



7
2ej-



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ZARAGOZA"**

**EVALUACION, JERARQUIZACION Y SELECCION OPTIMA
DE PROYECTOS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
PRESENTA:
FRANCISCO ENRIQUE ESPARZA PARRA**





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
INVESTIGACION Y DESARROLLO	4
1 Antecedentes y Definición	4
1.1 Antecedentes	4
1.2 Definición	6
2 Elementos del Proceso de Investigación y Desarrollo	14
2.1 El Lado de la Demanda	15
2.2 El Lado de la Oferta	15
2.3 El Area de Unión	16
3 Importancia	19
4 Situación en México	26
4.1 Aspectos Generales	26
4.2 Indicadores de Actividades Científico-Tecnológicas	27
CAPITULO II	
CARACTERIZACION DE LOS ATRIBUTOS DE LOS	
PROYECTOS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO	34
5 Proyectos de Investigación y Desarrollo	34
5.1 Definición y Características	34
5.2 Clasificación	38
6 Atributos de los Proyectos de Investigación y	
Desarrollo - Criterios de Evaluación	39

CAPITULO III		
ENFOQUE GENERAL DE LA EVALUACION DE PROYECTOS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO		44
7	Los Diversos Enfoques	44
	7.1 Evaluación Financiera	44
	7.2 Evaluación Social	45
	7.3 Métodos Basados en la Investigación de Operaciones	47
	7.4 Insuficiencias Metodológicas en la Evaluación de Proyectos de Investigación y Desarrollo	54
8	Evaluación y Selección de Proyectos de I/D	57
	8.1 Los Métodos de Selección	57
	8.2 El uso Práctico de las Técnicas Formales	67
CAPITULO IV		
METODOLOGIA PROPUESTA PARA LA EVALUACION, JERARQUIZACION Y SELECCION OPTIMA DE PROYECTOS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO		69
9	Racionalización de Preferencias, Una Alternativa	69
	9.1 Antecedentes	69
	9.2 El método Electra	72
	9.3 Ejemplo de Aplicación del Método de Racionalización de Preferencias	78
10	Metodología Propuesta	84
	10.1 Análisis de Preparación	86
	10.2 Etapa de Evaluación-Jerarquización	89
	10.3 Etapa de Selección Óptima	95
	10.4 Ejemplo de Aplicación	99
CONCLUSIONES		113

RECOMENDACIONES	117
------------------------	------------

REFERENCIAS	118
--------------------	------------

APENDICES

- 1) Juegos de Atributos Encontrados en la Literatura Revisada
- 2) Programa de Cómputo del Método de Racionalización de Preferencias
- 3) Matrices de Concordancia y Discordancia para la Aplicación de la Metodología Propuesta

INTRODUCCION

Esta tesis, tiene como objetivo fundamental estudiar metodológicamente, la forma en que podría implantarse, en el ámbito de los proyectos de Investigación y Desarrollo (I/D), el proceso de evaluación, jerarquización y selección óptima de los mismos. Este proceso está ligado profundamente con otro de rango más elevado: el de programación-presupuestación, el cual deriva de la actividad de planeación estratégica que le antecede y se continua en la labor de control que le precede.

Es menester mencionar que la actividad de planeación estratégica involucra dentro de sus conceptos, la determinación de objetivos y la evaluación de los posibles cursos de acción, los cuales desembocan en la autorización de ciertos programas de inversión de significación prioritaria en el proceso de modernización del país, en el incremento de la competitividad y en el logro de las metas de internacionalización de los mercados. Desde este punto de vista, la actividad de investigación y desarrollo en la industria química, petroquímica y de proceso, es de gran importancia, toda vez que el proceso de modernización no puede dejar de lado el desarrollo de una tecnología adecuada a nuestra realidad. A este respecto, ha sido fehacientemente demostrado, que el crecimiento económico de los países industrializados se ha debido en un 50%, en promedio, a los avances científico-tecnológicos que han caracterizado el último lustro de la década de los años ochentas y que será determinante para el desarrollo económico de todos los países en lo que resta del presente siglo.

Por su parte, la actividad de programación involucra el diseño de las metas en proyectos y actividades específicas, así como la administración de los recursos necesarios para llevarlas a cabo, basándose en los correspondientes programas presupuestales y auxiliándose para ello de las diversas herramientas disponibles (PERT-CPM, por ejemplo).

Por último, la actividad de control, se refiere al proceso de constreñir y vigilar que los entes operativos sigan los lineamientos de la planeación estratégica dentro del marco del proceso de programación-presupuestación.

Por lo tanto, la presente tesis, también tiene como propósito, dotar a la administración, tanto de los órganos públicos superiores encargados de la actividad I/D, como a la de las empresas privadas empeñadas en esta misma actividad, de una metodología que apoye la toma de decisiones en cuanto a la evaluación jerarquización y selección óptima de proyectos de I/D. A través de lo anterior se coadyuvará a la mejor distribución de los recursos de que disponen los centros de decisión públicos o privados, de acuerdo a los presupuestos que tengan asignados en el marco de su planeación estratégica.

