

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
Departamento de Ingeniería Comercial
MBA

**MODELO DE MEDICIÓN
DINÁMICA DE LA INEFICIENCIA X EN UNA
EMPRESA CONSTRUCTORA**

Ismael Angel Mamani Lovera

MBA. Magister en Gestión Empresarial

Marzo 2017

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
Departamento de Ingeniería Comercial
MBA

**MODELO DE MEDICIÓN
DINÁMICA DE LA INEFICIENCIA X EN UNA
EMPRESA CONSTRUCTORA**

Tesis de Grado presentada por

Ismael Angel Mamani Lovera

Como requisito para optar al grado de

MBA. Magister en Gestión Empresarial

Director de Tesis: Dr. Lionel Valenzuela Oyaneder

Marzo 2017

TÍTULO DE TESIS

“Modelo de medición dinámica de la ineficiencia X en una empresa constructora”

AUTOR:

ISMAEL ANGEL MAMANI LOVERA

TRABAJO DE TESIS, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos para el Grado de MBA Magister en Gestión Empresarial de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Observaciones _____

Dr. Lionel Valenzuela Oyaneder

Dr. Pedro Fernández de la Reguera B.

Dr. Juan Antonio Poblete R.

Santiago de Chile, Marzo 2017

Todo el contenido, análisis, conclusiones
Y opiniones vertidas en este estudio son
de mi exclusiva responsabilidad.

Nombre.....

Firma.....

Fecha.....

En memoria de
Mis padres y abuelos

INDICE

CONTENIDOS	Pág.
Indice	6
Resumen ejecutivo	9
Abstract	10
Introducción	11
CAPITULO I: ORIGEN Y PROPÓSITO DEL ESTUDIO	12
CAPITULO II: OBJETIVOS DEL ESTUDIO	13
Objetivo general	13
Objetivos específicos	13
CAPITULO III: ALCANCE DEL ESTUDIO	14
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE TRABAJO	15
CAPÍTULO V: ESTADO DEL ARTE	17
5.1 Iteración básica de la metodología	17
5.1.1 Step 1: Situación problema no estructurado	17
5.1.2 Step 2: Situación problema expresado	18
5.1.3 Step 3: Definición de raíces de sistemas de actividad humana relevantes	19
5.1.4 Step 4: Modelos conceptuales de los sistemas nombrados en la definición de raíz	20
5.2 Análisis modelos de estimación de eficiencia	20
5.2.1 Conceptos básicos	20
5.2.2 Desarrollo histórico del concepto eficiencia	22
5.3 Conceptualización	25
5.4 Clasificación de las funciones de fronteras	25
5.4.1 Según las técnicas empleadas para la construcción	25
5.4.2 Según como se interpreta la desviación respecto a la frontera.	25
5.4.3 Según el procedimiento de estimación utilizado	25
5.4.4 Según el número de ecuaciones del modelo	26
5.5 Los métodos de estimación	26
5.5.1 El método de programación lineal	27
5.5.2 El método econométrico	27
5.5.2.1 Econometric Frontier Approach (EFA)	27
5.5.2.2 Distribution Free Approach (DFA)	27
5.5.2.3 Thick Frontier Approach (TFA)	27
5.5.2.4 Modelo mixto de eficiencia técnica y asignativa	28
5.6 Marco teórico existente en la medición de eficiencia técnica	31
5.6.1 Un único producto y un único factor	31
5.6.2 Un producto y varios factores	32
5.6.3 Varios productos y un único factor	33
5.6.4 Varios factores y varios productos	33
5.7 Marco teórico en la medición de la eficiencia asignativa	34
5.7.1 Eficiencia en costos	34
5.7.2 Eficiencia en el ingreso	35

5.7.3 Eficiencia en beneficios	37
CAPITULO VI: DESARROLLO DE LA TESINA	38
6.1.- Comportamiento raíces relevantes de la empresa	38
6.1.1 Flujo de información	38
6.1.2 Funciones críticas	38
6.2.- Conceptualización y selección de variables	40
6.2.1 Antecedentes históricos	39
6.2.2 Fronteras de producción de la empresa	39
6.2.3 Características de las variables	40
6.2.4 Software estadísticos y econométricos disponibles	42
6.2.4.1 Descripción de software	42
6.2.4.2 Selección de software	42
6.3.- Construcción de las variables y factores	43
6.4.- La función de producción estocástica	44
CAPITULO VII: CONCLUSIONES	46
7.1 Estimación de la ineficiencia	46
7.2 Conclusiones	49
7.2.1 Sobre los resultados	49
7.2.2 Sobre los indicadores	50
7.2.3 La aplicación simplificada para el usuario	51
ANEXOS	
Anexo nº 1 Artículo publicable	52
Anexo nº 2 Descripción metodología de Peter Checkland	54
Anexo nº 3 Características en la industria de la construcción	57
Anexo nº 4 Función de producción de Cobb-Douglas	59
Anexo nº 5 Programa de estimación LimDep	61
Anexo nº 6 Proceso de estimación y panel de datos	62
Referencias bibliográficas	69

INDICE DE GRÁFICOS

DESCRIPCIÓN	PÁG
Gráfico N° 1: Ingresos v/s Egresos empresa en estudio	12
Gráfico N° 2: Utilidad de la empresa	18
Gráfico N° 3: Función de producción y eficiencia técnica	29
Gráfico N° 4: La isocuanta y eficiencia técnica	30
Gráfico N° 5: La curva de producción y eficiencia técnica	30
Gráfico N° 6: Función de distancia de inputs y eficiencia técnica	31
Gráfico N° 7: Función de costos y la eficiencia en costos	32
Gráfico N° 8: Descomposición de la ineficiencia en costos	32
Gráfico N° 9: Función de ingresos y la eficiencia en ingresos	33
Gráfico N° 10: Descomposición de la eficiencia en ingreso	33

INDICE DE CUADROS

DESCRIPCIÓN	PÁG
Cuadro N° 1: Productividad en la industria de la construcción	18
Cuadro N° 2: Parámetros básicos datos de panel	38
Cuadro N° 3: Resultados estadísticos de la estimación	43
Cuadro N° 4: Contrastes de hipótesis sobre ineficiencia	44
Cuadro N° 5: Descripción estadísticos de los índices de ineficiencia	44
Cuadro N° 6: Datos ingreso/egresos	64
Cuadro N° 7: Datos utilidad operacional	65
Cuadro N° 8: Datos trabajo y materiales	66
Cuadro N° 9: Datos productos	67

INDICE DE DIAGRAMAS

DESCRIPCIÓN	PÁG
Diagrama N° 1: Metodología de Checkland	16
Diagrama N° 2: Raíces relevantes de actividad humana	19
Diagrama N° 3: Flujo de información	35
Diagrama N° 4: Flujo de funciones críticas	36
Diagrama N° 5: Resultados de estimación de ineficiencia	45
Diagrama N° 6: Resumen etapas en la estimación de ineficiencia	46

RESUMEN EJECUTIVO

Es labor diaria del ejecutivo la asignación eficiente de los distintos recursos tangibles e intangibles con la finalidad de maximizar siempre los beneficios de la empresa; no obstante, de los indicadores de rentabilidad financiera, subyace un panorama escasamente aplicado a la gestión de una empresa, cual es la ineficiencia X aglutinante de la variabilidad oculta en la performance operacional.

Este concepto, que tiene sentido en economías abiertas sin restricciones, se desarrolla efímeramente en los años 50 y aún en los albores del presente siglo no se ha explicitado su utilización.

El tema central de la tesis es acercar su aplicación mediante una metodología simplificada y amigable al control de la gestión, a partir del caso práctico desarrollado para una empresa constructora, cuyos datos de panel de entrada pueden ser homologables para cualquier empresa con similitud en magnitud de producción y actividad en general sean plausibles de aceptar.

Desarrollada en los capítulos 2 y 3, la metodología de Checkland apropiada para ambientes difusos permite centrar la relevancia de la actividad productiva en dos factores principales como son el capital y el trabajo para explicar el comportamiento en la dirección adecuada de la empresa en un 70%, ampliamente difundida desde Cobb-Douglas hasta los indicadores para medición de la productividad de los países.

La teoría propuesta por distintos autores para medir la ineficiencia productiva y su correspondiente descomposición en su dimensión técnica y asignativa, entiende que la ineficiencia técnica provendría por una inapropiada dirección y control de los procesos productivos o por la utilización de insumos de baja calidad, en tanto que la ineficiencia asignativa es originada por la incorrecta elección de las combinaciones de insumos.

Contrariamente a industrias más competitivas como la bancaria, los datos de panel proporcionados por la pequeña empresa constructora proviene de la actividad contable como es el formulario F-29 y las planillas de pago de imposiciones de los trabajadores, que recoge los factores enunciados anteriormente.

Finalmente, tomando el modelo simplificado por Battese y Coelli, para dos productos y dos factores, los resultados de aplicación indican una ineficiencia técnica y asignativa del 22 y 12% respectivamente para la empresa constructora analizada mediante el software LimDep, indicadores que muestran un ámbito distinto a los tradicionalmente utilizados.

ABSTRACT

It is the daily work of the executive the efficient allocation of the different resources tangible and intangible assets in order to always maximize the benefits of business; Nevertheless, of the indicators of financial profitability, a situation which is scarcely applied to the management of a Inefficiency X binder of hidden variability in operational performance.

This concept, which makes sense in unrestricted open economies, early development in the 1950s and even at the dawn of this century no its use has been made explicit.

The central theme of the thesis is to approach its application through a methodology simplified and friendly to the control of the management. From a case study made for a construction company, whose input panel data can be homologated for any company with similarity in magnitude of production and activity in general, which are plausible to accept.

The present investigation is developed for the theoretical case of two products and two variables, it grounds the model based on the production function with two main variables; capital and labor, widely diffused from Cobb-Douglas to Indicators for measuring the productivity of countries.

Finally, taking the simplified model proposed by Battese and Coelli, the application results indicate a technical and allocative inefficiency of 22 and 12% respectively, for the construction company analyzed, indicators that show a different scope from those traditionally used.

INTRODUCCIÓN

A través de la historia es posible comprender la inherente naturaleza humana en la búsqueda de beneficios tangibles e intangibles a partir de recursos materiales, humanos, económicos y tecnológicos con una creciente hermenéutica dinámica tendiente a maximizar objetivos como satisfacción, beneficios o rentabilidad.

En la dirección cotidiana de una empresa, las variables explícitas son las ventas, costos, recursos humanos, capital y diversos indicadores entre otros, generalmente en la maximización de la rentabilidad, vía dominio de variables de ingresos y egresos. No obstante, subyace una dimensión no manifiesta como es el concepto de la ineficiencia X desarrollada teóricamente desde los años 50 a la fecha, aún menos su utilización en una empresa por parte de los directivos cuya barrera esgrimida es la complejidad de reconocer las variables significativas y el modelo tecnológico amigable disponible.

En los albores del siglo XXI, cada vez es más lejana la estática asignación Paretiana de los recursos en las organizaciones y surge el concepto de eficiencia dinámica como resultado de la teoría de los procesos de mercado impulsados por la capacidad de la función empresarial en la búsqueda de asimilar campos difusos para satisfacer las necesidades humanas. En ese ámbito, se circunscribe el concepto de ineficiencia X para integrar la franja entre costos y beneficios.

Para ello, en la tesis, se revisará el desarrollo teórico desde sus inicios, desde Farrell (1957), Leibenstein (1966), Kumbhakar y Lovell (2000) hasta los últimos aportes, de los distintos modelos y énfasis entre la frontera de producción eficiente y mínimos costos y sus diferentes metodologías propuestas.

Finalmente, seleccionado un modelo aglutinador, se aterrizará hacia su aplicación con el análisis de los procedimientos para seleccionar las variables de control útil al directivo, dejando de lado por ejemplo de complejos sistemas de funciones translog y/o comprensiones de aproximaciones econométricas que no es menester del empresario. La variable ineficiencia X debería ser un elemento de control y dirección cotidiano.

Como caso práctico de estudio se estudiará el comportamiento de la ineficiencia X de una empresa constructora particular donde se tenga acceso a datos de panel en un determinado periodo, además de simplificar y poner a disposición de los empresarios un modelo amigable y expansivo de utilizar.

CAPITULO I

ORIGEN Y PROPÓSITO DEL ESTUDIO

A partir de la observación diaria de las operaciones de la empresa a estudiar; movimiento de personas, materiales, maquinarias y equipos, inventarios, órdenes de trabajo de cumplir, presentación de propuestas a licitaciones públicas y/o privadas, prevención de riesgos, cumplimientos laborales, etc., hasta un simple manejo de feriado, generan decisiones perturbadores a la rentabilidad del negocio.

En términos de la actividad comercial registrada en las ventas y gastos mensuales del formulario 29 del SII para la empresa mostrada en el gráfico N° 1, no parece clara la tendencia hacia los objetivos de los directivos, que es finalmente maximizar su rentabilidad, sino mas bien, en una entropía difícil de entender variables tan diversas, amplias, y en muchos casos no cuantificables, como es la imagen proyectada por la empresa hacia la sociedad.

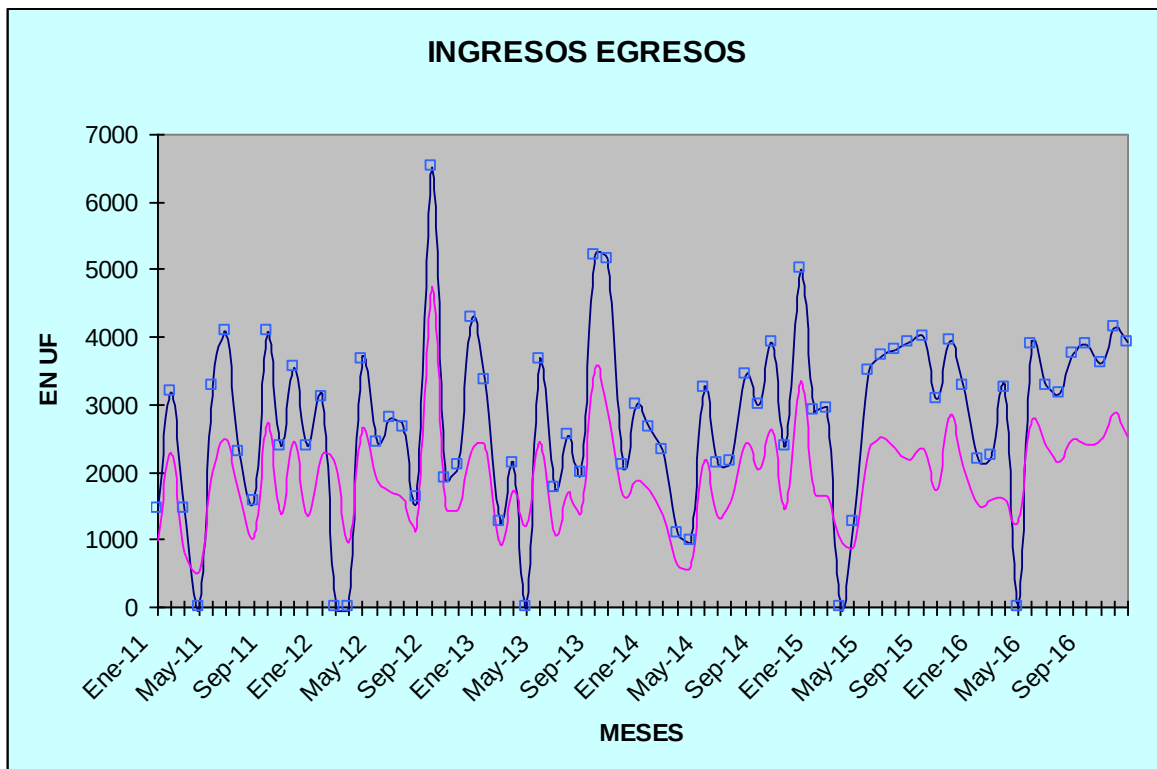


Gráfico N° 1: Ingresos v/s Egresos empresa en estudio

Estos impulsos originan la necesidad de buscar conocer otra dimensión de la empresa, que es el reverso de la eficiencia denominada ineficiencia X, a partir ciertamente de conceptos de la economía de libre mercado visualizada por Adam Smith (1776), pasando por la revolución industrial, hasta llegar a la pujanza actual de la tecnología de la información, que hace más incierto al agregar términos medioambientales, monedas virtuales o globalización, y e-commerce.

CAPITULO II

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

En la dirección y control de gestión en una empresa se manifiesta un estado difuso y poco asimilado del concepto ineficiencia X, además de su aplicación con la manipulación y lectura de variables teóricas aparentemente complejas.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de la tesis es evaluar mediante un modelo dinámico la ineficiencia X de una empresa constructora.

La empresa proporciona datos de panel en un periodo de 5 años, entre los años 2011 hasta diciembre del año 2015, y en ese contexto las decisiones relevantes serán conocer cuán eficiente fue el desempeño de la empresa en sus aspectos técnicos y asignativos.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Objetivo específico 1

“Analizar los alcances y tendencias de modelos propuestos para la medición de la ineficiencia en una organización”.

- Analizar y clasificar los modelos teóricos utilizados para la medición de la ineficiencia a través de la historia.
- Identificar el modelo teórico ad-hoc para la evaluación de la empresa en estudio.

Objetivo específico 2

“Diseñar y validar un modelo para evaluar la ineficiencia X de la empresa en estudio”.

- Determinar las variables dinámicas significativas a evaluar.
- Formular, diseñar y validar el modelo dinámico a utilizar.

Objetivo específico 3

“Evaluar y seleccionar las variables significativas en la dirección y control de la ineficiencia X en una empresa constructora”.

- Seleccionar, desarrollar y tabular las variables significativas con los datos de panel.
- Seleccionar un software econométrico, y analizar y validar resultados.

CAPITULO III

ALCANCE DEL ESTUDIO

Con la finalidad de analizar los distintos modelos teóricos a través de la historia, se describirá la evolución del concepto desde sus primeros antecedentes hasta la actualidad, sus aplicaciones, variantes y tendencias generadas por los distintos autores. Su clasificación y evaluación generará el modelo a utilizar en la tesis, con las adaptaciones o redefiniciones suficientes en el énfasis de algunas variables.

Definido el modelo teórico a utilizar para la evaluación de la ineficiencia X en una organización, la aplicación como caso de estudio será considerando los datos de panel disponible de una empresa constructora con actividad característico de pequeña empresa –con ventas menores a 3.000 UF mensuales-, sociedad de responsabilidad limitada, inserto en un 65% en la prestación de productos y servicios ligados a licitaciones públicas y una antigüedad de mas de 20 años a la fecha, que permite una expertise plausible para buscar mayor eficiencia global en la actividad de la empresa.

La empresa supone una dirección y control de gestión declarados como abiertos a cambios endógenos en la búsqueda de mayor eficiencia en la utilización de recursos propios y tecnológicos en la maximización de su rentabilidad y exploratorio en la introducción de conceptos dinámicos para dimensionar el rango o franja de comprensión de la ineficiencia X generadas entre las curvas de ingresos y egresos para obtener alguna ventaja comparativa en la selva del mercado entre sus congéneres.

