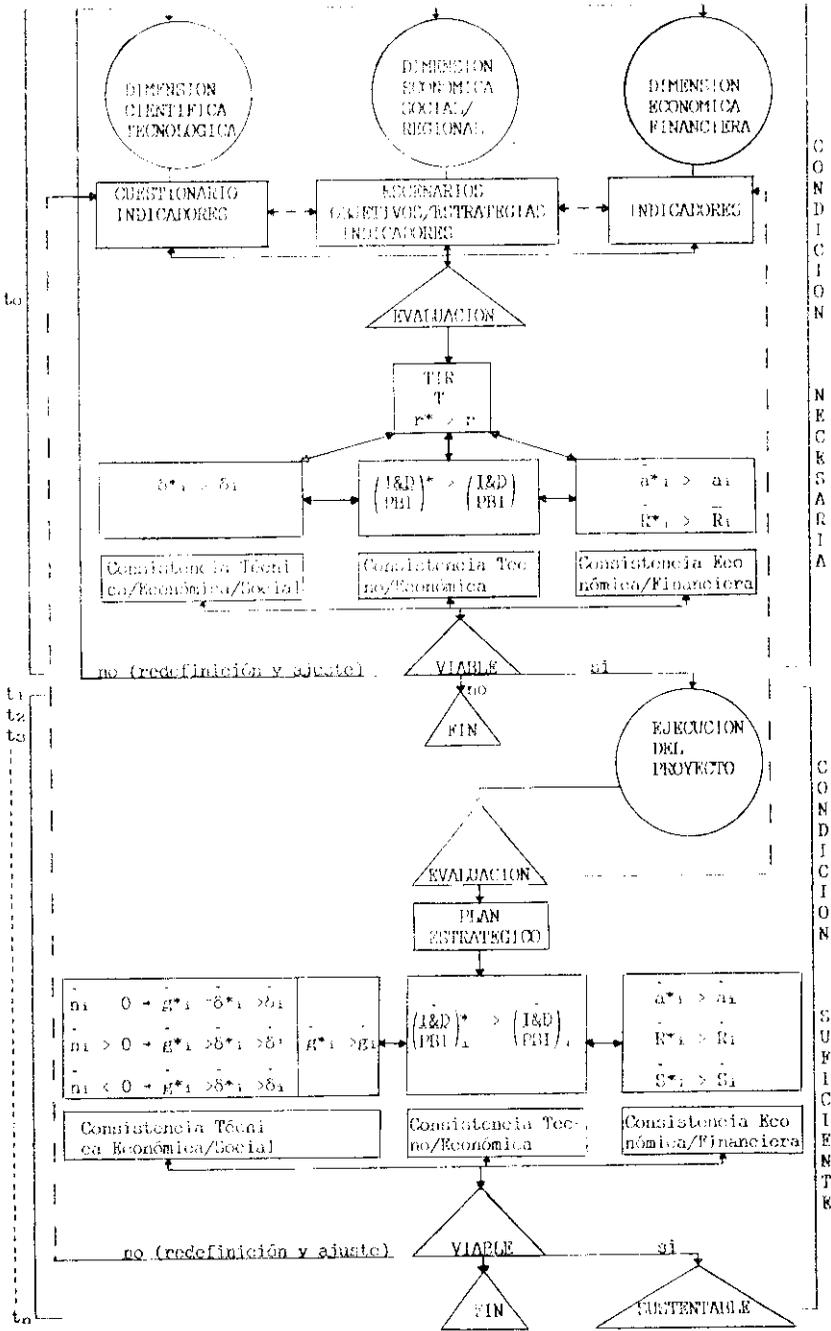
#### ii) Condiciones de viabilidad

- Condición necesaria

Corresponde a la evaluación que se realiza en el período ( $t=0$ ) conforme a la información disponible se determina la viabilidad del proyecto en el tiempo ( $t=0$ ) que no garantiza su sustentabilidad futura.

- Condición suficiente

Corresponde a la evaluación que se realiza para el período ( $t=1,2,3,\dots,n$ ) La información disponible (tasas de crecimiento de las variables relevantes durante la vida útil del proyecto) permite determinar la viabilidad del mismo en base a su sustentabilidad.



## iii) Análisis de consistencia

Se comparan las tasas internas de retorno y el período de recuperación del proyecto, las tasas real de interés del mercado y su consistencia con las dimensiones tecno-económica, técnico-económico-social y económico-financiera tanto para la condición necesaria como para la de suficiencia.