Se considera que la metodología que se presenta, tiene las características necesarias para formar parte de las herramientas que apoyen la toma de decisiones de alto nivel en el ámbito de la investigación y desarrollo tecnológicos.

Con objeto de establecer el marco de referencia para este trabajo, en el capítulo 1 se presenta la definición y características del proceso de investigación y desarrollo y de los elementos que intervienen en él. Asimismo, se desarrolla una sección que intenta establecer la importancia, para los países en vías de desarrollo de contar con un proceso de I/D dinámico; este capítulo concluye con un breve análisis de la situación de la investigación y desarrollo en México.

En el capítulo 2 se caracteriza a los proyectos de I/D como un tipo especial de proyectos, ya que en su diseño y evaluación intervienen una gran cantidad de elementos; asimismo, se intentan establecer los atributos o criterios que intervienen en su evaluación, los cuales están íntimamente ligados a los objetivos de la empresa.

Dadas las características de los proyectos de I/D, en el capítulo 3 se revisan los diferentes enfoques que se han desarrollado para la evaluación de proyectos y se hace una crítica a su uso en el proceso de evaluación y selección de proyectos de I/D; finalmente se analiza el uso en la práctica real de los métodos existentes. En el capítulo 4 se propone una metodología que intenta ayudar en el problema de la evaluación,

jerarquización y selección óptima de proyectos de I/D basada en métodos de racionalización de preferencias, aplicándose esta metodología a un ejemplo.

Finalmente en los apéndices se presentan los diferentes juegos de atributos de evaluación de proyectos de I/D encontrados en la literatura revisada, el algoritmo y programa de cómputo realizado para modelar la técnica de racionalización de preferencias en la que se basa la metodología propuesta y las matrices de concordancia y discordancia obtenidas en el ejemplo desarrollado.

CAPITULO I

INVESTIGACION Y DESARROLLO

1 Antecedentes y Definición.

1.1 Antecedentes.

Aunque el concepto de investigación es tan antiguo como el de ciencia, y no sólo esto, sino que forma parte de la definición de la misma, la relación que ahora se considera íntima y casi indivisible, entre investigación y desarrollo, es reciente.

Se puede remontar el origen del proceso de Investigación y Desarrollo (I/D) hacia finales del siglo XVIII, cuando triunfa la Revolución Francesa y el gobierno de ella emanado debe defenderse del resto de la Europa monárquica; aquí se puede localizar el primer intento organizado de unir el conocimiento científico a las necesidades de la sociedad, obteniéndose en este período entre otros desarrollos tecnológicos: el telégrafo de semáforos, el globo cautivo de observación y el primer método para fabricar pólvora de propiedades consistentes.

Sin embargo, la experiencia no perduró, aún hubo de pasar medio siglo para que la industria comenzara a buscar los esfuerzos científicos para fundamentar su desarrollo; en este período sólo hubo esfuerzos individuales en el desarrollo de la investigación, lográndose éxito debido a la intuición y a la capacidad personal de los investigadores, más que a la coordinación y comunicación entre ellos.

Se puede citar a Alemania como el primer país en donde se realizó un esfuerzo planeado para aprovechar las oportunidades que surgían a partir de los avances científicos. Siemens, Krupp y Zeiss fundaron diversos laboratorios en la segunda mitad del siglo XIX y para 1900, cientos de personas se dedicaban en ellos a la investigación científica relacionada con la electricidad y la metalurgia (23).

En U.S.A., no es sino hasta los años anteriores a la Primera Guerra Mundial en los que compañías como General Electric, Du Pont y Eastman Kodak entre otras, inician esfuerzos coordinados de investigación.

La Primera Guerra Mundial produjo un cambio dramático; la necesidad de lograr una gran expansión de la industria armamentista evidenció la falta de tecnologías avanzadas en diversos campos, mismas que sólo podían obtenerse a través del esfuerzo científico integral y coordinado con los elementos de la producción.

Es por eso que a partir de 1915 se crean en Estados Unidos organismos, como son el Departamento de Investigación Científica e Industrial y el Consejo Nacional de Investigación, los cuales se dieron a la tarea de estimular y coordinar la actividad científica en el corto y mediano plazo, así como a convencer a los industriales de la necesidad de realizar un proceso de Investigación y Desarrollo apropiados y adecuados a su rama industrial como base fundamental para alcanzar éxito en la competencia comercial (23).

Al finalizar la Primera Guerra Mundial muchas de las grandes empresas de los países industrializados tenían departamentos de investigación, en este período se realizaron grandes progresos; el automóvil, el avión, el teléfono a larga distancia y otros muchos inventos se desarrollaron de meras aplicaciones técnicas de avanzada, sin uso práctico, a mecanismos eficientes y confiables. Sin embargo y en parte debido a las presiones económicas que la crisis de los treinta ejerció sobre la industria mundial, la I/D se estancó, viniendo a ser reactivada por el advenimiento de la Segunda Guerra Mundial, principalmente en U.S.A., país cuya industria no fue devastada por esta guerra.

En esa época la única limitante fue la disponibilidad de científicos altamente capacitados, por lo que las universidades buscaron el generar cuadros preparados para la investigación y desarrollo buscando asimismo participar en el proceso a través de sus propios laboratorios.