Algunas características conocidas de la empresa en estudio vislumbran periodos de bajo nivel de ingresos y mantención de costos fijos superiores, evidenciando estacionalidades tanto en los ingresos como en las necesidades de mayor inversión, que no son capturados con los simples registros contables mensuales ni anuales. El grado de internalización de los cambios tecnológicos en el proceso productivo de una empresa es una variable de apreciación subjetiva del tipo fuzzy, difuso y amplio, sujetas al tamaño (economías de escala), asimismo el tipo de competencia en el que opera, que en el caso del sector construcción, especialmente las correspondientes a las licitaciones públicas tienen un grado de competencia imperfecta, de monopolios y/o al menos oligopolios, donde el precio más bajo no siempre es el más eficiente y finalmente asignado.

Una etapa esencial es la selección de las variables significativas para proceder a evaluar el comportamiento de la ineficiencia X de la empresa, e introducir el concepto dinámico en los inputs del modelo, y generar una herramienta amigable de apoyo a la dirección de la empresa. Los resultados estarán también limitado por las herramientas de software econométricos disponibles, así como su validación de resultados, para finalmente diseñar un modelo simple y útil en el apoyo de toma de decisiones del manager en un determinado periodo.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para un direccionamiento de la preparación, organización y desarrollo de la tesis se utilizará la metodología de sistemas blandos (MSB) desarrollada por Peter Checkland, apropiado para estudiar sistemas en los cuales, los objetivos, propósitos, decisiones y las medidas de rendimiento, por lo general no son cuantitativas y a veces el comportamiento de los miembros involucrados del sistema, no siguen un patrón de racionalidad y coherencia.

Cada individuo percibe a la organización de distinta manera, dependiendo de la posición en la cual se ubique para observarla, por lo tanto ésta percepción, será mas o menos realista.

La metodología como cerebro pensante está compuesta de siete pasos y permite mediante aproximaciones sucesivas (girar en torno a la situación problema varias veces), dilucidar o pasar desde una situación confusa a una situación-problema clara y estructurada en la cual se pueden proponer alternativas de solución orientadas a restituir la eficiencia del objetivo.

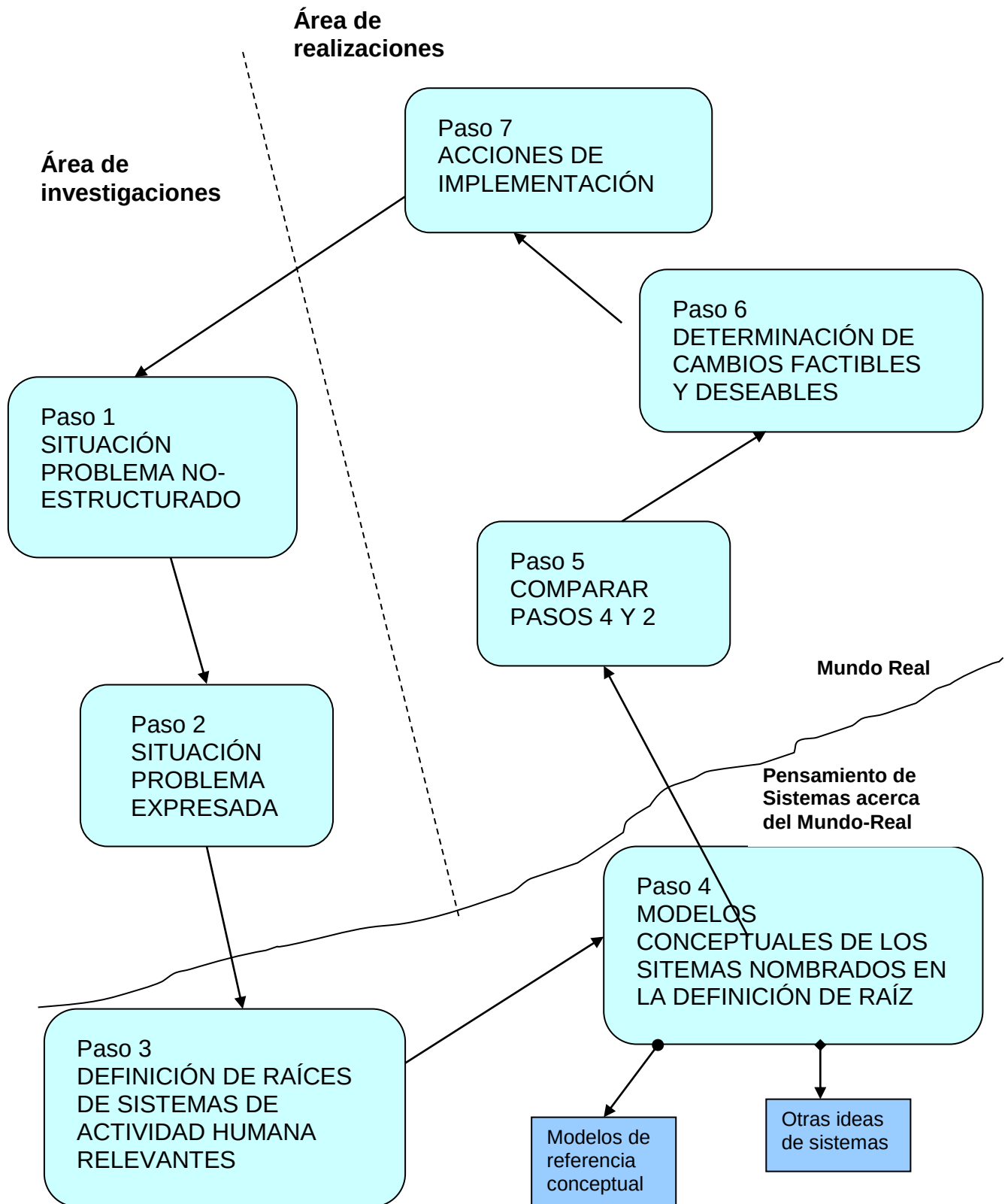
La ejecución de ésta metodología apoya el análisis de sistemas y ocurre en dos dominios distintos; aquel en donde está ocurriendo los hechos, "EL MUNDO REAL" y otro llamado "EL PENSAMIENTO DE SISTEMAS", en el cual se formulan hipótesis de solución y los modelos teóricos que representan dicha hipótesis como solución al problema inicial.

En el diagrama N° 1, se pueden observar los pasos secuenciales necesarios que constituyen ésta metodología, y en el anexo N° 2 se explicitan sus fundamentos.

Aún cuando la Metodología es un conjunto de acciones dirigidas (flechas conectadas), en una cierta dirección, la aplicación real no obliga en estricto rigor a realizar un solo ciclo metodológico. En general será necesario iterar varias veces a través de toda la Metodología y no necesariamente seguir el orden predeterminado inicialmente, esto último se debe al carácter dinámico comúnmente presentado por la situación problema en cuestión.

Para el direccionamiento del estudio de la tesis, se dará especial énfasis en la aplicación de las cuatro primeras etapas, hasta la construcción de un modelo de lo que es necesario controlar en las ineficiencias generadas dentro de una empresa. Es decir, su aplicación permitirá obtener un problema expresado, la definición de las variables significativas a evaluar y la obtención de un modelo teórico apropiado para aterrizar el concepto estudiado.

Diagrama N° 1: **CICLO METODOLOGICO DE CHECKLAND**



CAPITULO V

ESTADO DEL ARTE

El resultado de la iteración mental de la aplicación de la metodología desde el planteamiento del tema como tesis hasta la actualidad con la finalidad de alcanzar una herramienta de entendimiento, de control y monitoreo, para la comprensión de la ineficiencia es el siguiente:

5.1 ITERACIÓN BÁSICA DE LA METODOLOGÍA

5.1.1 STEP 1: SITUACIÓN PROBLEMA NO ESTRUCTURADO

Con más de 20 años de experiencia, la empresa constructora en estudio presenta una serie de mejoramientos continuos como por ejemplo:

- Estrategia “push” en servicios y productos, es decir, recibida una orden de trabajo o firmado un contrato de licitación, todo el esfuerzo se orienta a cumplir dicho objetivo con toda la capacidad de planta, y recursos humanos y económicos, en especial en la entrega de servicios en el menor tiempo.
- Control de inventario y stock de materiales en bodega exhaustivo, incluso en la tercerización de los espacios y capacidades de almacenaje.
- Recursos humanos, especialistas en determinadas áreas de la construcción, con mínima rotación y con preferencia en sub-contratación.
- Manejo financiero con capital de trabajo para 3 meses, rentabilidad real mínima del 7%, y financiamiento hasta el 50% con capital propio y bancario para obras de licitaciones públicas.

No obstante a aquellos esfuerzos, a modo general, persisten problemas o situaciones difusas que configuran una entropía en la dirección general de la empresa:

- Ingresos y egresos con alta fluctuación y cíclicos, mostrada en el gráfico N°1 precedente.
- En el manejo financiero, la empresa vivió un periodo de dos años con “default” casi total, al extenderse un contrato licitado más allá de lo presupuestado, en resonancia a los vaivenes políticos que experimentó el servicio público demandante del servicio de construcción.
- Bajo nivel de inversión en tecnología de punta, por el bajo capital de inversión disponible y mercado tipo público inserto como PYME.

En el Anexo N° 3, se muestran algunas situaciones generales facilitadores de problemas que sugieren ser cambiadas o controladas por el administrador de la empresa constructora.

5.1.2 STEP 2: SITUACIÓN PROBLEMA EXPRESADO

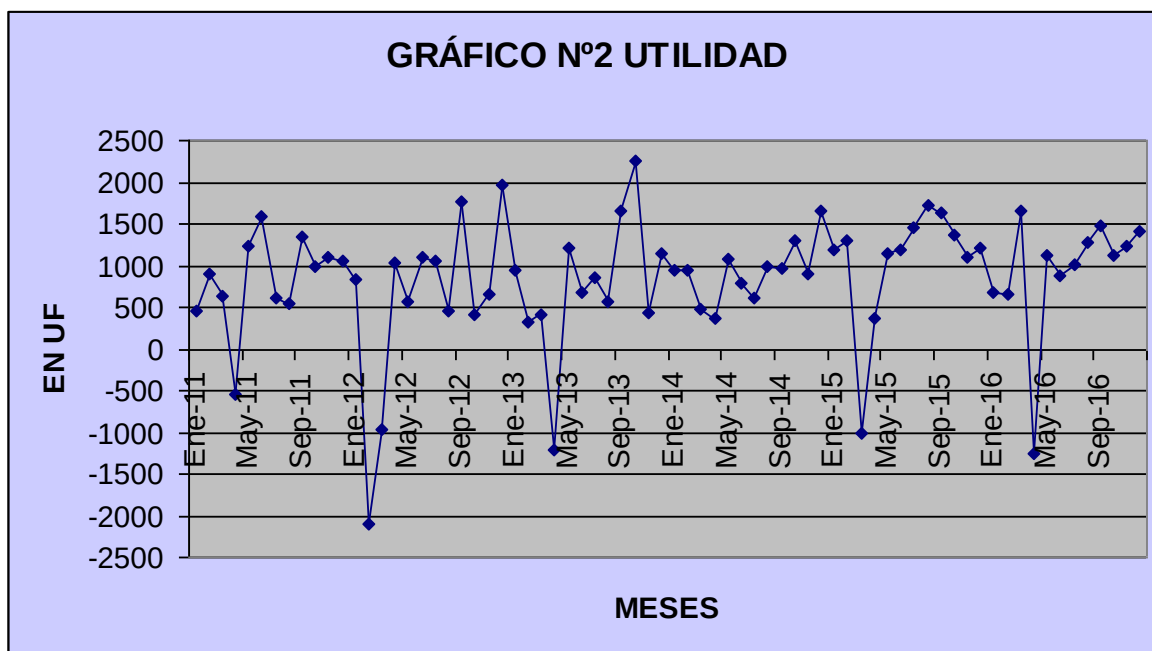
Para entender el problema, en la búsqueda de mejoramiento de la eficiencia de la empresa, el cuadro N°1 muestra las variables originadoras de pérdida de productividad en las empresas constructora, provenientes de la mano de obra utilizada, diseños de los proyectos que en muchos casos deben recubicarse o replantearse, finalmente la administración de las operaciones que trabajan a presión y plazos perentorios.

Variables	Origen pérdida de productividad
Mano de obra	10 a 15%
Diseños	20 a 25%
Administración	50 a 55%

Cuadro N° 1: Productividad en la industria de construcción

Fuente: Undurraga Montes, R. "Calidad, productividad y competitividad" Bogotá, 1999

Finalmente, se llega al problema expresado, de que el concepto a estudiar o buscar entender será la eficiencia operativa de la empresa, manifestada por el margen de beneficios o utilidad que presenta sus ventas y compras, mostrada en el gráfico N° 2 siguiente:



La función a estudiar en la búsqueda de ineficiencia estará expresada por:

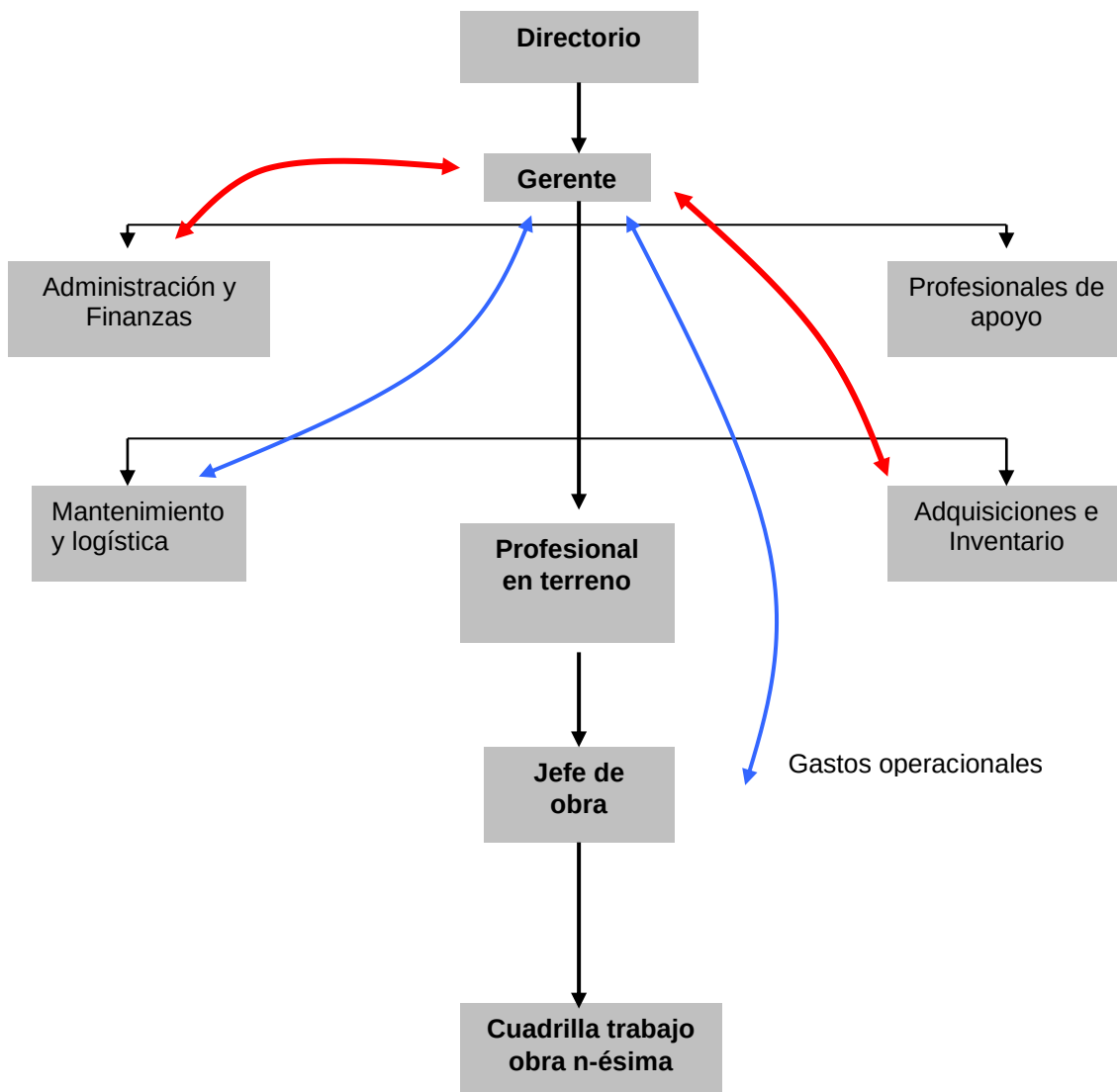
$$F = f(\text{utilidad})$$

s.a.: Factores determinantes de la ineficiencia.

5.1.3 STEP 3: DEFINICIÓN DE RAÍCES DE SISTEMAS DE ACTIVIDAD HUMANA RELEVANTES

En el tercer paso de aplicación de la metodología, las raíces relevantes de actividad humana determinantes en el flujo de la utilidad es la remarcada en colores para distinguir, los flujos de valores generadores de utilidad dentro de la empresa:

Diagrama N° 2: RAÍCES RELEVANTES ACTIVIDAD HUMANA



Alta incidencia 

Baja incidencia 

5.1.4 STEP 4: MODELOS CONCEPTUALES DE LOS SISTEMAS NOMBRADOS EN LA DEFINICIÓN DE RAÍZ

Los modelos o conceptualización de los términos efluyentes en la comprensión y medición de la eficiencia son los siguientes:

- Utilidad
- Rentabilidad
- Eficiencia
- Productividad
- Competitividad

A continuación se desarrolla resumidamente el contexto general de los modelos desarrollados para cuantificar finalmente la ineficiencia.

5.2 ANÁLISIS MODELOS DE ESTIMACIÓN DE EFICIENCIA

5.2.1 CONCEPTOS BÁSICOS

Cinco son los conceptos básicos empleados rutinariamente en los procesos económicos: Productividad, Competitividad, Eficiencia, Eficacia y Efectividad.

Productividad es una medida –generalmente para la economía de un país- de qué tan eficientemente se utiliza el trabajo y capital para producir valor económico. Una alta productividad implica que se logra producir mucho valor económico con poco trabajo y/o capital. Un aumento en productividad implica que se puede producir más con lo mismo.

En términos económicos, la productividad es todo crecimiento en producción que no se explica por aumentos en trabajo, capital o en cualquier otro insumo intermedio utilizado para producir más con lo mismo.

Algebraicamente se expresa como:

$$\text{PIB} = \text{Productividad} * f(\text{capital y trabajo})$$

Competitividad, también como un indicador para clasificar la economía de un país, el Foro Económico Mundial lo define como “el conjunto de instituciones, políticas y factores que determinan el nivel de productividad de un país”, y este por su parte, determina la tasa de crecimiento de una economía.

Así, desde el año 1979 que el Foro Económico Mundial mide el Índice de Competitividad Global (GCI), que busca establecer un ranking con los países de la muestra, según el nivel de competitividad que estos tengan.