3.1.) Decisiones para el tiempo ( $t=0$ )  
(Condición necesaria)3.1.1.) Referente a la tasa interna de retorno y magnitudes de  $T$  y  $t$ 

- La tasa interna de retorno sectorial  $(r_i)^*$  del proyecto debe ser superior a la que surge de la tasa media de retorno sectorial  $(r_i)$  de los últimos 6 años, a nivel nacional y regional.

$$(r_i)^* > (r_i)$$

- Determinar  $T$  y brecha entre  $T$  y  $t$

3.1.2.) Referente a la evaluación tecno-económica el índice de intensidad tecnológica sectorial  $(1\&D/PBI)^*$  del proyecto debe ser mayor que el que surge del índice medio del sector correspondiente  $(1\&D/PBI)$  de los últimos 6 años a nivel nacional y regional.

$$(1\&D/PBI)_i^* > (1\&D/PBI)_i$$

## 3.1.3.) Referente a la evaluación técnico-económico-social

- El índice de productividad física laboral sectorial  $(\xi_i)^*$  del proyecto debe ser superior al que surge del índice del sector correspondiente  $(\xi_i)$  de los últimos 6 años a nivel nacional y regional.

$$(\xi_i)^* > (\xi_i)$$

## 3.1.4.) Referente a la evaluación económica-financiera.

- La tasa de autofinanciación sectorial  $(a_i)^*$  del proyecto debe ser superior a la tasa media del sector correspondiente  $(a_i)$  de los últimos 6 años a nivel nacional y regional.

$$(ai)^* > (ai)$$

- La tasa de rentabilidad económica sectorial del proyecto  $(Ri)^*$  debe ser superior a la tasa media del sector correspondiente  $(Ri)$  de los últimos 6 años a nivel nacional y regional

$$(Ri)^* > (Ri)$$

En consecuencia aún si fuera positiva la tasa interna de retorno (privada o social), el proyecto no es elegido si no supera los indicadores de intensidad tecnológica, productividad media del trabajo y las tasas medias de autofinanciación y rentabilidad económica, dado que la tecnología que se propone no responde a las exigencias de cambio técnico que se esperan del mismo.

3.1.5.) El rechazo de cualquiera de los tests determina la no viabilidad del proyecto.

Ello implica una redefinición y ajuste de la tecnología en cualquiera de las fases de reinversión en los que se halla realizado la evaluación.

3.1.6.) La viabilidad del proyecto sea en su primera determinación o vía la redefinición y ajuste de la tecnología habilita para la ejecución del mismo.

3.1.7.) La imposibilidad de alcanzar resultados viables implica la anulación del proyecto desde el punto de vista técnico-económico-social-financiero.

3.2.) Decisiones para el tiempo  $(t = 1, 2, 3, \dots, n)$  (condición de suficiencia)

Comparación de los indicadores del proyecto durante su vida útil en el contexto del escenario seleccionado.

3.2.1.) Referente a la tasa interna de retorno y magnitudes de  $T$  y  $t$

- La tasa interna de retorno del proyecto que se derive de las nuevas inversiones en el contexto del escenario seleccionado  $(ri)^*$  deberá superar a la que surge de la tasa media de retorno sectorial  $(ri)$  correspondiente al citado escenario, a nivel nacional y regional.

$$(ri)^* > (ri)$$

Determinar  $T$  y brecha entre  $T$  y  $t$

## 3.2.2.) Referente a la evaluación tecno-económica

- La tasa de crecimiento de la intensidad tecnológica sectorial  $(I\&D/PBI)_i^*$  del proyecto debe ser mayor que la que surge de la tasa de crecimiento media del sector correspondiente  $(I\&D/PBI)_i$ , a nivel nacional y regional.

$$(I\&D/PBI)^* > (I\&D/PBI)_i$$

## 3.2.3.) Referente a la evaluación técnico-económico-social

- En base a las alternativas de empleo  $(n_i)$  la tasa de crecimiento durante la vida útil del proyecto de la productividad física laboral  $(\xi_i)^*$  debe ser mayor a la que surge de la tasa media de crecimiento del sector  $(\xi_i)$ , a nivel nacional y regional.

$$(\xi_i)^* > (\xi_i)$$

- Para el escenario seleccionado y en término de las alternativas de empleo  $(n_i)$  la tasa de crecimiento durante la vida útil del proyecto de la productividad física laboral  $(\xi_i)^*$  debe ser mayor a la que surge de la tasa media de crecimiento del sector  $(\xi_i)$ , a nivel nacional y regional.

$$(g_i)^* > (g_i)$$

## 3.2.4.) Referente a la evaluación económico-financiera

- La tasa de crecimiento de autofinanciación del proyecto  $(a_i)^*$  debe ser mayor a la tasa media del sector correspondiente  $(a_i)$ , a nivel nacional y regional.

$$(a_i)^* > (a_i)$$

- La tasa de crecimiento de rentabilidad económica  $(R_i)^*$  del proyecto debe ser superior a la tasa media del sector correspondiente  $(R_i)$ , a nivel nacional y regional.

$$(R_i)^* > (R_i)$$

- La tasa de crecimiento del ahorro bruto del proyecto  $(S_i)^*$  debe ser mayor a la tasa media del sector correspondiente  $(S_i)$ , a nivel nacional y regional.

$$(S_i)^* > (S_i)$$

En consecuencia aún si se mantuviesen rendimientos positivos en términos de la TIR (privada o social) el proyecto no es sustentable si no supera para el sector correspondiente la tasa media de crecimiento de la intensidad tecnológica de productividad del trabajo, del valor agregado, de autofinanciación y de rentabilidad económica y de ahorro, la tecnología que se propone no responde a las exigencias de cambio técnico que se esperan del proyecto.