Se puede decir que hasta principios de los sesentas en los países industrializados se pensaba que a mayor investigación, mayor desarrollo, lo que dio origen a un frenesí por la investigación, principalmente en sus aspectos básicos; sin embargo, fue a partir de esa década que este tipo de

investigación ya no fue tan rentable en éxitos, dándose cuenta los gobiernos de estos países, que era necesario contar con una infraestructura de desarrollo que permitiera capitalizar los descubrimientos hechos en la investigación básica, convirtiéndolos en artículos utilizables, trasladándose gran parte del interés y del esfuerzo hacia la investigación aplicada y al desarrollo de productos.

1.2 Definición

Para dar una definición de lo que es el proceso de Investigación y Desarrollo se debe de entender lo que es el sistema de investigación científica y avance tecnológico, comunmente conocido como sistema ciencia-tecnología, ya que a partir de éste se puede comprender y situar apropiadamente el significado del proceso de I/D.

El Sistema Ciencia-Tecnología

Hasta mediados del presente siglo se había tomado como significado de la investigación científica el avance de la comprensión del funcionamiento del mundo observable, el desarrollo de descripciones lógicas, integradas y constantes de porqué y como ocurren los sucesos que nos rodean, sin importar la utilidad inmediata de este conocimiento; es decir, se consideraba que el conocimiento y entendimiento de la naturaleza no redundan por sí mismos en una mayor riqueza, fortaleza o capacidad de controlar a la naturaleza misma

Asimismo, se entendía como avance tecnológico, a las diferentes técnicas, procedimientos e inventos que no contribuían *per se* a conocer la manera en que actúan las leyes de la naturaleza, sino que ayudaban a controlar el entorno que rodea al ser humano

Sin embargo, en la práctica, no es posible establecer una división entre el avance científico y el desarrollo tecnológico, ya que uno permite el avance del otro. Todo avance tecnológico plantea problemas científicos, cuya solución puede consistir en la investigación de nuevas teorías o de nuevas técnicas de investigación que conduzcan a un mayor conocimiento y a un mejor dominio del entorno.

La ciencia y la tecnología constituyen un ciclo de sistemas interactuantes que se alimentan el uno al otro; el científico torna inteligible lo que hace el técnico y éste provee a la ciencia de instrumentos y comprobaciones, y lo que es igualmente importante, el técnico no cesa de formular preguntas al científico, añadiendo así un motor externo al progreso científico (12). Así pues, la ciencia y la tecnología son dos actividades interdependientes; el descubrimiento precede a la invención y la invención hace posible el descubrimiento (89).

El sistema ciencia-tecnología ha sufrido transformaciones históricas; en un principio este proceso, de índole totalmente artesanal, servía para aumentar el conocimiento sobre la naturaleza. La aplicación tecnológica surgía para tener mejores instrumentos o formas alternativas de comprobación, su aplicación práctica al beneficio social era marginal y secundaria.

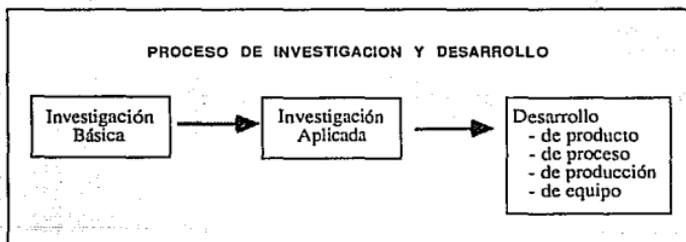
Sin embargo, al tomarse conciencia de la capacidad del sistema ciencia-tecnología para satisfacer las necesidades sociales, se ha generado una nueva situación, en donde "...ciencia y tecnología se han aproximado. Esto no se manifiesta solamente por el establecimiento de lazos directos entre los institutos científicos y la producción, la aceleración de la puesta en marcha de los resultados científicos o por la utilización por la ciencia de los medios técnicos más complejos en la investigación para la industria. El trabajo del sabio aislado, que, en el pasado, por su carácter, era el de un artesano, se ha transformado ante nuestros ojos en diversas ramas básicas de la ciencia. Es un aspecto del trabajo industrial con su carácter de masa, su tendencia a un objetivo único y, sobre todo, su división del trabajo" (57).

Es a través de este sistema que las necesidades sociales influyen sobre el devenir de la ciencia, ya que no se establece una relación unívoca de la influencia de la ciencia y la tecnología hacia el entorno social, sino que se ha caracterizado como una relación de dos sentidos entre la actividad científica y tecnológica y las necesidades y requerimientos sociales y económicos (47). es decir, se busca asociar estrechamente y de una manera real la investigación y las inversiones con la satisfacción de necesidades y la resolución de los problemas tecnológicos, Figura 1.1 (p. 8).