El ranking es calculado actualmente sobre un total de 140 países y se elabora utilizando datos recolectados por una encuesta de carácter cualitativo que capturan la perspectiva y opinión de líderes empresariales a través del mundo y datos estadísticos cuantitativos generados por varias instituciones internacionales como el Banco Mundial, el FMI o UNESCO entre otros. En promedio, un 70% de las variables son construidas en base a la percepción de los encuestados y el 30% son datos duros.

En el reporte 2015-2016 Chile se ubicó en el lugar 35, de un total de 140 países, con un índice de 4,6 que es prácticamente igual a la calificación de las últimas tres mediciones. Sin embargo, respecto a la medición anterior, Chile descendió dos puestos. El ranking lo lidera Suiza.

Eficiencia es un término frecuentemente empleado, y no de siempre correcta, confundiéndolo con otros muy cercanos como eficacia y efectividad, o incluso con productividad. Los dos primeros son términos que tienen un uso habitual en economía a la hora de realizar evaluaciones económicas de técnicas o procedimientos sanitarios.

Eficacia hace referencia a la obtención de los resultados propuestos en condiciones ideales, sin considerar los recursos empleados para ello; por ejemplo, la reparación de una maquinaria mediante el recambio de una pieza defectuosa. Generalmente el grado de eficacia de una actuación específica se determina de forma experimental.

Efectividad se determina en la práctica, desarrollando la actuación en condiciones habituales. En el ejemplo anterior de la reparación, su efectividad se mediría cuando éste fuera controlado con un buen protocolo de mantención administrado con normalidad a maquinarias de la empresa. Eficiencia no implica efectividad, pues en condiciones normales se producen distintas influencias que pueden hacer que los resultados que se han obtenido experimentalmente varíen. No obstante la efectividad si requiere eficacia.

Eficiencia, por último, es un concepto relativo, que se obtiene por comparación con otras alternativas disponibles, considerando los recursos empleados en la consecución de los resultados. Continuando con el mismo ejemplo, para determinar la eficiencia de la mantención de maquinarias se consideraría el costo de recambio total de la maquinaria, y se compararía con el costo que conllevan el

resto de las alternativas existentes como subarriendo de maquinarias o externalización del servicio.

Se trata por lo tanto de un concepto económico que viene justificado por la tradicional escasez de recursos susceptibles de empleo en usos alternativos. No tiene un carácter absoluto, ya que viene determinado por las alternativas existentes.

A la hora de evaluar la actividad económica habitual de las empresas, la economía se preocupa de la eficiencia en el proceso productivo que desarrollan, que ya se ha demostrado efectivo y por lo tanto eficaz. Es decir, la combinación de factores elegida permite obtener una producción de bienes y servicios, y la economía se ocupa de estudiar la eficiencia con que las empresas consiguen esta producción.

Ello conlleva la eficiencia productiva, término polivalente, ya que no existe un único tipo sino varios, según cual sea el objetivo que se propone la empresa, como eficiencia en costos, si trata de minimizar estos, eficiencia en el ingreso si se propone maximizarlo, o eficiencia en el beneficio, si el objetivo planeado es la maximización de este. Para evaluar estos tipos de eficiencia es necesario contar con información sobre los precios del mercado, ya que estos determinan el tipo de actuación óptima en cada caso.

No obstante, con independencia del criterio que orienta la actuación de las empresas, y de los precios vigentes, hay un tipo de eficiencia básico, no ligado a ningún objetivo económico, que consiste en el adecuado aprovechamiento de los recursos empleados, a este tipo de eficiencia se le denomina eficiencia técnica.

5.2.2 DESARROLLO HISTÓRICO DEL CONCEPTO EFICIENCIA.

El primero en manifestar una mentalidad susceptible de incorporar la eficiencia, en este caso de las naciones como entidades productivas, fue Adam Smith (1776) al proponer la apertura mundial de la economía y de ahí su importancia en el desarrollo tanto de la tecnología y la forma de manejar la economía.

Un poco más antes, en 1766 se creó el Acta de Libertad de Prensa en Suecia, una legislación que trata la libertad de información como la representación del derecho a pedir información al gobierno y a recibirla gratuitamente o a un costo mínimo. Actualmente, más de 85 países del mundo han adoptado medidas legislativas similares, y ello permite tomar decisiones con conocimiento de causa y sin asimetría de información, favoreciendo la transparencia empresarial y evitando la opacidad, porque supone la creación de una imagen sostenible que ayuda a mejorar los resultados a largo plazo.

Otro importante aportante en el desarrollo de la eficiencia en las economías abiertas fue dada por Cobb-Douglas (1927), (véase anexo N° 4), al definir una función que relaciona el trabajo y el capital.

Por otro lado, el tratamiento que la eficiencia productiva ha recibido en la economía hasta hace no muchos años ha sido poco claro, y esto ha favorecido sin duda la confusión que rodea al término. El autor que dio por primera vez una definición de eficiencia productiva fue Koopmans (1951), quien se centró en la eficiencia técnica, afirmando que una combinación factible de inputs y outputs es técnicamente eficiente, si es tecnológicamente imposible aumentar algún output y/o reducir algún input sin reducir simultáneamente al menos otro output y/o aumentar al menos otro input.

Por otra parte, Debreu (1951) propuso la construcción de un índice de eficiencia técnica, al que llamó “coeficiente de utilización de los recursos”, que definía como la unidad menos la máxima reducción equiproporcional en todos los inputs, consistente con el mantenimiento de la producción de los outputs. Dicho coeficiente no depende de las unidades de medida empleadas, lo cual constituye una propiedad interesante desde el punto de vista operativo.

Inspirado en los trabajos de Koopmans (1951) y Debreu (1951), Farrel (1957) añadió a la eficiencia técnica un nuevo concepto, el de eficiencia asignativa, que él llamó eficiencia en precios. Para ello supuso que la empresa persigue un objetivo que consiste en la minimización de los costos. La eficiencia consiste para Farrel (1957) en elegir, de entre las combinaciones de inputs y outputs técnicamente eficientes, aquella que resulta más barata según los precios de los inputs.

La gran contribución de Farrel (1957), que le convierte en el autor más influyente en el estudio de la eficiencia productiva, consiste en proponer la forma de medir empíricamente la eficiencia. La teoría económica nos muestra cuál es el comportamiento eficiente (las distintas funciones de producción, costos y beneficios), pero éstas resultan desconocidas en la práctica. Este autor propuso considerar como referencia eficiente la mejor práctica observada de entre la muestra de empresas objeto de estudio, y calcular así los índices de eficiencia de cada una por comparación con las que presenten un mejor comportamiento económico. De esta forma se obtiene una medida eficiente que tiene un carácter relativo, es decir, depende de la muestra objeto del estudio.

Las empresas que constituyen el comportamiento eficiente, pasan a integrar lo que se denomina la “frontera eficiente”. Este término alude al hecho de que no es posible ser más eficiente que las empresas situadas en dicha frontera.

En 1966 Leibenstein acuña el término “ineficiencia x”, donde las empresas no maximizan sus beneficios, existiendo por tanto, siempre un elemento de ineficiencia en todos ellos.

A partir de entonces comienza a aparecer una serie de trabajos empíricos que llevan a la práctica las sugerencias de Farrell (1957), midiendo la eficiencia de forma más o menos refinada, y que han dado lugar a los que se conoce genéricamente como “metodología de fronteras”. En realidad, sería más correcto hablar de las metodologías de fronteras, ya que existen dos ámbitos de trabajo bien diferenciados, según las herramientas empleadas a la hora de determinar la frontera; las técnicas econométricas de estimación, o la programación matemática.

En el primer caso, son las funciones de fronteras estocásticas. El procedimiento consiste básicamente en suponer una forma funcional específica para la frontera (ya sea de producción, costos o beneficios), y mediante estimación econométrica emplear la información de la muestra para obtener los parámetros de la función. Por comparación con la frontera estimada, se calculan los índices de eficiencia de las empresas.

En el segundo caso se refiere al análisis de envolvimiento de datos (AED). Con ésta técnica se emplea la programación matemática para encontrar el conjunto de observaciones que delimitan la frontera, sin que ésta tenga que quedar reflejada necesariamente en una forma funcional específica.

La metodología de fronteras está respaldada por una literatura relativamente reciente, y ha experimentado un rápido crecimiento en los últimos años. Las aportaciones más interesantes de esta literatura se encuentran recogidas en resúmenes como los de Försund, Lovell y Schmidt (1980), Schmidt (1985-1986), y Bauer (1990). También se ha publicado diversos manuales que recopilan y organizan con mayor o menor pretensión de completitud, la literatura sobre este tema.

En primer lugar están los libros de Fried, Lovell y Schmidt (1993) y de Coelli, Prasada Rao y Battese (1998). Estos libros analizan las diferentes técnicas de estudio de la eficiencia, tanto en el ámbito de las fronteras estocásticas como en el del AED, aunque el primero, por su fecha de publicación, no recoge los últimos modelos que se están empleando en la actualidad. En segundo lugar estarían los manuales de Färe, Grosskopf y Lovell (1985 y 1994) donde se realiza una revisión exhaustiva de las distintas medidas de eficiencia basadas en el AED. Finalmente el manual de Kumbhakar y Lovell (2000), centrándose únicamente en las fronteras estocásticas, contiene un completo y detallado análisis de los diferentes modelos y posibilidades de estimación, incluyendo los más recientes.

A pesar del desarrollo experimentado, la metodología de fronteras aún está lejos de ser un campo de trabajo cerrado. Aún permanecen algunas cuestiones por resolver, siendo una de las más destacables, la falta de armonía entre los resultados obtenidos por los distintos trabajos empíricos a partir de métodos diferentes de análisis. Como señalan Puig-Junoy y Dalmau (2000), que menciona “aunque los índices medios suelen resultar parecidos al comparar dos diseños metodológicos, la evidencia disponible indica que los rankings pueden diferir de forma notable”.

5.3 CONCEPTUALIZACIÓN

La ineficiencia X, se entenderá como la utilización subóptima de los insumos y puede ser dividida en ineficiencia Técnica y de Asignación:

La **ineficiencia técnica** (frontera de producción) ocurre cuando se utiliza más de cada insumo de lo que se requiere eficientemente para obtener un producto determinado, y son de dos tipos:

- Reducción radial del vector de factores sin modificar el vector de productos: orientación en inputs.
- Expansión radial del vector de productos sin modificar el vector de factores: orientación en outputs.

La **ineficiencia de asignación** (frontera de costos) ocurre cuando los insumos son combinados en proporciones subóptimas dados sus precios.

5.4 CLASIFICACIÓN DE LAS FUNCIONES DE FRONTERAS

Las funciones de fronteras de producción como de costos se pueden clasificar de acuerdo a los siguientes tratamientos aplicados:

5.4.1 SEGÚN LAS TÉCNICAS EMPLEADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

- Aproximación paramétrica: se impone una forma funcional para representar la tecnología. Incorpora un error de especificación que recoge la presencia de ruido estadístico.
- Aproximación no paramétrica (DEA): Técnicas de programación matemática. No impone ninguna especificación funcional pero no incorpora la presencia de ruido estadístico.

5.4.2 SEGÚN COMO SE INTERPRETA LA DESVIACIÓN RESPECTO A LA FRONTERA.

- Fronteras determinísticas (Farrell, 1957; Aigner y Chu, 1968):
Término de error simple = Ineficiencia
- Fronteras estocásticas (Aigner, Lovell, Schmidt, 1977): Jondrow, Lovell, Materov y Schmidt (1982) proponen como descomponer ese residuo compuesto en ineficiencia y ruido.
Término de error compuesto = Ineficiencia + ruido estadístico

5.4.3 SEGÚN EL PROCEDIMIENTO DE ESTIMACIÓN UTILIZADO

- Mínimos cuadrados ordinarios: Se corrige el término independiente:

- Mínimos cuadrados ordinarios corregidos (MCOC), Winstein (1957) y Gabrielsen (1975).
 - Mínimos cuadrados ordinarios modificados (MCOM), de Richmond (1974).
- Máxima verosimilitud: se suponen distintas distribuciones de una cola (positiva) para el residuo: Schmidt (1976) exponencial y semiformal; Richmond (1974) y Greene (1980) gamma; Afriat (1972) beta.
- Estimación de fronteras de costos estocásticas con datos de panel:
 - Caso 1: Modelo de efectos fijos.
 - Caso 2: Modelo de efectos aleatorios.

5.4.4 SEGÚN EL NÚMERO DE ECUACIONES DEL MODELO

Descompone la ineficiencia en una función de costos y un conjunto de restricciones, y las soluciones están dadas por:

- Ad Hoc (Schmidt, 1984); Melfi (1984); Bauer (1985); Kumbhakar (1991).
- Relación exacta: Kumbhakar (1997).

5.5 LOS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN

En principio, para el cálculo de ineficiencia X existen dos enfoques, uno de programación lineal y otro econométrico.

5.5.1 EL MÉTODO DE PROGRAMACIÓN LINEAL

Conocido como Data Envelopment Analysis (DEA), se caracteriza por ser no paramétrico (no es necesario suponer una función de producción o de costos a priori) y determinístico (no se considera que las determinaciones contengan un elemento aleatorio). Consiste en determinar, sobre la base de las observaciones, una isocuanta típica, que se construirá como una envolvente en el mapa de los insumos necesarios para lograr un nivel de producción dado. Toda desviación de la frontera mínima de producción que se construya constituirá ineficiencia X . Este valor tenderá a ser mayor que el estimado bajo otras metodologías, debido a que, bajo el DEA, los componentes aleatorios entran en la medida como ineficiencia. El método DEA, sin embargo, es particularmente atractivo debido a que requiere menos información que los métodos paramétricos.

5.5.2 EL MÉTODO ECONOMÉTRICO

En este método, el principal problema radica en distinguir la ineficiencia X de los errores aleatorios en las funciones de costo. Así el término de error estaría constituido de dos partes: 1) error de medida, cuya causa radica en, por ejemplo, la omisión de variables explicativas relevantes y especificaciones incorrectas, y componentes aleatorios que colocan a una empresa en el corto plazo en un nivel de mayor o menor gasto; 2) ineficiencia propiamente dicha. Para identificarlas existen tres enfoques mas uno mixto que permite distinguir las ineficiencias técnicas y asignativas, detallados a continuación.

5.5.2.1 ECONOMETRIC FRONTIER APPROACH (EFA)

Bajo este enfoque se asume que la función de costos es la frontera, mientras que la ineficiencias entran a través del término de error. Con el fin de separar las ineficiencias de las funciones aleatorias se elige una distribución, que frecuentemente es una distribución semi-normal, mientras que se supone que los errores aleatorios siguen una normal simétrica. Ambas distribuciones son independientes de las variables explicativas:

$$C_i = AX + \mu_i + e_i$$

$$\mu_i \text{ SN}(M_\mu, S_\mu) ; e_i \text{ N}(0, S_e)$$

en donde C representa los costos, X el vector de productos, μ la ineficiencia X , y e el componente aleatorio.

El problema de este enfoque es que, si se utiliza una distribución semi-normal para desagregar los factores aleatorios de la ineficiencia, implícitamente se impone el supuesto de que las observaciones estarán concentradas cerca del nivel de eficiencia óptimo, mientras que los mayores niveles de ineficiencia son decrecientemente probables.

5.5.2.2 DISTRIBUTION FREE APPROACH (DFA)

Supone que las diferencias en eficiencia son estables a través del tiempo mientras que los errores, aleatorios, se compensan. Por ello, la medida de la ineficiencia X se calcula promediando los errores de estimaciones corridas en distintos periodos para cada individuo (datos de panel), obteniéndose así una medida de ineficiencia para cada una de las observaciones.

5.5.2.3 THICK FRONTIER APPROACH (TFA)

Este enfoque es particularmente apropiado para estudiar sectores altamente competitivos como es el sector financiero, y parte de la estratificación de las

empresas de acuerdo a su tamaño, ordenándose dentro de cada grupo en función del costo medio (costos activos). Luego se corren dos regresiones sobre las empresas incluidos en el primero y último cuartil de costo medio dentro de cada grupo respectivamente, suponiéndose que los errores observados en cada una de las regresiones son aleatorios. La medida de ineficiencia surge entonces de la comparación de los resultados de ambas regresiones para los distintos grupos de empresas por tamaño. Esto se realiza separando las diferencias existentes entre las dos funciones de costo estimadas en factores de mercado e ineficiencias. El factor de mercado es hallado permitiéndole al cuartil de empresas más ineficientes hacer uso de la tecnología estimada para el cuartil de empresas más eficientes. El resto de la diferencia entre los costos medios estimados de los dos cuartiles, o sea, la proporción no captada por el factor de mercado, representa ineficiencia X . El método no permite medir la ineficiencia de empresas individuales, sino que se limita a brindar una medida de ineficiencia entre la “mejor” y la “peor” gestión empresarial.

De acuerdo a lo señalado por Berger y Humphrey (1991), la ventaja que ofrece el método TFA es que requiere menos supuestos estadísticos, lo cual implica que sea menos probable que estos sean violados por los datos. Por ejemplo, no es necesario, como en el caso del DFA, suponer que las ineficiencias son ortogonales al producto y a otras variables explicativas incluidas en la función de costo. De más importancia aún es que, aún en el caso en que los términos de error dentro de cada función dentro de costos estimada representen ineficiencia (no sean aleatorios), el método TFA permite realizar una comparación válida entre la ineficiencia promedio de las entidades con costos altos y bajos.

5.5.2.4 MODELO MIXTO DE EFICIENCIA TÉCNICA Y ASIGNATIVA

Este modelo simplificado y de fácil utilización considera un modelo de frontera estocástica de costos derivadas de la tecnología Cobb-Douglas y la función de costos logarítmica, que presenta la ventaja de brindar una curva de costos medios en forma de “U”, si bien obliga también a la simetría de la función de costos:

Inicialmente, parte de una función de producción o de costos típica como:

$$F(\text{costo}) = X(y_i, w_i, \beta) + \text{error}$$

No obstante por tratarse de funciones cóncavas, que refleja las economías de escala, al aplicar logaritmo, se linealiza como sigue según la tecnología Cobb-Douglas (Véase anexo N° 3):

$$\ln C_i = \ln C(y_i, w_i, \beta) + v_i + \mu_i \quad \text{con } \mu_i \geq 0 \quad (1)$$

Siendo C_i , el costo efectivo, y_i el vector de productos, w_i los precios de los factores, y β un vector de parámetros que se van a estimar; v_i es una perturbación aleatoria, y el término μ_i recoge la ineficiencia que eleva el costo.

El origen de la ineficiencia en costos puede ser doble, por ineficiencia técnica o asignativa. Por tanto, el término μ_i está integrado por dos componentes, que refleja cada uno de los dos tipos de ineficiencia, con lo que el modelo de frontera resulta como sigue:

$$\ln C_i = \ln C(y_i, w_i, \beta) + v_i + \mu_{Ai} + \mu_{Ti} \text{ siendo con } \mu_{Ai} \geq 0 \text{ y } \mu_{Ti} \geq 0 \quad (2)$$

Se tiene entonces un término de error integrado por tres componentes, dos de ellos de carácter sesgado. El tercero, v_i consideramos que se distribuye independiente e idénticamente entre la muestra según una normal de media cero y varianza σ_v^2 , y que es independiente de las ineficiencias y de las regresiones.