3.2.5.) El rechazo de cualquiera de los test determina la no viabilidad del proyecto.

Ello implica una redefinición y ajuste del plan estratégico en particular el tecnológico durante el período de vida útil de la empresa.

3.2.6.) La reiteración de resultados no viables no garantiza la sustentabilidad de los negocios durante la vida útil de la empresa.

Para los proyectos cuyas producciones se destinan básicamente a la exportación deberá cumplirse:

4.1.) Decisiones para el tiempo ( $t = 0$ ) (condición necesaria)

4.1.1.) La productividad física laboral del proyecto  $(\xi_i)^*$  debe igualar o superar la media de los últimos 4 años de la de los competidores más relevantes  $(\xi_i)_+$

$$(\xi_i)^* \geq (\xi_i)_+$$

4.1.2.) La productividad del capital  $(Y/K)_i^*$  debe igualar o superar a la media de los últimos 4 año de los competidores más relevantes  $(Y/K)_i+$

$$(Y/K)_i^* \geq (Y/K)_i+$$

4.2.) Decisiones para el tiempo ( $t = 1, 2, \dots, n$ ) (condición de suficiencia)

4.2.1.) La tasa de crecimiento de la productividad física laboral del proyecto  $(\xi_i)^*$  debe igualar o superar a la tasa de crecimiento esperado de los competidores más relevantes  $(\xi_i)^*$

$$(\xi_i)^* \geq (\xi_i)^*$$

4.2.2.) La tasa de crecimiento de la productividad del capital  $(Y/K)_i^*$  debe igualar o superar a la esperada de los competidores más relevantes  $(Y/K)_i+$

$$(Y/K)_i^* \geq (Y/K)_i+$$

El proceso de evaluación descrito se centra en las dimensiones económico social, financiera y regional. El mismo deberá completarse con otros test de viabilidad correspondientes a las dimensiones: ética-política, urbana, ecológica y de recursos naturales.

## REFERENCIAS

- (1) Hernández, Ruby Daniel: "La Evaluación de la Variable tecnología en los proyectos de inversión" capítulos VI, VII, VIII. CFI, Buenos Aires, 1991.
- (2) Hémandez, Rúby Daniel, Magariños de Morentin, Juan Angel y Silveira Galban, Fernando Oscar, Pautas Metodológicas para el Tratamiento y Evaluación de los Documentos de Trabajo. Consejo Federal de Inversiones, Buenos Aires, 1978.
- (3) Nuti, D.M., "Michal Kaleki's Contribution to the Theory and Practice of Socialist Planning" Cambridge Journal of Economics Nº 10, 1986, PP. 333/353.
- (4) Hernández Ruby Daniel, op cit. capítulo VI.

## PROPUESTA SISTEMÁTICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE TECNOLOGÍA EN LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN

### RESUMEN

Se enfatiza el análisis de la variable tecnología desde el punto de vista sistémico. Asimismo se incorporan los conceptos de consistencia, sustentabilidad y de evaluación multidimensional.

En el primer caso se utiliza un conjunto de indicadores interrelacionados para los niveles estático y dinámicos de la evaluación.

En el segundo caso se supera el estrecho enfoque unidimensional (económico) de evaluación para acceder a uno de múltiple dimensión: ético-político, institucional, económico, financiero, social, urbano-regional, recursos naturales y ecológico.

A partir de los elementos citados se desarrolla un procedimiento cualitativo y cuantitativo que destaca el rol estratégico de la tecnología en el proceso de toma de decisiones relacionado con las **inversiones innovadoras**.

## A SYSTEMIC APPROACH TO THE ASSESSMENT OF TECHNOLOGY IN THE INVESTMENT PROJECTS

### SUMMARY

The technology variable is analyzed from the systemic point of view.

At the same time we introduce the notions of consistency, sustainability and multidimensional assessment.

In the first case we use a set of interrelated indicators for the static and dynamics levels of the evaluation.

In the second case the narrow approach of the unidimensional analysis (economic) is overcome to access to the multidimensional level of assessment: ethical-political, institutional, economical, financial, social, urban-regional, natural-resources and ecological.

From what we have mentioned above we develop a qualitative and quantitative procedure that points out the strategic role of technology in the decision making process of **innovation investments**.