Proceso de Investigación y Desarrollo

Dentro del marco del sistema de ciencia-tecnología surge el proceso de I/D, el cual puede definirse como la evolución que va desde el descubrimiento o comprensión básica de un fenómeno, hasta la aplicación práctica del conocimiento generado, en un sentido relevante de mercado y/o de necesidad social. Este proceso surge cuando los esfuerzos de la organización (empresa o sociedad) se dirigen expresamente a transformar un descubrimiento científico en un producto, en un proceso, en una técnica de producción o en un equipo que sea económica y/o socialmente útil.

Se ha dividido el proceso de I/D en tres etapas:



La investigación básica se define como las actividades de investigación cuyo único objetivo definido es el comprender la naturaleza; sin embargo, en la industria la investigación básica se dirige a algún objetivo general, tal como la investigación sobre ciertos descubrimientos recientes que prometan relacionarse con los problemas específicos de la industria.

El siguiente paso en el proceso de I/D es la investigación aplicada; en un proceso continuo es difícil establecer en qué momento la investigación básica pasa a ser aplicada, sin embargo, en la industria se puede conceptualizar a ésta última como el paso inicial del proceso de I/D, ya que una vez que se ha identificado algún problema práctico y específico, se inicia la investigación aplicada la cual se encamina a resolverlo.

Al conocerse la finalidad de los proyectos de investigación aplicada, es posible estructurarlos y organizarlos con objeto de dividir el trabajo y

programar las actividades. La Tabla. 1.1 (p. 11), muestra, como ejemplo, las etapas de un proyecto de investigación aplicada de la industria petroquímica en México (70).

La etapa de desarrollo en el proceso de I/D generalmente se refiere al escalamiento necesario para llevar al nivel de producción industrial los resultados de la investigación aplicada, su objetivo principal es reducir la incertidumbre en cuanto a los datos necesarios para la construcción de una planta industrial para la producción de un bien, proporcionando así una base más firme para la decisión de llevar a cabo el proyecto.

Para que el riesgo técnico de un proceso sea reducido a un nivel aceptable puede ser necesaria la experimentación en planta piloto o la construcción de un prototipo, lo cual suele ser la actividad de mayor costo en el proceso de I/D; la Tabla 1.2 (pp.12-13), muestra las actividades principales que se realizan en la etapa de desarrollo en un proyecto de la industria química (35).

TABLA 1.1
PASOS Y ACTIVIDADES DE UN PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA DE LA
INDUSTRIA PETROQUIMICA (70)

PASO	ACTIVIDAD
1) Concepción	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación del problema - Generación de ideas y propuestas - Orientación hacia la aplicación en el mercado - Preanálisis de acuerdo a posición interna de la empresa y a potencial comercial, social, político, etc.
2) Captación y análisis de información	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis bibliográfico a nivel mundial - Consulta a banco de datos
3) Prevalidación de ideas	<ul style="list-style-type: none"> - Fases de desarrollo en otros países - Opinión de consultores especializados - Estudios preliminares de mercado
4) Plan general del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Consideración y evaluación de posibles rutas de investigación - Selección de la ruta de investigación - Elaboración del programa de trabajo de investigación - Integración de los recursos necesarios (humanos, materiales, financieros) - Establecimiento del programa de seguimiento y de los puntos de control
5) Desarrollo de infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> - Recopilar bibliografía especializada - Diseño de la investigación - Procuración de recursos
6) Desarrollo de la investigación	<ul style="list-style-type: none"> - Estudios fundamentales - Experimentación a nivel de vidrio - Experimentación a nivel de banco - Elaboración del paquete tecnológico de investigación (condiciones del proceso, implicaciones, etc.)
7) Análisis del mercado	<ul style="list-style-type: none"> - Muestreo del mercado - Investigación de tendencias - Elaboración del estudio de mercado

TABLA 1.2
ACTIVIDADES FUNDAMENTALES EN LA ETAPA DE DESARROLLO EN UN
PROYECTO DE LA INDUSTRIA QUIMICA (35)

ACTIVIDAD	OBSERVACIONES
1) Programación del proyecto	- Probablemente se necesite elaborar un diagrama de actividades con el detalle suficiente para realizar un control efectivo del progreso del proyecto
2) Captación y análisis de información	- Se debe de incluir el análisis de las reseñas de patentes, de la información de empresas similares, etc.
3) Identificación de opciones para las etapas del proceso	- Como ejemplo se tienen los diferentes estudios de ingeniería de reactores y procesos o etapas alternativas de separación
4) Modelaje en diagramas de flujo	- Incluye la identificación de los requerimientos de servicios y de los costos asociados de capital y operación. Se concilia la relación entre los ciclos del proceso y el incremento de los costos de capital y operación y la complejidad del mismo
5) Costeo del proceso	- Se realiza sobre la base del diagrama de flujo propuesto y de los datos operativos obtenidos basándose en cálculos preliminares de tamaños de equipo y materiales de construcción
6) Estudios de impacto en el medio ambiente	- Basados en datos a nivel de diagrama de flujo incluyendo la operación en estado transitorio y en producción continua, así como la solución proyectada para posibles situaciones de emergencia
7) Análisis de riesgos	- Se identifican riesgos potenciales, incluye estudios toxicológicos
8) Estudios de operabilidad	- Basados en información disponible de plantas industriales semejantes, considera el identificar e investigar sobre áreas problemáticas