Si se considera que la eficiencia técnica está relacionada con características propias de la empresa, podemos expresar el componente que refleja la ineficiencia técnica, μ_{Ti} , siguiendo el planteamiento que realiza Battese y Coelli (1995), como la función lineal de factores específicos de las empresas y una perturbación aleatoria, de la siguiente forma:

$$\mu_{Ti} = \delta' Z_i + \eta_i \quad (3)$$

Donde δ es el vector de parámetros que acompaña al vector de características propias de las empresas, Z_i , y η_i es un término aleatorio que se distribuye independiente pero no idénticamente entre las empresas según una normal de media cero y varianza σ_η^2 truncada en el punto $-\delta' Z_i$. Así $\eta_i \geq -\delta' Z_i$, y de ésta forma, el término de ineficiencia técnica, μ_T se distribuye según una normal, cuya media depende de las variables que explican la ineficiencia, y truncada en cero, $N^+(\delta' Z_i, \sigma_\eta^2)$. Se considera que es independiente del error aleatorio v_i , y del componente de ineficiencia asignativa μ_{Ai} así como de los regresores.

Por lo que se refiere a la eficiencia asignativa, su estudio por separado de la eficiencia técnica requiere abordar la estimación de un sistema compuesto por la frontera de costos, y las ecuaciones de participación de los factores. Estas se obtienen derivando en (2), con respecto al logaritmo de los precios de los factores, teniendo en cuenta que tanto el término de ineficiencia técnica como la perturbación aleatoria son independientes de estos, pero no lo es el término de ineficiencia asignativa.

Siendo S_{ij} la participación efectiva del factor x_j resultaría el siguiente término:

$$S_{ij} = \frac{\partial \ln C(y_i, w_i, \hat{\alpha})}{\partial \ln w_{ij}} + \frac{\partial \mu_{Ai}}{\partial \ln w_{ij}} + \xi_{ij} \quad (4)$$

Donde ξ_{ij} es una perturbación aleatoria que recoge el ruido estadístico en la ecuación de participación.

Siendo $S_{ij}(y_i, w_j, \beta)$ la participación que minimiza el costo según el lema de Shephard (1953):

$$S_{ij}(y_i, w_j, \beta) = \frac{\partial \ln C(y_i, w_i, \hat{\alpha})}{\partial \ln w_{ij}} \quad (5)$$

y agrupando las desviaciones en la participación efectiva respecto de la óptima que se producen ya sea por ineficiencia asignativa o por razones puramente aleatorias, en un único término ε_{ij} se tiene:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\partial \mu_{Ai}}{\partial \ln w_{ij}} + \xi_{ij} \quad (6)$$

la ecuación de participación del factor x_{ij} resultaría como sigue:

$$S_{ij} = S_{ij}(y_i, w_j, \hat{\alpha}) + \varepsilon_{ij} \quad (7)$$

Con las participaciones del resto de los factores se forma el siguiente sistema:

$$\begin{aligned} \ln C_i &= \ln C(y_i, w_i, \hat{\alpha}) + v_i + \mu_{Ai} + \mu_{Ti} \\ S_{ij} &= S_{ij}(y_i, w_j, \hat{\alpha}) + \varepsilon_{ij} \end{aligned} \quad j = 1 \dots n-1 \quad (8)$$

Del que se ha eliminado una de las ecuaciones de participación, ya que la suma de todas es uno.

Suponiendo que los errores de las ecuaciones de participación $\varepsilon_{ij} = (\varepsilon_{i1} \dots \varepsilon_{in-1})$, se distribuyen independiente e idénticamente para toda la muestra según una normal $N(\mu, \Sigma)$, siendo μ el vector de medias, y Σ matriz de varianzas y covarianzas. Consideremos también que ésta distribución es independiente de la perturbación aleatoria v_i , así como del término de ineficiencia técnica μ_{Ti} .

Cuanto mayores sean las desviaciones de las participaciones de los factores respecto a las óptimas, mayor será el incremento que se produzca en el costo debido a ineficiencia asignativa; Esta relación existente entre los errores de las ecuaciones de participación y el término μ_{Ai} en (8), se aproxima normalmente a través de una expresión cuadrática, ya que las desviaciones tanto positivas como negativas tienen el mismo efecto sobre el costo. Sin embargo, dado que éstas son en valor absoluto menores que la unidad, la suma de sus cuadrados resulta siempre cercana a cero, para evitar ésta tendencia sistemática, Bauer (1990) sugirió ponderar dicha suma mediante un parámetro c que fuera objeto de estimación. Esta será la especificación a emplear, por lo que resultaría:

$$\mu_{Ai} = c \sum_{j=1}^n \varepsilon_{ij}^2 \quad (9)$$

Con ella el término μ_{Ai} resulta conocido, por lo tanto, la función de verosimilitud del sistema (8) será el producto de las funciones de densidad del error compuesto de la función de costos, $v_i + \mu_{Ti}$, y de los errores asignativos de las ecuaciones de participación, ε_{ij} . Con la técnica de máxima verosimilitud podemos obtener estimaciones consistente y asintóticamente eficientes de los parámetros de la función frontera de costos, de los errores de participación y del error compuesto $v_i + \mu_{Ti}$.

A partir de los errores de participación estimados, empleando la expresión (9) se obtiene un estimador de μ_{Ai} para cada unidad de la muestra, y aplicando la función exponencial, se estima el grado de eficiencia asignativa de la siguiente forma:

$$EA_i = \exp(-\mu_{Ai}) = \exp(-c \sum_{j=1} \varepsilon_{ij}^2) \quad (10)$$

Por último, siguiendo a Jondrow et al. (1982), se emplea la media de la distribución condicionada $f(\mu_T / (v_i + \mu_T))$ como predictor del término de ineficiencia, μ_{Ti} , para cada empresa. Posteriormente, el índice de ineficiencia técnica de cada una, $ET_i = \exp(-\mu_{Ti})$ se estima a través de la siguiente predicción, como sugieren Battese y Coelli (1988):

$$ET_i = E(\exp(-\mu_{Ti}) / (v_i + \mu_T)) \quad (11)$$

5.6 MARCO TEÓRICO EXISTENTE EN LA MEDICIÓN DE EFICIENCIA TÉCNICA

Las medidas de carácter radial son las más empleadas en los estudios empíricos sobre eficiencia técnica y varían según el número de variables a estudiar:

5.6.1 UN ÚNICO PRODUCTO Y UN ÚNICO FACTOR

Para un único producto y , que se obtiene a partir de un único factor x , empleando la tecnología existente, mostrada en la gráfica N° 3. Esta función delimita el conjunto de posibilidades de producción $T = \{(x,y): x \text{ puede producir } y\}$, es decir, el conjunto de input-output factibles, y que se encuentran situados por debajo de la función, la que actúa como frontera, ya que las combinaciones situadas por encima no son posibles con la tecnología actual.

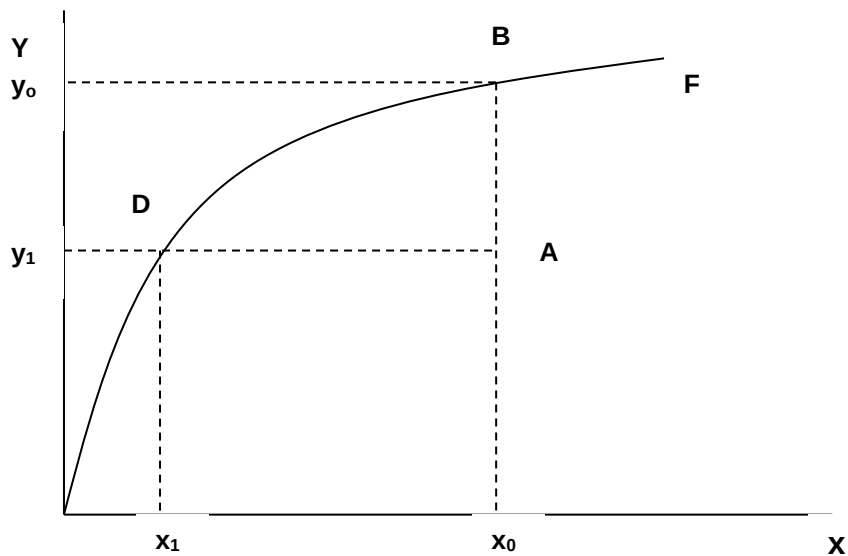
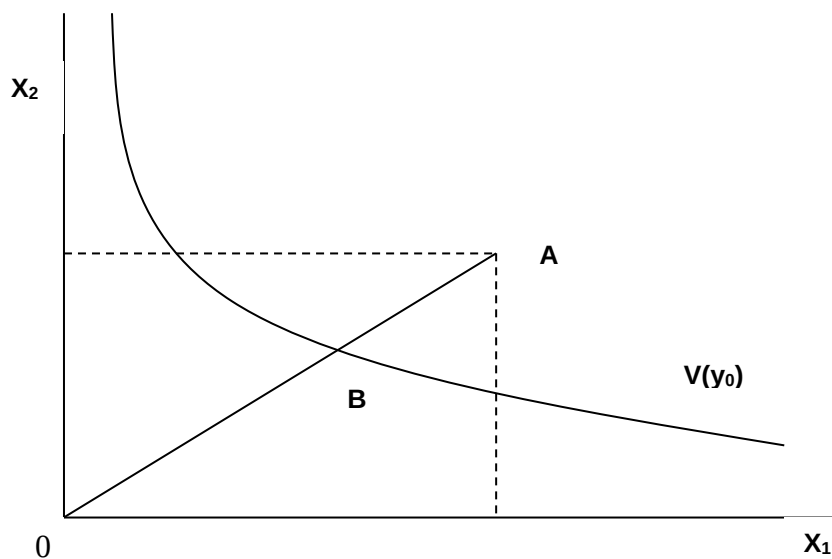


Gráfico N° 3: Función de producción y eficiencia técnica

Las empresas B y D son eficientes técnicamente, alcanzan la frontera de producción, mientras existen otras como la A, que se encuentran por debajo de la misma, y por lo tanto son ineficientes.

5.6.2 UN PRODUCTO Y VARIOS FACTORES

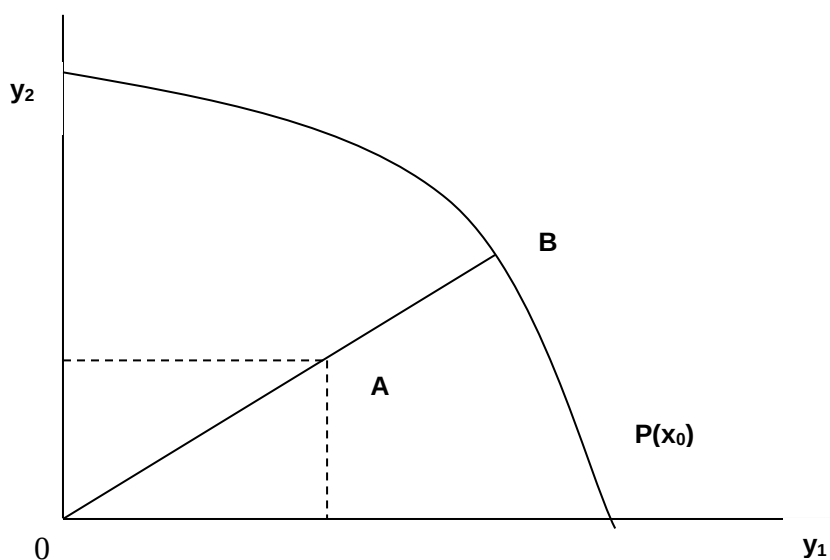
Un caso típico es el que una empresa obtiene un producto y , empleando un conjunto de factores de producción $x = (x_1, x_2 \dots x_n)$. Su gráfica debería ser en $n-1$ dimensiones, y la gráfica N° 4 muestra para el caso de dos factores, x_1, x_2 , la isocuanta delimita el conjunto de cantidades necesarias de factores $V(y_0) = \{x : (x, y_0) \in T\}$, es decir, el conjunto de todas las combinaciones de ambos factores que permiten obtener un nivel de producción y_0 , y que estarían representadas por puntos a la derecha de la isocuanta.



Gráfica N° 4: la isocuanta y eficiencia técnica

5.6.3 VARIOS PRODUCTOS Y UN ÚNICO FACTOR

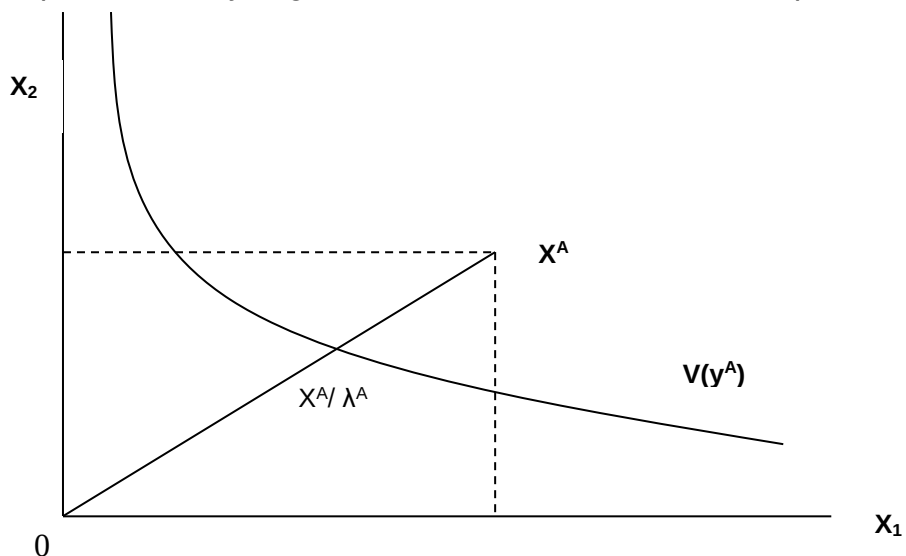
La gráfica N° 5 representa la curva de posibilidades de producción el límite del conjunto de producción factible $P(x_0) = \{y: (x_0, y) \in T\}$, considerando dos productos, y_1, y_2 , de $y = (y_1, \dots, y_m)$, es decir, del conjunto de todas las combinaciones de producciones factibles con una cantidad x_0 de factor.



Gráfica N° 5: La curva de producción y eficiencia técnica

5.6.4 VARIOS FACTORES Y VARIOS PRODUCTOS

En la gráfica N° 6 se representa el conjunto de inputs necesarios para producir un vector de outputs y^A , y una empresa A, que emplea un vector de inputs x^A . La función de producción empleadas -como medidas de eficiencia- para esta empresa toma un valor $D(x^A, y^A) = \lambda^A > 1$, porque puede utilizar una cantidad menor de inputs, x^A / λ^A , y seguir obteniendo el mismo vector de productos.



Gráfica N° 6: Función de distancia de inputs y eficiencia técnica

Las funciones de Shephard (1953, 1970) permiten caracterizar una tecnología multiproducto, también son utilizadas como medidas de eficiencia.

5.7 MARCO TEÓRICO EN LA MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA ASIGNATIVA

De manera similar se puede analizar la eficiencia asignativa, partiendo de si una empresa intenta minimizar el costo de producción, hablamos de eficiencia en costos, y para ello es necesario que exista eficiencia técnica. Pero además, se requiere que los factores productivos se combinen de la forma que resulte más barata, y eso es la eficiencia asignativa de los factores.

Para determinar la eficiencia asignativa, distintos autores coinciden en estudiar tres variables principales; costos, ingresos y beneficios.

5.7.1 EFICIENCIA EN COSTOS

La función de costos $C(y,w)$, indica el menor costo con que las empresas pueden conseguir cada nivel de producción, y , dada una tecnología, y dados unos precios $w = (w_1, \dots, w_n)$ de los factores productivos $x = (x_1, \dots, x_n)$.

En la grafica N° 7 se representa en el caso en que únicamente se produce un bien y . La función de costos es una nueva frontera, y las empresas que muestren un comportamiento ineficiente serán representados por puntos situados por encima de la misma, ya que el costo de producción será más alto.

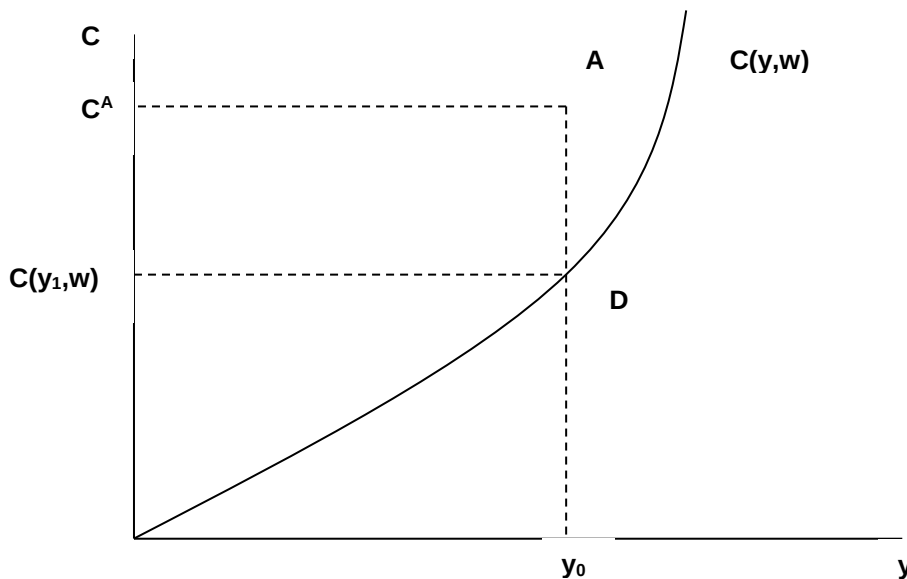
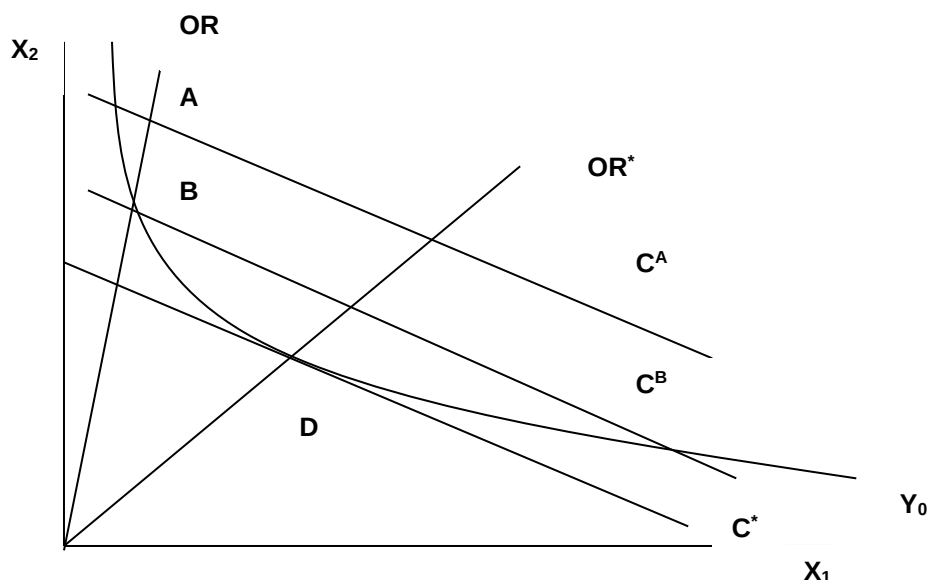


Gráfico N° 7: Función de costos y la eficiencia en costos

Al analizar el caso de dos factores x_1 y x_2 , cuyos precios son w_1 y w_2 , y representado, en la gráfica N° 8, la curva isocuanta asociada al nivel de producción y_0 .