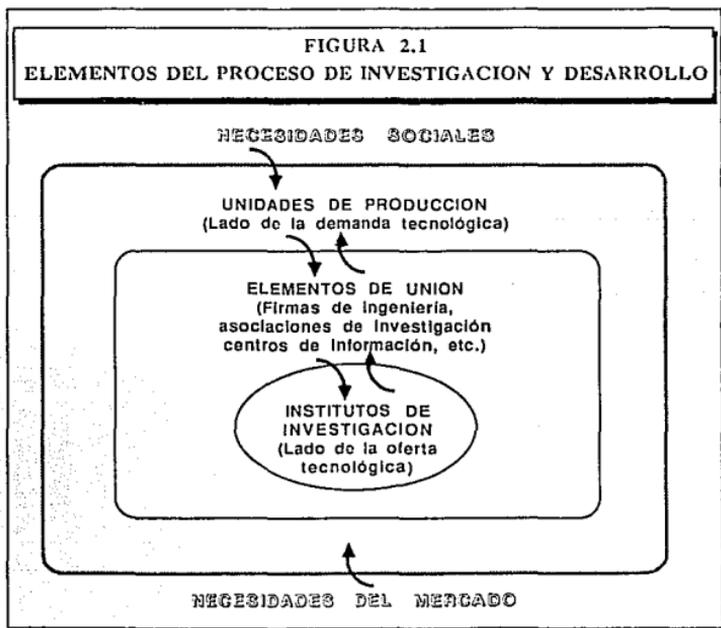
TABLA 1.2 cont.
ACTIVIDADES FUNDAMENTALES EN LA ETAPA DE DESARROLLO EN UN
PROYECTO DE LA INDUSTRIA QUIMICA (35)

ACTIVIDAD	OBSERVACIONES
9) Evaluación de riesgos técnicos	- Se deben determinar la solución posible y sus costos con un estimado del tiempo requerido
10) Diseño y construcción del laboratorio o planta piloto	- En ellos se realizarán estudios de las variables del proceso etapas de escalamiento, propiedades físicas y químicas, etc.
11) Realización de consideraciones sobre la factibilidad en la ingeniería del equipo clave en el proceso o tecnológicamente innovador	
12) Evaluación de los resultados	

2 Elementos del Proceso de Investigación y Desarrollo

Una vez que se ha definido a la investigación y desarrollo como un proceso en el que la investigación científica y las necesidades sociales y de mercado interactúan para lograr un desarrollo tecnológico adecuado que puedan ayudar a solucionarlas, es necesario presentar en forma esquemática los elementos que interactúan en este proceso.

El proceso de innovación (investigación y desarrollo) no puede representarse generalmente como una secuencia líneal de eventos con una causa única (65), es decir los descubrimientos técnicos dependen de varios factores que se relacionan entre sí de manera compleja, este proceso se puede dividir, en un nivel muy general en tres partes, Figura 2.1.



2.1 El Lado de la Demanda del Proceso de I/D

El primer elemento del proceso de investigación y desarrollo se identifica con la aparición de necesidades sociales, como: promover la demanda de tecnología propia, mejorar la capacidad de absorción de tecnología en las unidades productivas, regular el ingreso de tecnología extranjera y en general desarrollar las capacidades tecnológicas internas y llegar a una autonomía en la toma de decisiones en materia científico-tecnológica del país; o con la identificación de oportunidades en el mercado, que pueden conducir a un aumento en las ganancias, disminución de los costos, incremento de la producción, aumento de la tasa de crecimiento de la producción, establecimiento de estrategias a largo plazo para mantener las ganancias o permanencia de la empresa, penetración de mercados en la máxima extensión posible, y en general, mejorar en alguna forma el desempeño de la unidad productiva. Con objeto de satisfacer estas necesidades se genera una demanda de tecnología que, en un contexto ideal, deberá ser resultado de un proceso de investigación y desarrollo adecuado.

2.2 El Lado de la Oferta

Las entidades típicas encargadas de la oferta de tecnología se conocen en términos generales como los institutos de investigación, este término identifica una mezcla heterogénea de organizaciones involucradas de diferentes maneras en la oferta del conocimiento técnico, se pueden identificar tres categorías principales:

- **Institutos de Investigación**, los cuales generalmente, son organizaciones autónomas cuya función es generar conocimiento técnico a través de actividades de investigación, adaptación, desarrollo e ingeniería. Pueden ser financiados por el gobierno, por empresas particulares o por ambos.
- **Laboratorios de Universidades**. El propósito principal de estas organizaciones es formar a profesionistas e investigadores, este proceso a menudo involucra la participación activa en trabajos de investigación. Frecuentemente, estos centros tienen un cierto grado de autonomía para establecer contactos con la industria y obtener así fondos adicionales de financiamiento.

- **Laboratorios de Investigación de las Industrias.** Estos se encuentran generalmente en grandes empresas ya sean privadas o estatales, también se forman por la asociación de varias empresas, su función principal es proveer servicios técnicos y dar solución a los problemas específicos de adaptación o mejora tecnológica de la industria que los patrocina.