Gráfica N° 8: Descomposición de la eficiencia en costos

Entre las combinaciones de factores que permiten conseguir el nivel de producción y_0 con eficiencia técnica, y que vienen representadas por lo tanto en la isocuanta, la que supone un costo menor es la representada por D, donde la isocuanta es tangente a la recta isocosto. La combinación de factores en D y que viene marcada por el radio-vector OR^* , es por lo tanto la que permite conseguir la eficiencia asignativa.

5.7.2 EFICIENCIA EN EL INGRESO

Una segunda variable que define la eficiencia asignativa es la eficiencia en el ingreso. La función ingreso $I(x,p)$ representa el máximo ingreso que es posible conseguir a partir de los factores $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, teniendo en cuenta los precios $p = (p_1, \dots, p_m)$ a los que se venden los productos obtenidos $y = (y_1, \dots, y_m)$. La gráfica N° 9 representa para el caso en que únicamente se emplea un factor, x y delimita el ingreso máximo.

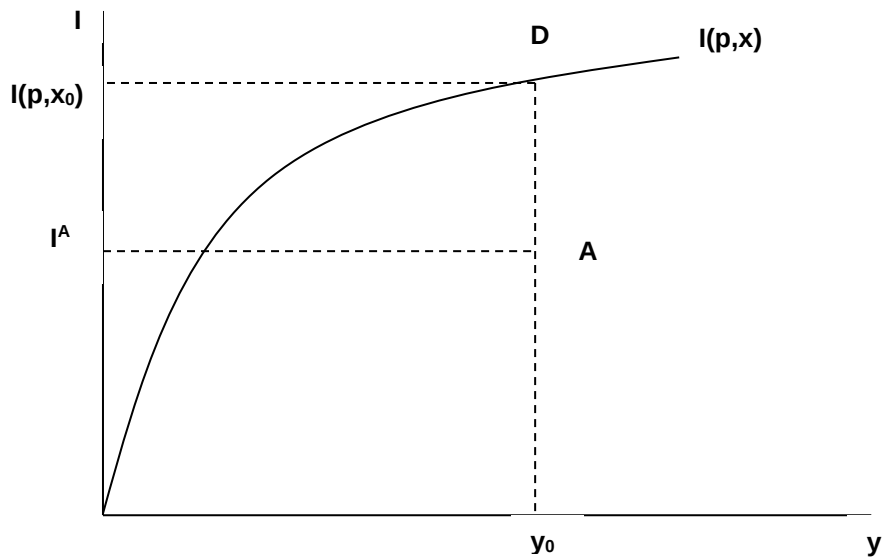
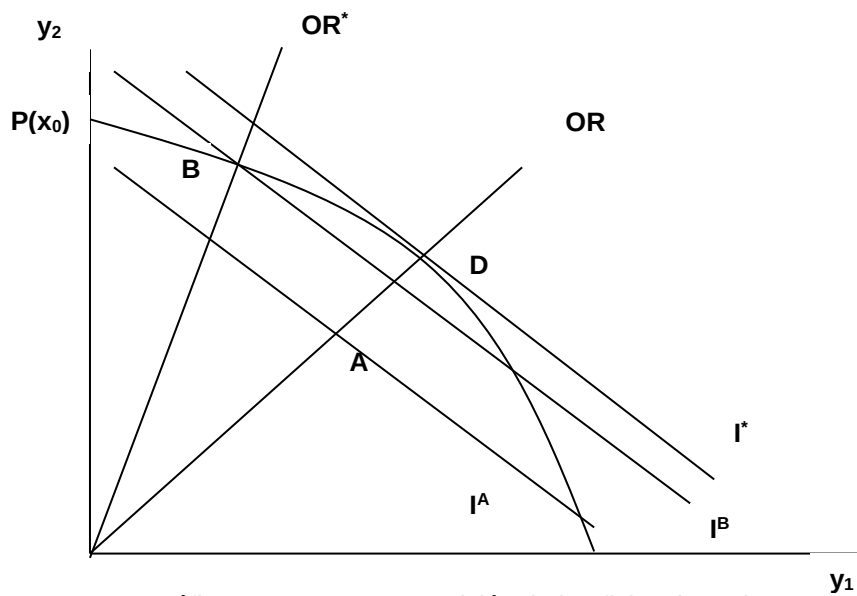


Gráfico N° 9: Función de ingresos y la eficiencia en ingresos

La maximización del ingreso requiere que la producción se lleve a cabo con la eficiencia técnica, es decir que las empresas consigan con los factores empleados la mayor producción alcanzable, pero también es necesario que la combinación final de producciones obtenida sea la que aconsejan los respectivos precios de venta, para poder conseguir los mayores ingresos. En este caso se está en presencia de eficiencia asignativa en las producciones, y el resultado de ambas es la eficiencia en el ingreso.



Gráfica N° 10: Descomposición de la eficiencia en ingreso

La gráfica N° 10 muestra el caso en que únicamente se producen dos bienes, y_1 e y_2 , Entre las combinaciones posibles de productos obtenidos con eficiencia técnica, y que estarán por lo tanto representadas en la curva de posibilidades de producción, la que permite un ingreso mayor es la representada por D, cuando la relación marginal de transformación coincide con el cociente de los precios de los bienes, o sea la curva de posibilidades de producción resulta tangente a la recta de isoingreso más alejada del origen. Esta combinación de productos indicada por el radio vector OR^* es por lo tanto la que permite conseguir la eficiencia asignativa.

5.7.3 EFICIENCIA EN BENEFICIOS

Finalmente, la consecución de la maximización de beneficios requiere que se obtenga el máximo ingreso al mínimo costo, pero además, es necesario que la empresa adopte el tamaño más adecuado para aprovechar las economías de escala.

El problema surge al tratar de distinguir los distintos componentes (eficiencia técnica y asignativa en los factores, asignativa en los productos y de escala), y ésta complejidad ha hecho que los distintos autores renuncien a distinguir los distintos componentes y se limiten a calcular una medida global.

Generalmente ésta forma de proceder se justifica con el argumento que en un entorno competitivo el beneficio en el largo plazo tiende a cero y las empresas que no sean eficientes desaparecerán.

CAPITULO VI DESARROLLO DE LA TESINA

6.1.- COMPORTAMIENTO RAÍCES RELEVANTES DE LA EMPRESA

6.1.1 FLUJO DE INFORMACIÓN

El registro físico de la actividad operacional es llevado a cabo en el departamento de contabilidad y finanzas de una empresa, determina los ingresos y egresos a las distintas unidades. (Diagrama N° 3)

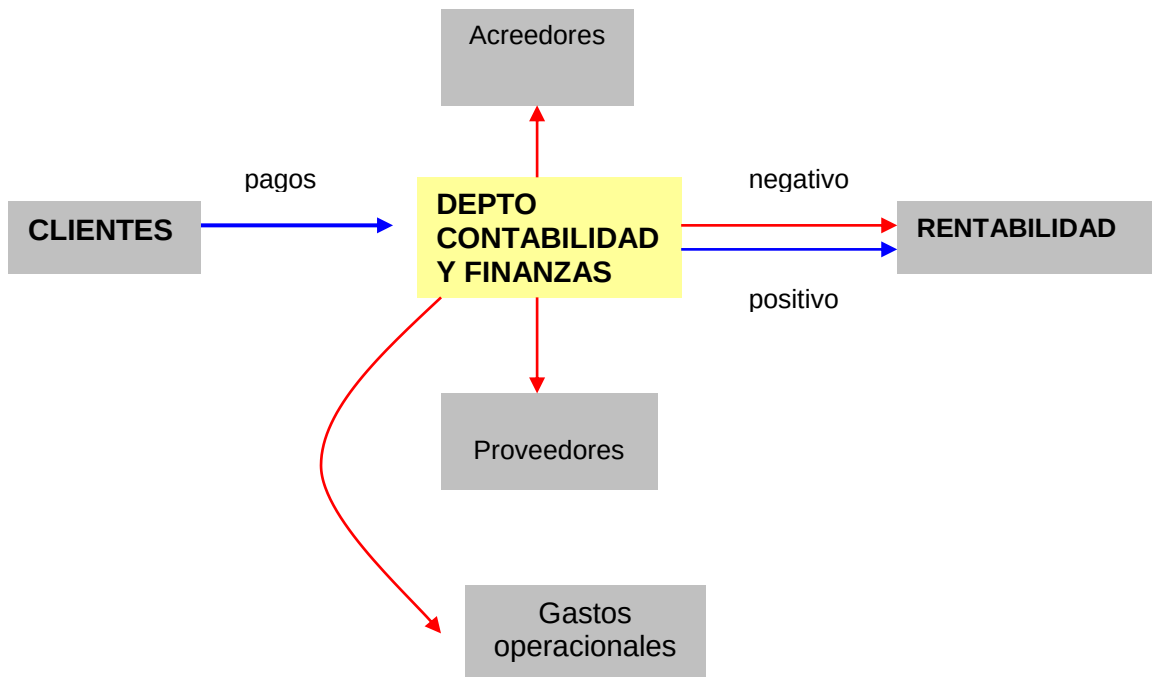


Diagrama N° 3: Flujo de información

6.1.2 FUNCIONES CRÍTICAS

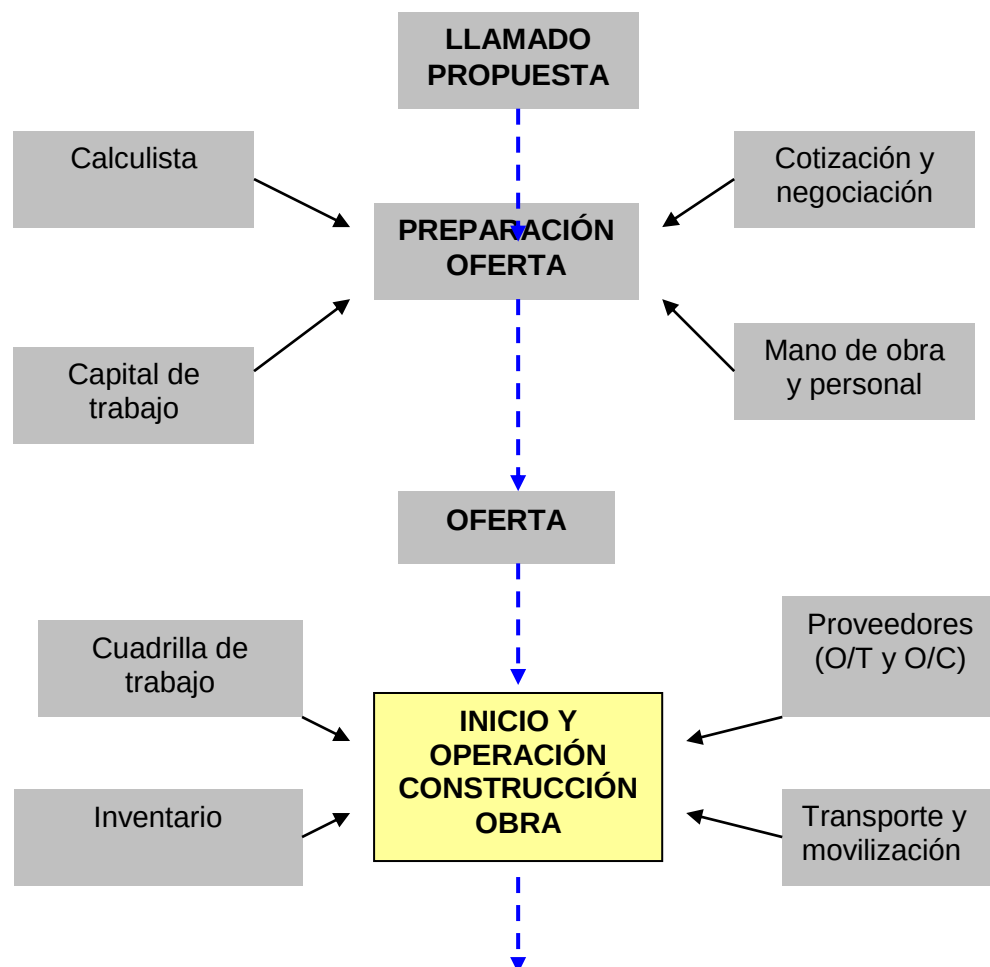
En el ámbito de la construcción, la rentabilidad del negocio por proyecto o periodo estará determinada de acuerdo a la siguiente función, de mayor a menor incidencia:

$$\text{Rentabilidad} = F(x_1, x_2, x_3, x_4, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10})$$

Donde:

- X1 : Mano de obra, en un 40% del total de los costos
- X2 : Materiales, en un 30% del total de los costos
- X3 : Transporte y movilización del personal
- X4 : Gastos administrativos
- X5 : Profesionales en finanzas, ingenieros, calculistas, técnicos especialistas, etc.
- X6 : Maquinarias y herramientas
- X7 : Manejo de inventario de materiales
- X8 : Costo de capital propio y externo
- X9 : Tecnología y know-how
- X10 : Periodo ejecución o pay-back

La empresa en estudio tiene sus operaciones en un 60% en licitaciones públicas y el resto en obras para clientes privados o propios. En licitaciones públicas, un 80% son ofertas para presupuestos fijos, y un 20% con presupuestos variables. No obstante, es característico el siguiente procedimiento de funciones críticas (Diagrama N° 4) donde se determina variaciones en el manejo de costos, actuaciones y decisiones generadores de ineficiencia:



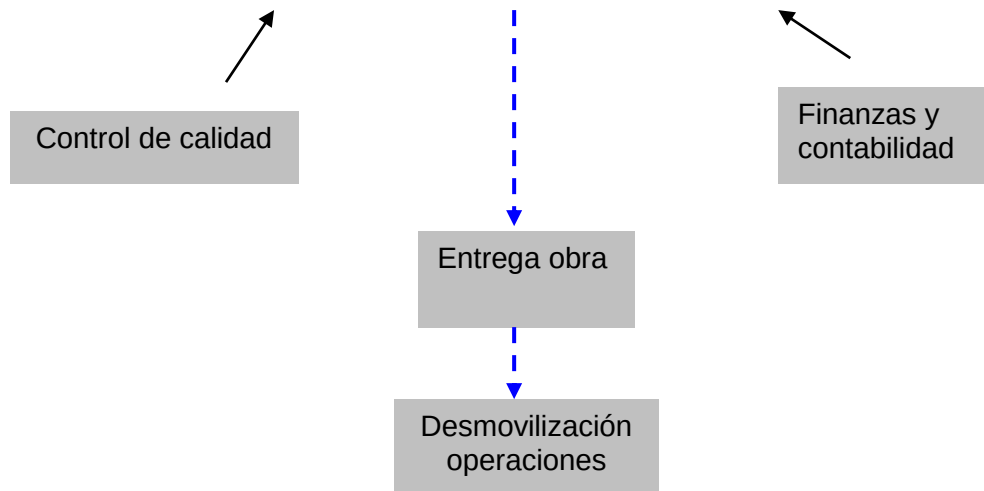


Diagrama N° 4: Flujo de funciones críticas

6.2.- CONCEPTUALIZACIÓN Y SELECCIÓN DE VARIABLES

6.2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

En 1927, el economista Paul Douglas y el matemático Charles Cobb, descubren que la distribución de la renta entre trabajo y capital en EEUU se mantenían más o menos constante a lo largo del tiempo. Concretamente el trabajo se llevaba el 70% de las rentas y el capital el 30% y partir de ello se plantea una función de producción característica con estos factores constantes.

Para el presente estudio, el trabajo estará en función de la mano de obra de los trabajadores, empleados administrativos y servicios profesionales; en tanto, el capital también financia la operación completa, incluyendo los pagos por el trabajo realizado, materiales, maquinarias y gastos nominales.

6.2.2 FRONTERAS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA

Los siguientes criterios objetivos son analizados para definir la frontera de producción a utilizar:

- Funcionalidad de los factores
- Disponibilidad de los datos de panel
- Facilidad y cercanía en su utilización

En cada función de producción (o costo), la mayor funcionalidad y peso estadístico son determinados por los factores de mano de obra (trabajo) y materiales, con alrededor del 60 a 70%, de acuerdo a hechos objetivos consultados a distintos profesionales de manejo de costos.

En Chile, no hay mayor disponibilidad de datos en cada empresa por su alcance y obligación ante el Servicio de Impuestos Internos (SII) que el formulario F-29 mensual y planillas de pagos de imposiciones de los trabajadores, donde se registra plenamente la actividad operacional del negocio.

Estas dos fuentes de información operacional son fáciles de utilizar en cualquier análisis y está disponible hasta en la Web como facturación electrónica; La primera refleja los gastos en materiales y compras diversas, así como las ventas efectivas que son fiscalizadas por el SII, de tal manera que son prácticamente datos de panel on-line. Y en la segunda fuente, los pagos de imposiciones también son fiscalizadas por la Dirección del Trabajo en las mismas condiciones.

Finalmente entonces, para la construcción de la función de producción, se utilizará el modelo de dos factores y dos productos de acuerdo al marco teórico enunciado en el capítulo anterior.

$$Y(\text{producción}) = f(\text{materiales, trabajo})$$

Donde,

- Materiales, estará determinado por el crédito fiscal en el Formulario F-29 del SII.
- Trabajo, el valor de pago de imposiciones a los trabajadores en general.

6.2.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIABLES

Número de muestra y confiabilidad

La estimación de la ineficiencia posee la particularidad de que puede ser acotada por el evaluador para un determinado periodo financiero, entre fechas singulares en la economía mundial que es pertinente evaluar como ocurre en la industria bancaria, o por el periodo de un proyecto particular como es el caso para las empresas constructoras.

El número de muestra seleccionado corresponde a 5 años de operación de la empresa, considerando los siguientes parámetros de interés:

- Periodo con mayor y menor venta
- Muestras sin datos o sin movimiento
- Datos disponibles en formularios F-29 de impuestos internos y pagos de planillas de imposiciones.

Parámetro	Descripción
Años operación empresa	5 años
Nº de muestra	60
Periodo utilizado	mensual
Formularios utilizados	F-29 y planillas de imposiciones
Mes con mayor venta	2011
Mes con menor venta	2012

Cuadro Nº 2: Parámetros básicos datos de panel

El margen de error y confiabilidad en los factores a estudiar será del 1%, 5% y 10%.