2.3 El Area de Unión

Se entiende como área de unión a todas las instituciones y mecanismos que relacionan a las unidades productivas y a las unidades encargadas de la oferta de la tecnología; estas instituciones y mecanismos tienen una función de dos sentidos:

- **De las unidades productivas a las unidades encargadas de la oferta tecnológica;** sirven como intérpretes de las necesidades y problemas de las primeras, para transformarlas en un problema tecnológico cuya solución pueda ser encontrada, proveída si ésta ya existe y, si no, definir el problema en términos tales que la solución pueda ser investigada y desarrollada en las unidades proveedoras de tecnología.
- **De las unidades proveedoras de tecnología a las unidades productivas;** sirven como intérpretes de las actividades de las primeras, con objeto de transformarlas en soluciones tecnológicas que puedan ser incorporadas efectivamente a las unidades productivas.

La unidad representativa de esta área, mas no la única, es la firma de ingeniería; sin embargo también podemos mencionar a las siguientes:

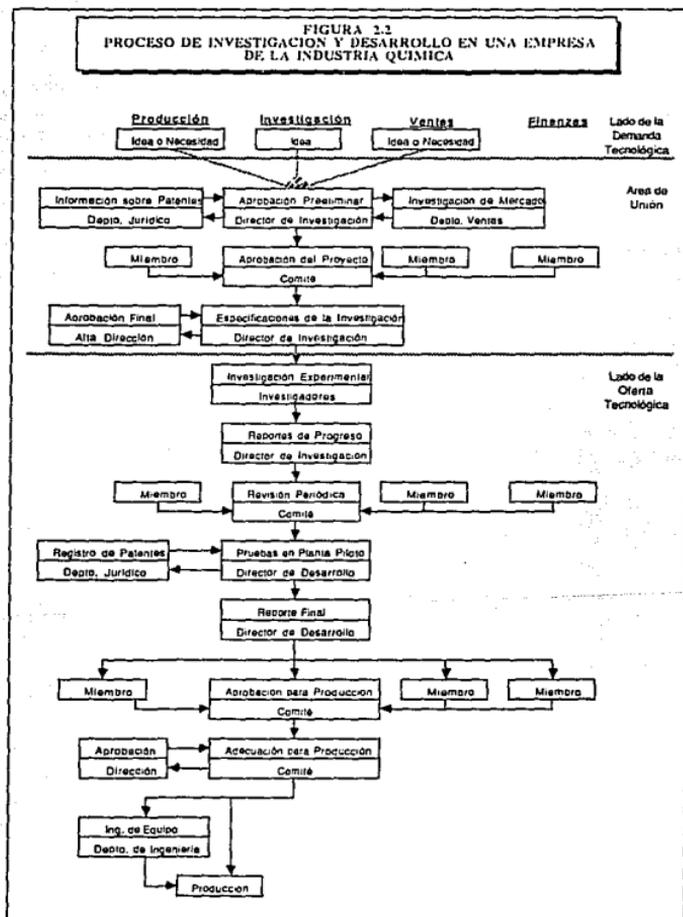
- Departamentos de desarrollo, de producción y técnicos de empresas industriales.
- Empresas de servicio y consultores.
- Agencias que se encargan de regular las importaciones de tecnología.

- Sistemas de información (centros de documentación).
- Centros y mecanismos gubernamentales para el impulso de la tecnología nacional.

De la correcta interrelación de estos tres elementos entre sí y de ellos en conjunto hacia el resto de la sociedad depende la efectividad del proceso de investigación y desarrollo.

En un nivel más específico, la Figura 2.2 (p. 18), muestra el proceso típico de I/D dentro de una empresa de la industria química, en ésta los departamentos de producción investigación y ventas son los generadores de la demanda tecnológica, ya sea por detección de una necesidad o la generación de una idea factible de realizarse. El área de unión está representada por la recopilación de datos sobre patentes y por la investigación de mercado que conlleva a una aprobación del proyecto, generando posteriormente los objetivos hacia los cuales debe dirigirse la investigación. Conforman el área de oferta tecnológica los investigadores y técnicos que realizan el proyecto de I/D desde la etapa de investigación básica hasta la producción comercial de producto deseado (27).

FIGURA 2.2
 PROCESO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO EN UNA EMPRESA
 DE LA INDUSTRIA QUIMICA



3 Importancia

La ciencia se está convirtiendo en la fuerza productiva por excelencia. La aplicación tecnológica del conocimiento de las leyes naturales va sustituyendo a la fuerza de trabajo directa como principio de la producción de mercancías.

Sin embargo, la dependencia científico-tecnológica, que se basa en la generación y posesión desigual del conocimiento de la naturaleza y de los elementos que permiten su control o aprovechamiento, se ha convertido en los años recientes en uno de los principales obstáculos al progreso económico de los países en vías de desarrollo. Esto ha llevado a una nueva división internacional del trabajo, en la que los países altamente industrializados se reservan la producción científica y de bienes intensivos en tecnología, mientras que el desarrollo de las fuerzas productivas de los países periféricos depende en gran medida de la importación de estos productos.