6.2.4 SOFTWARE ESTADÍSTICOS Y ECONOMETRÍCOS DISPONIBLES

6.2.4.1 DESCRIPCIÓN DE SOFTWARE

Para el procesamiento de datos existen diversos programas, entre los cuales de mayor a menor aplicación en el tema son:

- Limdep
- Eviews
- Gauss
- Stata
- SPSS
- Otros como Gretl, Matlab, Microfit, R y SAS

Eviews, iniciales de Econometrical Views, está enfocado principalmente a la econometría, con amplio despliegue y poco personalizado. SPSS, es un software inicialmente orientado al análisis estadístico en ciencias sociales, así como R inicialmente derivado del mismo.

Stata es un programa estadístico, con fuerte énfasis al análisis econométrico, así como los otros nombrados permiten alcanzar excelentes estimaciones y variará sólo en la interfaz, en el sistema operativo, y en el despliegue de sus salidas.

LimDep es conocido por su capacidad de estimar modelos no lineales con variable dependiente cualitativa, de respuesta simple y respuesta múltiple y variables dependientes limitadas.

6.2.4.2 SELECCIÓN DE SOFTWARE

El software a utilizar para la estimación de la fronteras estocástica será el LimDep (LIMited Dependent variables), por su capacidad de estimar modelos no lineales y su cada vez mejor entradas de pantallas amigables. Véase anexo Nº 6 para mayor información y características.

6.3.- CONSTRUCCIÓN DE LAS VARIABLES Y FACTORES

El objetivo del estudio es estimar la ineficiencia para una empresa individualmente por lo que la muestra elegida corresponde al comportamiento de las variables en el transcurso de un periodo de 5 años de operación financiera de la empresa.

VARIABLES DE PRODUCCIÓN

En lo relativo a la producción se ha recogido en este caso a través de dos productos:

- HORM3 (unidad de venta de productos terminados en metro cúbico de hormigón armado)
- METR2 (unidad de venta de productos terminados en metro cuadrado)

Cada uno de ellos es obtenido de la declaración de impuestos en formulario F-29, como la división del valor unitario de la empresa del total de ventas netas declaradas en a proporción de 70% para HORM3 y 30% para METR2 de acuerdo a la estimación porcentual de las ventas totales de la empresa.

FACTORES DE PRODUCCIÓN

En cuanto a los factores variables considerados, son dos; trabajo y materiales, y las variables que cuantifican sus precios respectivos son TRA y MAT. La variable TRA es el salario medio de los trabajadores por unidad de venta ingresado. MAT, mide el precio de los materiales agregado que incluye todos los gastos asociados como cemento, áridos, transporte, herramientas menores, combustible y gastos administrativos.

También estos datos son obtenidos por MAT del F-29, y TRA de la planilla de pago de imposiciones.

Por otro lado, el nivel capital utilizado por la empresa, es descrita por la variable CAPTRA, que es el valor equivalente por unidad de venta asignado por la empresa como capital de trabajo. Información directamente proporcionada por la empresa que incluye los costos fijos y variables para operar durante 2 meses y medio.

Para complementar mejor las variables antes descritas y mejorar la idoneidad de la aproximación, se incluye en la estimación una variable dicotómica, EQ, que toma el valor de uno cuando en la empresa existe un equipo altamente especializado que sustituya claramente el trabajo horas-hombre y no disponible en todo momento de desempeño de la empresa.

También se incluye otra variable exógena, EQA, como otra Dummy que refleja en este caso la existencia en la empresa de una cuadrilla de mano de obra altamente

especializada para acometer obras de arte y/o tramos de avance singulares de construcción, por lo que resulta interesante comprobar si tiene un peso excesivo o por el contrario la existencia de una cuadrilla menor de trabajo está subvalorada.

Para la especificación de la ineficiencia técnica, se ha incluido cuatro variables explicativas:

- HORM3, que es uno de los productos considerados en la función de producción.
- EQ, la dummy definida anteriormente.
- TM1, que es el coeficiente de variación de la distribución de la productividad o avances de cada cuadrilla en un periodo, y
- EX1, otra Dummy que toma el valor de uno cuando la empresa depende fuertemente de algún departamento de planificación y/o operación de la empresa.
- EQ1, variable exógena que incorpora la presencia de una cuadrilla especializada o de emergencia como reparaciones especializadas de equipos y/o maquinarias.

Con la primera variable, HORM3, se pretende comprobar si el volumen de actividad en producción principal desarrollado por la empresa guarda relación con la ineficiencia técnica observada. EQ sirve para identificar si la empresa tiene una dotación diferenciada de capital y permitirá comprobar si esto puede ir asociado a un mayor índice de ineficiencia técnica. Con la variable TM1 se pretende comprobar si diversificando las capacidades de las distintas cuadrillas de trabajo se puede aumentar la eficiencia, y por último, con EX1 se prueba si afecta a ésta la existencia de algún departamento de planificación y/o operación de la empresa que puede ser externo.

6.4.- LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN ESTOCÁSTICA

La función a utilizar en la estimación de la función de producción es la trascendental logarítmica, basada en la flexibilidad de la función para adecuarse a cualquier tipo de tecnología productiva sin la necesidad de imponer restricciones a priori sobre los rendimientos a escala, y por la posibilidad de incorporar mas de u producto. Además, permite la existencia de relaciones tanto de complementariedad como de sustituibilidad entre los factores considerados en el modelo.

La función translogaritmica de beneficios es la siguiente:

$$\begin{aligned} \ln(\text{Cte}) &= \alpha_0 + \alpha_1 \ln(\text{HORM3}) + \alpha_2 \ln(\text{METR2}) \\ &+ \frac{1}{2} \alpha_{11} \ln(\text{HORM3})^2 + \frac{1}{2} \alpha_{22} \ln(\text{METR2})^2 \\ &+ \beta_1 \ln(\text{Tra})^2 + \frac{1}{2} \beta_{11} \ln(\text{Tra})^2 \\ &+ \alpha_{12} \ln(\text{HORM3}) \ln(\text{MER2}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + p_{11}\ln(\text{HORM3})\ln(\text{Tra}) \\
& + p_{12}\ln(\text{METR2})\ln(\text{Tra}) \\
& + \pi_1\ln(\text{CAPTRA}) + \pi_2\text{EQ} + \pi_3\text{TM1} + \mu_A + \mu_T + v
\end{aligned}$$

$$S_1 = \beta_1 + \beta_{11}\ln(\text{Tra}) + p_{11}\ln(\text{HORM3}) + p_{12}\ln(\text{METR2}) + \theta_1$$

En este sistema se incluyen la participación del trabajo, -la del otro factor se excluye porque no aporta información adicional, al sumar entre los dos uno-, y al que se le han impuesto las habituales restricciones de simetría y homogeneidad de grado uno de la función de costos respecto de los precios de los factores, dividiendo los costos y los precios de los inputs, por el precio del segundo factor, MAT, de tal forma que:

$$\text{Cte} = \text{CV}/\text{MAT}, \quad \text{Tra} = \text{TRA}/\text{MAT}$$

La especificación de la ineficiencia técnica es la siguiente:

$$\mu_T = \delta_0 + \delta_1\ln(\text{HORM3}) + \delta_2\text{EQ} + \delta_3\text{TM1} + \delta_4\text{EX1} + \eta$$

Mientras que la ineficiencia asignativa, adquiere la siguiente forma:

$$\mu_A = 2c\theta_1^2$$

Estas ecuaciones, la función de producción y de ineficiencia técnica y asignativa se estiman simultáneamente siguiendo el método de Máxima Verosimilitud (Maximun Likelihood Estimation), mediante la utilización del software Limdep versión 7.0.-

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

7.1 ESTIMACIÓN DE LA INEFICIENCIA

Se realiza la Estimación por Máxima Verosimilitud (Maximun Likelihood Estimation) al sistema de ecuaciones generadas, aplicando el software LimDep 7.0, en desviaciones respecto de la media, (anexo N° 6), por ello los parámetros de primer orden de la frontera resultan representativos de las respectivas elasticidades de la función de producción para la empresa. Todos ellos serán positivos y significativos, y salvo la variable HORM3, al 1%, tal como lo muestra el cuadro N° 3, donde se recogen los principales resultados obtenidos. Entre el resto de parámetros de la frontera, asociados a productos cruzados, se presentan problemas de multicolinealidad, resultando algunos no precisos.

También resultan significativas las variables EX1 y EQ. En el primer caso el signo es negativo lo que indica que es posible que la fuerte ponderación aplicada a los casos de cuadrillas especializadas haya sido excesiva. Sin embargo el signo EQ resulta positivo, síntoma indicativo de que la variable CAPTRA, utilizada en la como aproximación de capital presenta algunas limitaciones.

En cuanto a la ineficiencia asignativa, su presencia se confirma por el valor significativamente positivo que adquiere μ_i , que es la media de la perturbación aleatoria en la ecuación de participación del trabajo. Esto indica una sobreutilización sistemática del trabajo, al que se destina como media 10 puntos porcentuales por encima de la proporción del costo óptimo. El parámetro c , también significativo, y mayor que uno, ayuda a calcular el término que recoge la ineficiencia asignativa en la frontera μ_{Ai} .

Finalmente, respecto a la ineficiencia técnica, resulta interesante analizar el resultado que arroja la estimación para el parámetro ν . Con él, se aproxima la parte de la variabilidad total en la estimación, que es explicada por el término de ineficiencia técnica. El valor que puede adoptar se sitúa entre cero y uno, y esto representa una característica útil a la hora de establecer una secuencia de valores iniciales para la estimación por máxima verosimilitud. En los resultados, ha presentado un valor de uno, muy significativo, lo que confirma la presencia de ineficiencia técnica.

Las variables que explican ésta ineficiencia presentan la siguiente influencia: El parámetro que acompaña a la variable HORM3 es positivo, indicando que las cuadrillas de trabajo con un mayor volumen de actividad tienden a ser más ineficientes. Por otro lado EQ aparece aquí con un signo positivo, por lo tanto las cuadrillas con mayor dotación tecnológica tienen mayores costos como se vio anteriormente, pero son técnicamente más eficientes. El signo negativo del parámetro de la variable TM1 indica que la diversificación en las cuadrillas tiende a

aumentar el grado de aprovechamiento de los recursos, y mejora por lo tanto el nivel de eficiencia técnica. Este resultado apunta entonces hacia la existencia de economías de diversificación en la actividad de la construcción. Por último, la ineficiencia técnica resulta mayor cuando existe algún departamento externo dependiente de la empresa, o de alguna subcontratación. Este resultado puede recoger el efecto negativo sobre el aprovechamiento de los recursos debido a desplazamientos del personal entre las cuadrillas, o duplicidad de equipos y maquinarias.

Todas estas variables resultan estadísticamente significativas, a pesar de ello, para asegurar la validez del modelo, se ha contrastado la posibilidad de que la ineficiencia técnica responda a un planteamiento más sencillo, y sea independiente de estas características de las pequeñas empresas. Mediante el test de la razón de la verosimilitud, se ha rechazado con amplitud las hipótesis de que la ineficiencia técnica se distribuya según una normal truncada para valores positivos según sea el caso:

- Media constante ($H_0 : \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = 0$)
- Media cero ($H_0 : \delta_0 = \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = 0$).

También se contrastó si en lugar de un modelo de ineficiencia técnica, estas variables deberían formar parte de la frontera de costos; así los parámetros $\delta_0 = \delta_1 = \delta_2$ serían cero, ya que la frontera cuenta con un término independiente y ya están incluidas $HORM3$ y EQ . Por otro lado, la inexistencia de ineficiencia técnica haría que ν fuera cero. Esta hipótesis ($H_0 : \nu = \delta_0 = \delta_1 = \delta_2 = 0$) fue igualmente rechazada.

Finalmente, se planteó la ausencia de cualquier tipo de ineficiencia, técnica o asignativa. En este caso serían cero todos los parámetros de la primera y además c y μ_i , los parámetros que sirven para calcular la segunda, se reduciría así el modelo a una estimación de mínimos cuadrados. Esta última hipótesis también fue rechazada ($H_0 : \nu = \delta_0 = \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = c = \mu_i = 0$). Los detalles de este contraste se resumen en el siguiente cuadro N° 4.

El cuadro N° 5 resume la información estadística relativa a los índices de eficiencia que se han calculado según las expresiones para calcular las ineficiencias técnicas y asignativas. El grado de eficiencia es mayor en el aspecto asignativo que en el técnico (88% frente a 78%), característico de las pequeñas empresas constructoras especializadas como la estudiada que tiene un back-ground de más de 10 años en el rubro.

CUADRO N° 3
RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN

VARIABLE	PARÁMETRO	COEFICIENTE	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Constante	α_0	-0.5663 ⁽¹⁾	0.1214
Ln(HORM3)	α_1	0.2135	0.1159
Ln(METR2)	α_2	0.2368 ⁽¹⁾	0.1002
Ln(Tra)	β_1	0.6411 ⁽¹⁾	0.0131
$\frac{1}{2} \text{Ln(HORM3)}^2$	τ_{11}	0.1121	0.0107
$\frac{1}{2} \text{Ln(METR2)}^2$	τ_{22}	0.1860	0.1256
$\frac{1}{2} \text{Ln(Tra)}^2$	γ_{11}	0.1079 ⁽¹⁾	0.1469
Ln(HORM3)Ln(METR2)	τ_{12}	-0.1528	0.1092
Ln(Tra)Ln(HORM3)	ρ_{11}	-0.0090	0.0106
Ln(Tra)Ln(METR2)	ρ_{21}	-0.0120	0.0113
Ln(CAPTRA)	θ_1	0.4323 ⁽¹⁾	0.0825
EQ1	θ_2	-0.0825	0.0554
EQ	θ_3	0.6151 ⁽¹⁾	0.0936
	C	14.0954	9.9811
	μ_i	0.0617 ⁽²⁾	0.0370
	σ	0.0239	0.0031
Constante	δ_0	0.5556	0.1317
Ln(HORM3)	δ_1	0.2647	0.0628
EQ	δ_2	-0.7516 ⁽¹⁾	0.1271
TM1	δ_3	-0.2426 ⁽²⁾	0.1246
EX1	δ_4	0.0924 ⁽²⁾	0.0385
	σ	0.0861	0.0132
	γ	1.0000	0.0122
Log likelihood			211.42

Nota: ⁽¹⁾ significativo al 1%, ⁽²⁾ significativo al 5%, resto significativo al 10%.-

CUADRO N° 4
CONTRASTES DE HIPÓTESIS SOBRE INEFICIENCIA

HIPÓTESIS NULA	LOG LIKELIHOOD	ESTADÍSTICO λ	DECISIÓN 90%
$H_0 : \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = 0$	198.32	32.17	Rechazar
$H_0 : \delta_0 = \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = 0$	198.32	32.17	Rechazar
$H_0 : \gamma = \delta_0 = \delta_1 = \delta_2 = 0$	211.91	26.54	Rechazar
$H_0 : \gamma = \delta_0 = \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = C = \mu_i = 0$	208.42	28.68	Rechazar

Para todos los casos $\lambda = -2[\text{loglikelihood}(H_0)]$. Se distribuye como una χ^2 con tantos grados de libertad como parámetros se consideran cero en la hipótesis nula, excepto en los dos últimos casos, en que bajo la hipótesis nula γ toma un valor extremo y por lo tanto se distribuye como una mezcla de χ^2 .-

CUADRO Nº 5
DESCRIPCIÓN ESTADÍSTICA DE LOS ÍNDICES DE INEFICIENCIA

	Técnica	Asignativa
Media	77.6	87.9
Desviación	16.0	7.3
Mínimo	48.0	74.6
Máximo	99.0	100.0
Ineficiencia	22.4	12.1

7.2 CONCLUSIONES

7.2.1 SOBRE LOS RESULTADOS

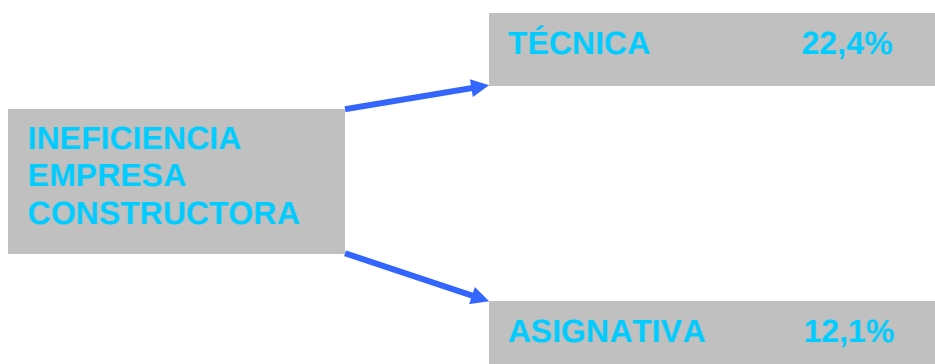
Con este estudio, se mide una variable escasamente asimilado en la gestión de las empresas, especialmente de las pequeñas empresas, como es la ineficiencia técnica, en conjunto con la existencia de ineficiencia asignativa.

Se realizó en una sola etapa a través de un análisis de frontera estocástica, sobre la base de un sistema formado por la función de beneficios y las ecuaciones de participación de los factores. El componente de ineficiencia técnica integrado en el error de la función de producción se especifica como una función de un conjunto de variables que recogen aspectos propios de la pequeña empresa estudiada, empleando el método de Battese y Coelli (1995).

Los resultados muestran evidencia de ambos tipos de ineficiencia. La ineficiencia asignativa se debe a la sobreutilización sistemática del trabajo en las empresas de construcción, aunque cualitativamente, supone un problema menor que la ineficiencia técnica. Los índices de eficiencia medios encontrados son un 88% para el componente asignativo y un 78% para el componente técnico.

Los resultados de las estimaciones de ineficiencia se resumen como: (Diagrama Nº 5)

Diagrama Nº 5: Resultados estimación de la ineficiencia



No obstante de los resultados alcanzados, subyace la validez de ésta técnica basada en elementos econométricos para capturar el concepto difuso de la ineficiencia y su incidencia en el mejoramiento continuo que experimenta las excelencias operativas en los puestos de trabajo donde se genera basura y/o elementos perjudiciales en la búsqueda de un óptimo parcial en el tiempo.

7.2.2 SOBRE LOS INDICADORES

En general la ineficiencia media estimada es del 17%, cifra oculta no manejada por los administradores del negocio, y que aproximadamente repercute en igual proporción en las utilidades y rentabilidad de la empresa estudiada. En cifras, si el capital de trabajo es de 2.000 UF, 340 de ellas se pierden por concepto de la ineficiencia técnica y asignativa.

La ineficiencia técnica se debe principalmente a las siguientes variables y operaciones:

- Alta sobreutilización de mano de obra, en obreros, técnicos y personal de apoyo, agregado a ella problemas como rotación, ausentismo, falta de especialistas, doble asignación de personal para determinadas funciones, fuga de especialistas a otras empresas, etc.
- Predominio del trabajo manual sobre equipos y maquinarias en tareas específicas como terminaciones, especialización, asimilación de criterios en soluciones no planificadas, y en general uso intensivo manual en pequeñas empresas por sobre la mecanización.
- En la empresa estudiada, prevalece y cada vez es más frecuente el trabajo “a trato” por obra o meta específica para ahorrar gasto en tiempo, personal de control y aumentar la producción.