Debido a que la tecnología no tiene un costo de producción determinado, su precio se fija por la posesión monopólica de su productor, por lo tanto el costo de la tecnología es negociable y sobre todo dependiente del estado que guarda el proceso de investigación y desarrollo en cada país.

Cabe mencionar que en los países desarrollados, ha quedado fehacientemente demostrado que, en la década de los años 80's el 50% en promedio del crecimiento de su respectivo PIB, se ha debido a la inversión realizada a largo plazo en I/D (46).

Derivado de lo anterior es que la importancia del Proceso de Investigación y Desarrollo se puede comprender mejor dentro del ámbito de la situación actual de los países en vías de desarrollo, ya que la falta de un desarrollo tecnológico propio es una de las causas de su atraso económico y social, por lo que éste cobra una mayor relevancia en la medida en que la instrumentación de un proceso tecnológico adecuado ayudará a la resolución de estos problemas.

Con objeto de alcanzar el nivel de vida que es característico de las naciones desarrolladas, en las últimas cinco décadas los países en vías de desarrollo han tratado de imitar las condiciones económicas y sociales que se sucedieron en esas naciones a partir de la revolución industrial .

Sin embargo, la presión del tiempo, la urgencia de llevar a cabo ciertas etapas con rapidez, capitalizando las oportunidades existentes aún a costa de sacrificar eficiencia, productividad e independencia tecnológica, por satisfacer cuanto antes la creciente demanda social de empleos, de más actividad económica y de mayor disponibilidad de bienes y servicios, han llevado a los países en vías de desarrollo a adoptar políticas que no han sido adecuadas, ya que no han logrado promover, a la par del desarrollo industrial, un desarrollo científico-tecnológico propio (33).

La falta de una infraestructura de investigación adaptativa y del proceso de investigación y desarrollo tecnológico en los países subdesarrollados, así como de una política más agresiva de importación tecnológica reduce el proceso de transferencia tecnológica a una simple importación de "bienes tecnológicos". Una vez consumidos éstos en el plazo de vida rentable de un equipo o al término de vigencia de una licencia para uso de procesos o marcas comerciales, es necesario incurrir en nuevas compras de tecnología, sin que el país haya reducido en nada su dependencia tecnológica del exterior ni su déficit en la balanza de pagos por este concepto.

La dependencia tecnológica ha dificultado, la acumulación interna del capital y el desarrollo de las fuerzas productivas, lo que ha influido en el atraso de los países en vías de desarrollo, otras consecuencias que se pueden mencionar son:

- Descapitalización por concepto de pagos correspondientes a costos tecnológicos, amén de que que la falta de controles fiscales ha favorecido la transferencia contable de ganancias de las empresas transnacionales haciéndolas aparecer como gastos tecnológicos.
- Pérdida del control interno de las actividades productivas, dado el incremento de la gestión de las empresas transnacionales a la que viene aparejada la importación de la tecnología.

- Dilapidación y alienación de los recursos naturales, ya que al no tener control sobre la compra de tecnología no se puede considerar el impacto ecológico de las mismas.
- Condicionamiento de la venta de la tecnología por parte del poseedor de la misma a la adquisición de otros bienes de capital e intermedios a precios que exceden en distintos grados a los fijados en el mercado internacional.
- Necesidad de comprar, a la par de la patente en cuestión, el *know-how* no patentado, debido a la falta de una infraestructura científico-tecnológica que permita el incorporar y hacer operativo el conocimiento amparado por la patente.
- Aumento de los costos unitarios de producción; debido a que las tecnologías que se importan fueron diseñadas para abastecer mercados mucho más vastos que los de los países en vías de desarrollo, lo que ocasiona que al ser implementadas en éstos, operen por debajo de su capacidad productiva de diseño.
- Limitación de la producción, ya que frecuentemente la compra de tecnología implica la aceptación de restricciones para exportar productos obtenidos mediante ésta, dando como consecuencia la imposibilidad de resolver el problema de la subutilización de la capacidad productiva mediante la exportación de los excedentes al mercado internacional.
- Polarización de las clases sociales; ya que el uso de avances tecnológicos en los países en vías de desarrollo beneficia, generalmente, sólo a los estratos de mayores ingresos de la población. Al mismo tiempo, los empresarios amortizan los costos de utilizar tecnologías inapropiadas mediante el aumento del precio de sus productos, lo que repercute en la reducción de los salarios reales de los trabajadores, incrementando así el proceso de polarización social.

En la Tabla 3.1 (pp. 23-25), se identifican algunas de las características más importantes de los sistemas económicos y de las políticas gubernamentales que han afectado el surgimiento de un proceso adecuado de I/D en latinoamérica (65).

En función de lo anterior, y al identificar los costos sociales, económicos y ecológicos que implica la falta de un proceso de investigación y desarrollo adecuado a la realidad de cada país, se concluye que el problema de la dependencia tecnológica frente al progreso económico de los países en vías de desarrollo no puede reducirse al balance contable entre el costo actual de la tecnología extranjera y el costo alternativo de producirla internamente, sino que debe de tomar en cuenta, de manera integral, la totalidad de los costos y de los beneficios que produce, siendo este balance, totalmente favorable al desarrollo interno de una tecnología propia y adecuada a través de un proceso de investigación y desarrollo particular, sobre la importación y compra indiscriminada de tecnologías extranjeras, inadecuadas para el correcto desarrollo y contrarias a los procesos de independencia de los países de la periferia.