En tanto, la ineficiencia asignativa, si bien es menor en el caso estudiado, provienen de los siguientes performance:

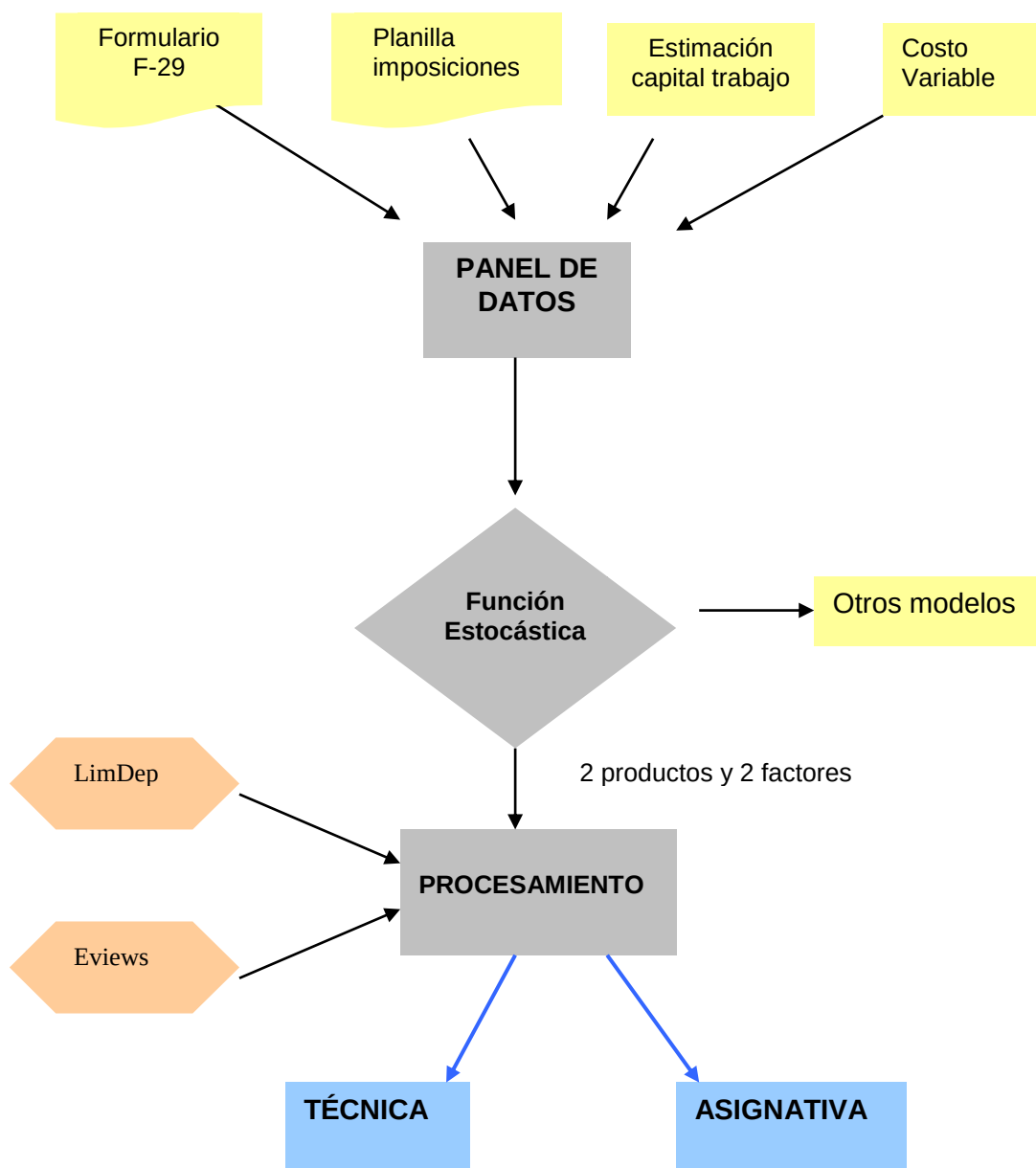
- Sobre asignación de personal a determinada obra.
- Inventario de materiales creciente o sobre stock a medida que transcurre el periodo de la obra, generando mayor uso de capital de trabajo y aumento de pagos por intereses financieros.
- El ingeniero jefe de obra o proyecto es determinante en la asignación de los recursos en tiempo, cantidad y calidad demandada.

7.2.3 LA APLICACIÓN SIMPLIFICADA PARA EL USUARIO

Uno de los objetivos de los estudios fue dotar al decisor empresarial de la pequeña y mediana empresa, de una herramienta amigable para la estimación de esta variable oculta en sus decisiones de posición y performance.

El siguiente diagrama N° 6 muestra las etapas a ejecutar en la estimación de la ineficiencia para dos productos con dos factores, utilizando el software LimDep 7.0 y funciones estocásticas de producción.

Diagrama N° 6: Resumen etapas estimación de ineficiencia



ANEXO N° 1

ARTÍCULO PUBLICABLE

Resumen

Es labor diaria del ejecutivo la asignación eficiente de los distintos recursos tangibles e intangibles con la finalidad de maximizar siempre los beneficios de la empresa; no obstante, de los indicadores de rentabilidad financiera, subyace un panorama escasamente aplicado a la gestión de una empresa, cual es la ineficiencia X aglutinante de la variabilidad oculta en la performance operacional.

Abstract

It is the daily work of the executive the efficient allocation of the different resources tangible and intangible assets in order to always maximize the benefits of business; Nevertheless, of the indicators of financial profitability, a situation which is scarcely applied to the management of a Inefficiency X binder of hidden variability in operational performance.

Palabras claves

Ineficiencia técnica, ineficiencia asignativa, modelo ineficiencia X, ambientes difusos.

INEFICIENCIA X EN UNA CONSTRUCTORA

Este concepto, que tiene sentido en economías abiertas sin restricciones, se desarrolla efímeramente en los años 50 y aún en los albores del presente siglo no se ha explicitado su utilización.

El tema central de la tesis es acercar el dominio del concepto de ineficiencia X para su aplicación mediante una metodología simplificada y amigable al control de la gestión, a partir del caso práctico desarrollado para una empresa constructora, cuyos datos de panel de entrada pueden ser homologables para cualquier empresa con similitud en magnitud de producción y actividad en general sean plausibles de aceptar.

Desarrollada en los capítulos 2 y 3, la metodología de Checkland apropiada para ambientes difusos permite centrar la relevancia de la actividad productiva en dos factores principales como son el capital y el trabajo para explicar el comportamiento en la dirección adecuada de la empresa en un 70%, ampliamente difundida desde Cobb-Douglas hasta los indicadores para medición de la productividad de los países.

La teoría propuesta por distintos autores para medir la ineficiencia productiva y su correspondiente descomposición en su dimensión técnica y asignativa, entiende que la ineficiencia técnica provendría por una inapropiada dirección y control de los procesos productivos o por la utilización de insumos de baja calidad, en tanto que la ineficiencia asignativa es originada por la incorrecta elección de las combinaciones de insumos.

Contrariamente a industrias más competitivas como la bancaria, los datos de panel proporcionados por la pequeña empresa constructora proviene de la actividad contable como es el formulario F-29 y las planillas de pago de imposiciones de los trabajadores, que recoge los factores enunciados anteriormente.

Finalmente, tomando el modelo simplificado por Battese y Coelli, para dos productos y dos factores, los resultados de aplicación indican una ineficiencia técnica y asignativa del 22 y 12% respectivamente para la empresa constructora analizada mediante el software LimDep,

indicadores que muestran un ámbito distinto a los tradicionalmente utilizados.

Autor

Ismael Angel Mamani Lovera
(Ingeniero Civil Industrial)

Bibliografía

BATTESE, G.E. y T. COELLI (1995). "A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data", Empirical Economics.
LEIBENSTEIN, H. (1966), "Allocative Efficiency Vs X-Efficiency", American Economic Review.

ANEXO N° 2

DESCRIPCIÓN METODOLOGÍA DE PETER CHECKLAND

Peter Checkland (1930, Birmingham, Reino Unido) es un científico británico de gestión y profesor de Sistemas en la Universidad de Lancaster. Es el promotor de la metodología de sistemas blandos o suaves (MSB); una metodología basada en un modo de la teoría de sistemas.

En sus orígenes fue un ingeniero químico y laboró como administrador en una industria por más de 15 años, posteriormente se incorporó al departamento pionero de Ingeniería de Sistemas en la Universidad de Lancaster, donde posteriormente se convirtió en profesor e investigador de Sistemas.

FUNDAMENTOS

El objeto central de ésta metodología es el estructurar el pensamiento para intervenir de manera puntual en problemas complejos de las organizaciones; es decir proyectar una acción organizada para manejar los problemas.

La filosofía de la investigación se resume en que el cree que cada individuo ve al mundo de manera diferente, y por ende una visión particular del mundo, lleva a comprensiones y evaluaciones distintas en cualquiera que sea la situación, provocando que las acciones que decidan tomarse sean también diferentes. Abriendo un poco la perspectiva, esta filosofía la tomó como base para entender problemas de las organizaciones, porque el ser humano por naturaleza es vulnerable a mil factores y por tanto su entorno.

LA METODOLOGÍA DE SISTEMAS BLANDOS (MSB)

PASO UNO: PROBLEMA NO ESTRUCTURADO

Dedicado a recopilar la mayor cantidad de información acerca de la organización para construir a futuro una representación de la situación actual. En ésta etapa todas las percepciones que se tienen de la organización son difusas y a veces carecen de estructura y procesos claros.

PASO DOS: PROBLEMA EXPRESADO

Consiste en un análisis mediante la interacción con las personas para reconocer estructuras, procesos y cargos de la situación actual. Esta etapa de aprendizaje organizacional, ayuda al analista a formular la situación-problema en términos más precisos, dejando atrás una situación preliminar confusa. Es decir, el analista está en condiciones de modelar la situación actual incorporando los problemas detectados; la transición al paso siguiente implica dejar el Mundo-Real.

PASO TRES: DEFINICIÓN DE RAÍCES RELEVANTES

Será una etapa fundamental en el contexto de ésta Metodología, puesto que se rescatarán algunos puntos de vista acerca de la situación problema (el sistema como es), y se propondrán algunas frases que contienen una hipótesis de eventual mejoramiento a la situación problema. Para la redacción de la(s) frase(s) o raíces, se utiliza mentalmente una pauta (CATWOE), que debe estar implícita en dicha redacción. Específicamente son:

CUSTOMERS (C): Son los CLIENTES o usuarios del sistema o actividad principal, por lo tanto, si éste último es bueno o malo en su desempeño, tendrá respectivamente beneficiarios o víctimas.

ACTORS (A): Son las personas o ACTORES que desarrollan la actividad o los procesos típicos del sistema.

TRANSFORMATIONS (T): Son las TRANSFORMACIONES, que ocurren en el sistema. El propósito de él queda explícito en uno o varios verbos que definen la acción.

WELTANSCHAUUNG (W): La PERCEPCIÓN que tienen los distintos observadores del sistema en sí, que lo hace significativo o relevante.

OWNER (O): Será el DUEÑO del sistema el cual tiene la autoridad y la responsabilidad para decidir y controlar la existencia o eliminación de éste.

ENVIRONMENT (E): Será el AMBIENTE Y RESTRICCIONES del sistema (ambientales, geográficas, económicas y humanas).

Contenidos estos seis elementos en la frase redactada, se está en condiciones de abordar el siguiente paso metodológico.

PASO CUATRO: CONSTRUCCIÓN DE MODELOS CONCEPTUALES DE LA ORGANIZACIÓN.

Está dedicado a representar el conjunto de acciones (VERBOS), en un orden secuencial de acuerdo a lo expresado en las raíces del paso anterior.

El modelo conceptual construido, tiene como soporte de desarrollo teórico, algún modelo clásico de organización que permita asegurar su existencia, además será necesario recurrir a otras ideas de sistemas para finalizar exitosamente esta etapa de construcción. Estas ideas sistémicas y modelos clásicos de soporte comúnmente se han llamado “base de referencia conceptual”.

Finalizado este paso, el Analista ha desarrollado un modelo ideal que supuestamente eliminará la situación-problema planteada en el paso dos.

Generalmente existe confusión al aplicar la metodología a este nivel, puesto que debe recordarse que en el paso tres, se construyen hipótesis de eventual mejoramiento, es decir, existe una retroalimentación desde otros pasos de la metodología como resultado de realizar varias iteraciones, por lo tanto, el Modelo Conceptual propuesto, lleva implícitamente los cambios necesarios al modelo actual de la organización. Considerando este alcance es posible continuar el siguiente paso.

PASO CINCO: ETAPA DE COMPARACIÓN

Compara en el Mundo-Real, el Modelo actual percibido en el paso dos, con el Modelo Conceptual propuesto en el paso cuatro, el Analista discute y analiza en conjunto con las personas involucradas en la situación-problema acerca de la validez de su modelo propuesto. A consecuencia de la confrontación, se genera una lista de diferencias que deben ser analizadas en el siguiente paso.

PASO SEIS: DETERMINACIÓN DE CAMBIOS FACTIBLES Y DESEABLES

Consiste en evaluar la lista de diferencias generadas en el paso anterior, mediante indicadores contruidos previamente. Esta evaluación debe ser realizada considerando qué factibilidad existe para hacer tal o cual cambio y si es culturalmente deseable por los miembros de la organización.

PASO SIETE: ACCIÓN DE IMPLEMENTACIÓN

Corresponde a la ejecución de los cambios propuestos. Esto puede significar la construcción de algún sistema de control o bien modificaciones a la organización en magnitudes menores.

A consecuencia de estar en un ambiente dinámico, estas acciones de implementación pueden producir nuevas situaciones-problemas, generando la necesidad de aplicar nuevos ciclos metodológicos.

ANEXO N° 3

CARACTERÍSTICAS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

La construcción es una industria que posee algunas características especiales y únicas en su clase que explican en parte, las razones por las cuales tiene tantos problemas de desarrollo. No siendo extensivo, algunas características concebidas en la expertise acumulada como administrador son las siguientes:

Curva de aprendizaje limitada: Existe limitación en la capacidad de aprendizaje de las empresas constructoras puesto que las obras se ejecutan con enfoque de proyectos, cuya duración es limitada, donde hay continua movilización de personal y creación y posterior disolución de las organizaciones que ejecutan estos proyectos.

Sensibilidad al clima: A diferencia de otras industrias, la construcción se ve afectada directamente por las condiciones del entorno, en este caso, las climáticas dada la naturaleza de la ejecución de las obras de los proyectos que son efectuadas al aire libre. En invierno la luz natural reduce la jornada de trabajo, o en verano las altas temperaturas afectan al fraguado del hormigón por ejemplo.

Presión: La construcción se caracteriza por ser una actividad que trabaja contra el tiempo y bajo fuertes presiones para cumplir con plazos lo cual limita los esfuerzos para planificar y organizar mejor, generando ambientes tensos y propensos a errores.

Incentivos negativos: En los proyectos de construcción, se trabaja por lo general, de forma desintegrada lo que propicia intereses generales diferentes e incentivos negativos para los constructores. Los mandantes de los proyectos en ocasiones no muestran gran interés por contratar empresas constructoras con buenos estándares de calidad, no se permite la presentación de mejores diseños y los esquemas de contratación asignan todo el riesgo a los contratistas. En general, la fragmentación propia de la industria no permite la innovación en las ideas y hay evidencia de gran resistencia al cambio. Además, por ejemplo, en cuanto a la demanda de soluciones de vivienda, las personas desconocen la calidad de los productos de construcción y no saben diferenciar a los mejores productores donde puedan llegar a preferir a unos sobre otros. Este determina las mínimas barreras de entrada de la industria a empresas nuevas.

Capacitación y reciclaje: El personal de la construcción no cuenta con programas de capacitación sostenido, todo lo adquiere gradualmente desde el oficio más simple como “tirar pala” hasta convertirse en un “maestro” de determinada área, hasta hacerse imprescindible y buscar nuevos horizontes propios.

Relaciones antagónicas: Debido a que las obras de construcción son realizadas en diferentes etapas por distintos agentes con intereses divergentes, se evidencia relaciones antagónicas. Para el mandante o inversionista es imperativo el costo, tiempo y la calidad de la obra, mientras que para los contratistas es clave una buena utilidad en la ejecución del proyecto lo que implica una reducción de costos por medio de la disminución de la calidad de los trabajos.

Planificación deficiente: La planificación, que es una herramienta fundamental de la administración, no es realizada de manera efectiva en la construcción. No hay planificación a corto ni largo plazo, la alta presión de trabajo y la dinámica intensa de las actividades en un proyecto de obra de construcción lleva a los profesionales y trabajadores a trabajar en la inmediatez, de tal manera de que se pierde un patrón de comparación de cómo debiera ser el mejor plan de trabajo mismo.

Base en la Experiencia: En la construcción se le da mayor importancia a la experiencia acumulada de los profesionales y trabajadores de las obras que al conocimiento. Por ésta situación, existe poco interés y motivación por parte del personal de adquirir nuevos conocimientos y tecnologías que aporten al mejoramiento de la industria y sus actividades. Agregue a aquello la poca confianza hacia los nuevos profesionales y técnicos egresados que traen conocimientos que pueden ser útiles a la empresa.

Investigación y desarrollo: No se realizan esfuerzos de investigación y desarrollo que busquen mejorar los procesos de construcción y administración de las obras. En el mercado, existen una gran variedad de nuevas tecnologías, resultante del desarrollo tecnológico, pero no se aplica por la incerteza de sus resultados.

ANEXO N° 4

FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN DE COBB-DOUGLAS

La función de producción Cobb-Douglas es quizás la función de producción más utilizada en economía, basando su popularidad en su fácil manejo y el cumplimiento de las propiedades básicas que los economistas consideran deseables.

Su existencia se debe a Paul Douglas y el matemático Charles Cobb. Douglas fue senador por Illinois desde 1949 hasta 1966, pero antes de dedicarse a la política, había sido profesor de economía. En 1927 descubrió un hecho realmente sorprendente; la distribución de la renta entre trabajo y capital en EEUU se había mantenido más o menos constante a lo largo del tiempo. Concretamente el trabajo se llevaba el 70% de las rentas y el capital el 30%. Al observar esto acudió a su amigo matemático Cobb y le pregunta si había alguna función de producción que mantenía las participaciones constantes en los factores.

La función resultante fue la siguiente:

$$Y_t = A K_t^\alpha L_t^\beta ; \text{ donde } 0 < \alpha, \beta < 1$$

Y_t : Producción

A : progreso técnico exógeno

K_t : Stock de capital

L_t : número de empleados en una economía

En ésta función formalizada por Cobb-Douglas, α y β son los parámetros que representan el peso de los factores K y L (factores productivos) en la distribución de la renta. A es el progreso técnico o productividad total de los actores (PTF). La PTF no es una variable directamente observable, pues representa un estado no cuantificable formado por factores tales como: la organización empresarial, los conocimientos empresarios y trabajadores o el nivel de aplicación de tecnología. Por lo tanto, esta función de producción está compuesta por dos factores productivos que se mantienen constantes en el tiempo y un factor adicional (progreso técnico).

La idea de la función de producción es muy intuitiva, porque representa combinaciones de los factores de capital y trabajo, y que satisface las propiedades de:

- Rendimientos constantes a escala (homogeneidad de grado 1). Es decir, si el capital y el trabajo se incrementan en la misma proporción, la producción aumentará también en la misma proporción.

- Productividad marginal positiva y decreciente. Esta función es la que introduce el postulado más básico de la economía clásica, los rendimientos marginales decrecientes, tanto de capital como de trabajo.

La transformación de ésta función se realiza por medio de la obtención de los logaritmos neperianos de la función original:

$$\ln Y_i = \ln(A) + \beta \ln(L_t) + \alpha \ln(K_t) + \mu_t$$

Esta es la nueva forma funcional sobre la que se realizará la estimación del modelo. Como se puede demostrar los parámetros de ésta ecuación, α y β son las elasticidades. α es la elasticidad producción-capital y el parámetro β es la elasticidad producción-empleo.

Cualquiera que sea la estimación, deberá asegurarse que las funciones de producción cumplan las siguientes restricciones:

- a) Homogénea de grado 1 en precio de los factores
- b) No decrecientes en precio de los factores
- c) Concavidad

En Cobb-Douglas

$$\sum_i b_i = 1$$

$a_i, b_i > 0$, para todo i

En Translog

$$\sum_i b_i = 1$$

$$\sum_i b_{ij} = 0, \text{ por H1}$$

$$\sum_i c_{ij} = 0, \text{ por H1}$$

$$b_{ij} = b_{ji}, \text{ por lema de Shepard}$$

ANEXO N° 5

PROGRAMA DE ESTIMACIÓN LIMDEP

El LIMDEP es un paquete completo para la estimación y análisis para estimar y analizar modelos econométricos. Está orientado fundamentalmente al análisis de corte transversal y a los modelos de datos a panel. Pero la mayoría de los problemas típicos de análisis de series de tiempo pueden ser realizados con el programa econométrico. Los procesos básicos para el análisis de datos que contiene el programa son:

- Estadísticas descriptivas (medias, desviación estándar, valores máximos y mínimos, sesgo y asimetría).
- Estratificación de datos (Quintiles, cuarteles percentiles, gráficos de normalidad).
- Análisis de regresión y regresión por etapas.
- Identificación de series de tiempo univariantes, función de autocorrelación y autocorrelación muestral.
- Tabulación de datos cruzados, histogramas y diversos gráficos de prueba y análisis.

Se pueden realizar otras extensiones en los modelos de regresión que son frecuentes y necesarios para la enseñanza y la investigación, como:

- Estimación robusta del error estándar en modelos con heterocedasticidad.
- Estimación robusta del error estándar en modelos con autocorrelación.
- Estimación robusta del error estándar en modelos con heterocedasticidad multiplicativa.
- Estimación de modelos con heterocedasticidad y autocorrelación en datos agrupados a panel.
- Estimación de modelos Box-Cox
- Estimación de modelos con efectos aleatorios y efectos fijos en datos panel.
- Estimación de modelos con rezagos distribuidos, ARIMA y ARMAX.
- Estimación de modelos no lineales uniecuacionales y multiecuacionales.
- Estimación de modelos lineales y no lineales de regresión aparentemente no relacionadas (SURE).
- Estimación de modelos de ecuaciones simultáneas.

En general, el LIMDEP presenta alta capacidad de estimar modelos con variable dependiente cualitativa, de respuesta simple y respuesta múltiple y variables dependientes limitadas o truncadas. Es un paquete econométrico de gran soporte para una variedad de modelos no lineales como estimaciones multinomiales, Tobit, frontera estocásticas, modelos con distribución de Poisson entre otras especificaciones.

ANEXO N° 6

PROCESO DE ESTIMACIÓN Y PANEL DE DATOS

El procedimiento empleado para estimar las ineficiencias asignativas y técnicas contempla las siguientes etapas:

1.- Establecimiento de modelo a emplear

La función translogaritmica de beneficios es la siguiente:

$$\begin{aligned} \ln(\text{Cte}) &= \alpha_0 + \alpha_1 \ln(\text{HORM3}) + \alpha_2 \ln(\text{METR2}) \\ &+ \frac{1}{2} \alpha_{11} \ln(\text{HORM3})^2 + \frac{1}{2} \alpha_{22} \ln(\text{METR2})^2 \\ &+ \beta_1 \ln(\text{Tra})^2 + \frac{1}{2} \beta_{11} \ln(\text{Tra})^2 \\ &+ \alpha_{12} \ln(\text{HORM3}) \ln(\text{METR2}) \\ &+ \rho_{11} \ln(\text{HORM3}) \ln(\text{Tra}) \\ &+ \rho_{12} \ln(\text{METR2}) \ln(\text{Tra}) \\ &+ \pi_1 \ln(\text{CAPTRA}) + \pi_2 \text{EQ} + \pi_3 \text{TM1} + \mu_A + \mu_T + v \end{aligned}$$

$$S_1 = \beta_1 + \beta_{11} \ln(\text{Tra}) + \rho_{11} \ln(\text{HORM3}) + \rho_{12} \ln(\text{METR2}) + \theta_1$$

2.- Simetría y homogeneidad para los factores

Establecimiento de restricciones de simetría y homogeneidad de grado uno de la función de costos respecto de los precios de los factores, dividiendo los costos y los precios de los inputs, por el precio del segundo factor, MAT, de tal forma que:

$$\text{Cte} = \text{CV}/\text{MAT}, \quad \text{Tra} = \text{TRA}/\text{MAT}$$

La especificación de la ineficiencia técnica es la siguiente:

$$\mu_T = \delta_0 + \delta_1 \ln(\text{HORM3}) + \delta_2 \text{EQ} + \delta_3 \text{TM1} + \delta_4 \text{EX1} + \eta$$

Mientras que la ineficiencia asignativa, adquiere la siguiente forma:

$$\mu_A = 2c\theta_1^2$$

3.- Establecimiento de no negatividad a variables Dummy y principales

No negatividad para $(\mu_A, \mu_T, v, \theta_1, \eta) \geq 0$

4.- Ingreso de datos al software LimDep

Las ecuaciones anteriores, además del ingreso de los datos de panel para cada variable, tanto la función de producción y de ineficiencia técnica y asignativa se estiman simultáneamente siguiendo el método de Máxima Verosimilitud (Maximum Likelihood Estimation).

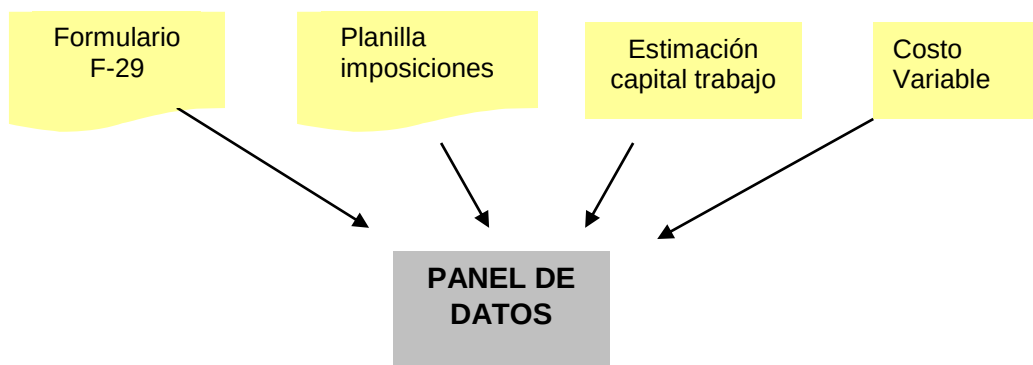
5.- Resultados de la estimación

RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN

VARIABLE	PARÁMETRO	COEFICIENTE	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Constante	α_0	-0.5663	0.1214
Ln(HORM3)	α_1	0.2135	0.1159
Ln(METR2)	α_2	0.2368	0.1002
Ln(Tra)	β_1	0.6411	0.0131
$\frac{1}{2} \text{Ln}(\text{HORM3})^2$	τ_{11}	0.1121	0.0107
$\frac{1}{2} \text{Ln}(\text{METR2})^2$	τ_{22}	0.1860	0.1256
$\frac{1}{2} \text{Ln}(\text{Tra})^2$	γ_{11}	0.1079	0.1469
Ln(HORM3)Ln(METR2)	τ_{12}	-0.1528	0.1092
Ln(Tra)Ln(HORM3)	ρ_{11}	-0.0090	0.0106
Ln(Tra)Ln(METR2)	ρ_{21}	-0.0120	0.0113
Ln(CAPTRA)	θ_1	0.4323	0.0825
EQ1	θ_2	-0.0825	0.0554
EQ	θ_3	0.6151	0.0936
	C	14.0954	9.9811
	μ_i	0.0617	0.0370
	σ	0.0239	0.0031
Constante	δ_0	0.5556	0.1317
Ln(HORM3)	δ_1	0.2647	0.0628
EQ	δ_2	-0.7516	0.1271
TM1	δ_3	-0.2426	0.1246
EX1	δ_4	0.0924	0.0385
	σ	0.0861	0.0132
	γ	1.0000	0.0122
Log likelihood			211.42

Nota: significativo al 10%.-

Los datos de panel se resumen de la siguiente manera:



CUADRO N° 6
DATOS INGRESO/EGRESOS
En Unidad de Fomento

MES/AÑO	INGRESO	EGRESO	MES/AÑO	INGRESO	EGRESO
Ene-11	1450	986	Ene-14	2670	1736
Feb-11	3200	2304	Feb-14	2330	1375
Mar-11	1450	812	Mar-14	1090	621
Abr-11	0	537	Abr-14	990	613
May-11	3270	2027	May-14	3256	2182
Jun-11	4100	2501	Jun-14	2130	1342
Jul-11	2300	1679	Jul-14	2160	1555
Ago-11	1580	1042	Ago-14	3450	2450
Sep-11	4100	2747	Sep-14	3010	2047
Oct-11	2370	1374	Oct-14	3920	2626
Nov-11	3560	2456	Nov-14	2370	1469
Dic-11	2390	1338	Dic-14	5020	3363
Ene-12	3100	2263	Ene-15	2900	1711
Feb-12	0	2103	Feb-15	2950	1652
Mar-12	0	956	Mar-15	0	1007
Abr-12	3660	2635	Abr-15	1250	887
May-12	2450	1886	May-15	3490	2338
Jun-12	2800	1708	Jun-15	3720	2530
Jul-12	2670	1608	Jul-15	3810	2362
Ago-12	1630	1173	Ago-15	3920	2195
Sep-12	6520	4759	Sep-15	4010	2366
Oct-12	1900	1482	Oct-15	3090	1730
Nov-12	2100	1449	Nov-15	3950	2844
Dic-12	4290	2316	Dic-15	3280	2066
Ene-13	3350	2412	Ene-16	2190	1510
Feb-13	1250	925	Feb-16	2240	1590
Mar-13	2140	1733	Mar-16	3240	1588
Abr-13	0	1211	Abr-16	0	1251
May-13	3670	2458	May-16	3890	2762
Jun-13	1760	1073	Jun-16	3270	2387
Jul-13	2560	1715	Jul-16	3160	2149
Ago-13	1990	1413	Ago-16	3760	2482
Sep-13	5200	3536	Sep-16	3890	2412
Oct-13	5150	2884	Oct-16	3620	2498
Nov-13	2090	1651	Nov-16	4140	2898
Dic-13	3010	1866	Dic-16	3920	2509

CUADRO N° 7
DATOS UTILIDAD OPERACIONAL
En Unidad de Fomento

MES/AÑO	INGRESO	EGRESO	UTILIDAD	MES/AÑO	INGRESO	EGRESO	UTILIDAD
Ene-11	1450	986	464	Ene-14	2670	1736	934
Feb-11	3200	2304	896	Feb-14	2330	1375	955
Mar-11	1450	812	638	Mar-14	1090	621	469
Abr-11	0	537	-537	Abr-14	990	613	377
May-11	3270	2027	1243	May-14	3256	2182	1074
Jun-11	4100	2501	1599	Jun-14	2130	1342	788
Jul-11	2300	1679	621	Jul-14	2160	1555	605
Ago-11	1580	1042	538	Ago-14	3450	2450	1000
Sep-11	4100	2747	1353	Sep-14	3010	2047	963
Oct-11	2370	1374	996	Oct-14	3920	2626	1294
Nov-11	3560	2456	1104	Nov-14	2370	1469	901
Dic-11	2390	1338	1052	Dic-14	5020	3363	1657
Ene-12	3100	2263	837	Ene-15	2900	1711	1189
Feb-12	0	2103	-2103	Feb-15	2950	1652	1298
Mar-12	0	956	-956	Mar-15	0	1007	-1007
Abr-12	3660	2635	1025	Abr-15	1250	887	363
May-12	2450	1886	564	May-15	3490	2338	1152
Jun-12	2800	1708	1092	Jun-15	3720	2530	1190
Jul-12	2670	1608	1062	Jul-15	3810	2362	1448
Ago-12	1630	1173	457	Ago-15	3920	2195	1725
Sep-12	6520	4759	1761	Sep-15	4010	2366	1644
Oct-12	1900	1482	418	Oct-15	3090	1730	1360
Nov-12	2100	1449	651	Nov-15	3950	2844	1106
Dic-12	4290	2316	1974	Dic-15	3280	2066	1214
Ene-13	3350	2412	938	Ene-16	2190	1510	680
Feb-13	1250	925	325	Feb-16	2240	1590	650
Mar-13	2140	1733	407	Mar-16	3240	1588	1652
Abr-13	0	1211	-1211	Abr-16	0	1251	-1251
May-13	3670	2458	1212	May-16	3890	2762	1128
Jun-13	1760	1073	687	Jun-16	3270	2387	883
Jul-13	2560	1715	845	Jul-16	3160	2149	1011
Ago-13	1990	1413	577	Ago-16	3760	2482	1278
Sep-13	5200	3536	1664	Sep-16	3890	2412	1478
Oct-13	5150	2884	2266	Oct-16	3620	2498	1122
Nov-13	2090	1651	439	Nov-16	4140	2898	1242
Dic-13	3010	1866	1144	Dic-16	3920	2509	1411

CUADRO Nº 8
DATOS TRABAJO Y MATERIALES
En Unidad de Fomento

MES/AÑO	MANO OBRA	MATERIALES	MES/AÑO	MANO OBRA	MATERIALES
Ene-11	375	316	Ene-14	660	556
Feb-11	876	737	Feb-14	523	440
Mar-11	309	260	Mar-14	236	199
Abr-11	204	172	Abr-14	233	196
May-11	770	649	May-14	829	698
Jun-11	950	801	Jun-14	510	429
Jul-11	638	537	Jul-14	591	498
Ago-11	396	333	Ago-14	931	784
Sep-11	1044	879	Sep-14	778	655
Oct-11	522	440	Oct-14	998	840
Nov-11	933	786	Nov-14	558	470
Dic-11	508	428	Dic-14	1278	1076
Ene-12	860	724	Ene-15	650	548
Feb-12	799	673	Feb-15	628	529
Mar-12	363	306	Mar-15	383	322
Abr-12	1001	843	Abr-15	337	284
May-12	717	604	May-15	888	748
Jun-12	649	547	Jun-15	961	810
Jul-12	611	515	Jul-15	898	756
Ago-12	446	375	Ago-15	834	702
Sep-12	1808	1523	Sep-15	899	757
Oct-12	563	474	Oct-15	657	554
Nov-12	551	464	Nov-15	1081	910
Dic-12	880	741	Dic-15	785	661
Ene-13	917	771	Ene-16	574	483
Feb-13	351	296	Feb-16	604	509
Mar-13	659	554	Mar-16	603	508
Abr-13	460	388	Abr-16	475	401
May-13	934	786	May-16	1050	884
Jun-13	407	343	Jun-16	907	764
Jul-13	652	548	Jul-16	817	688
Ago-13	537	452	Ago-16	943	794
Sep-13	1344	1132	Sep-16	917	772
Oct-13	1096	922	Oct-16	949	799
Nov-13	627	528	Nov-16	1101	927
Dic-13	709	597	Dic-16	953	803

CUADRO N° 9
DATOS PRODUCTOS
En Metro Cúbico y Metro Cuadrado

MES/AÑO	HORMIGÓN	METRO	MES/AÑO	HORMIGÓN	METRO
	M3	M2		M3	M2
Ene-11	87	97	Ene-14	160	178
Feb-11	192	213	Feb-14	140	155
Mar-11	82	104	Mar-14	65	73
Abr-11	62	84	Abr-14	59	66
May-11	196	218	May-14	195	217
Jun-11	246	273	Jun-14	128	142
Jul-11	138	153	Jul-14	130	144
Ago-11	95	105	Ago-14	207	230
Sep-11	246	273	Sep-14	181	201
Oct-11	142	158	Oct-14	235	261
Nov-11	214	237	Nov-14	142	158
Dic-11	143	159	Dic-14	301	335
Ene-12	186	207	Ene-15	174	193
Feb-12	67	132	Feb-15	177	197
Mar-12	72	142	Mar-15	56	81
Abr-12	220	244	Abr-15	75	83
May-12	147	163	May-15	209	233
Jun-12	168	187	Jun-15	223	248
Jul-12	160	178	Jul-15	229	254
Ago-12	98	109	Ago-15	235	261
Sep-12	391	435	Sep-15	241	267
Oct-12	114	127	Oct-15	185	206
Nov-12	126	140	Nov-15	237	263
Dic-12	257	286	Dic-15	197	219
Ene-13	201	223	Ene-16	131	146
Feb-13	75	83	Feb-16	134	149
Mar-13	128	143	Mar-16	194	216
Abr-13	82	112	Abr-16	126	163
May-13	220	245	May-16	233	259
Jun-13	106	117	Jun-16	196	218
Jul-13	154	171	Jul-16	190	211
Ago-13	119	133	Ago-16	226	261
Sep-13	312	347	Sep-16	233	259
Oct-13	309	343	Oct-16	217	241
Nov-13	125	139	Nov-16	248	276
Dic-13	181	201	Dic-16	235	261

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIGNER, D., LOVELL C. y SCHMIDT (1977), "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models", *Journal of Econometrics*.

BATTESE, G.E. y T. COELLI (1995). "A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data", *Empirical Economics*.

DEBREU, G. (1951), "The coefficient of resource utilization". *Econometrica*

FARREL, M.J. (1957), "The Measurement of Production Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*.

FØRSUND, F.R. (1999), "The Evolution of DEA – The Economic Perspective", *Sixth European Workshop on Efficiency and Productivity Analysis*, Copenhagen.

KOOPMANS, T.C. (1951), "Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities"

LEIBENSTEIN, H. (1966), "Allocative Efficiency Vs X-Efficiency", *American Economic Review*.

LEIBENSTEIN, H. (1975), "Aspects of the X-Efficiency Theory of the Firm", *Bell Journal of Economics*.

PUIG-JUNOY J. (2001), "Technical Inefficiency and Public Capital in U.S. States: A Stochastic Frontier Approach", *Journal of Regional Science*.

SMITH, Adam. (1776), "Investigación Sobre la Naturaleza y Causas de la Riqueza de las Naciones". México: Fondo de Cultura Económica, 1958.