TABLA 3.1
ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL SISTEMA ECONOMICO Y DE LAS POLITICAS ECONOMICAS
DE LOS GOBIERNOS EN LATINOAMERICA Y SU IMPACTO EN EL SISTEMA
CIENTIFICO Y TECNOLOGICO (65)

Características del Sistema Económico y de las Políticas Económicas del Gobierno	Impacto Implícito en los Sistemas Científico y Tecnológico
<p><u>Características del Sistema Económico</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Dualismo Tecnológico (unas pocas firmas avanzadas coexistiendo con una mayoría de firmas obsoletas) • Subutilización de la capacidad existente (inversión excesiva en bienes de capital) • Mecanismos de establecimiento de precios deformados (proteccionismo, oligopolios, controles de precios míopes) • Predominancia de la inversión extranjera (particularmente en sectores claves) • Fuertes desigualdades en la distribución del ingreso 	<ul style="list-style-type: none"> • Sólo un pequeño número de empresas son capaces de absorber tecnología moderna siendo éstas las usuarias potenciales del conocimiento generado por las actividades científicas y tecnológicas. Estas empresas están usualmente relacionadas con corporaciones extranjeras. • No hay necesidad de hacer investigación en la producción para incrementar su nivel, ya que puede ser fácilmente expandida utilizando la capacidad ociosa disponible. • Los inversionistas no tienen incentivos reales para reducir costos y operar eficientemente, por lo tanto es bajo el requerimiento de actividades científicas y tecnológicas. • La necesidad de actividades científicas y tecnológicas, particularmente investigación y desarrollo, se satisfacen desde el exterior. Solamente las actividades rutinarias se realizan en el país. • Las actividades industriales se orientan para producir bienes para el segmento de la población de altos ingresos. La tecnología se dirige y se importa para producir una gran variedad de bienes para esta minoría.

TABLA 3.1 cont.
 ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL SISTEMA ECONOMICO Y DE LAS POLITICAS ECONOMICAS
 DE LOS GOBIERNOS EN LATINOAMERICA Y SU IMPACTO EN EL SISTEMA
 CIENTIFICO Y TECNOLÓGICO (63)

Características del Sistema Económico y de las Políticas Económicas del Gobierno	Impacto Implícito en los Sistemas Científico y Tecnológico
<ul style="list-style-type: none"> • Conservadurismo de los empresarios locales • Elevada inflación • Falta de alternativas tecnológicas viables 	<ul style="list-style-type: none"> • Desconfianza de la capacidad interna de desarrollo científico y tecnológico, preferencia por tecnologías probadas y bien conocidas (generalmente extranjeras). No hay disposición de capital de riesgo para financiar tecnologías nuevas o avanzadas. • Se prefieren las inversiones intensivas en capital a largo plazo, particularmente cuando los fondos se obtienen de fuentes estatales. • Se importan tecnologías no apropiadas, implementadas en y para países desarrollados.
<u>Características de las Políticas Gubernamentales</u>	
<ul style="list-style-type: none"> • Políticas de crédito dirigidas hacia el financiamiento de equipo, particularmente cuando se encuentran involucrados ayuda y crédito externos. • Incentivos fiscales dirigidos a promover mayores inversiones en bienes de capital • Políticas sociales que hacen cara a la mano de obra (seguro social, seguros de desempleo, beneficios médicos, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Las tecnologías intensivas en capital son preferidas sobre tecnologías intensivas en mano de obra. • Invertir en equipo resulta más atractivo que invertir en capital de trabajo para respaldar un incremento de la fuerza laboral. • Las necesidades de equipo, maquinaria y aún productos intermedios está orientada hacia el exterior.

TABLA 3.1 cont.
**ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL SISTEMA ECONOMICO Y DE LAS POLITICAS ECONOMICAS
 DE LOS GOBIERNOS EN LATINOAMERICA Y SU IMPACTO EN EL SISTEMA
 CIENTIFICO Y TECNOLOGICO (65)**

Características del Sistema Económico y de las Políticas
Económicas del Gobierno

Impacto Implícito en los Sistemas Científico y Tecnológico

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Sobrevaluación del tipo de cambio (volviendo más baratas a las importaciones) | <ul style="list-style-type: none"> • Importar equipo y maquinaria extranjeros resulta atractivo y por lo tanto disminuye la rentabilidad de la actividad de I/D. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Barreras aduanales y medidas proteccionistas que se implementan como parte de una estrategia de industrialización de sustitución de importaciones | <ul style="list-style-type: none"> • La protección indiscriminada vuelve redituable a la ineficiencia y reduce la demanda efectiva de actividades científicas y tecnológicas. |

4 Situación en México

4.1 Aspectos Generales

No obstante que tradicionalmente se ha destinado una parte del presupuesto gubernamental para el financiamiento de la actividad científico-tecnológica, no es sino hasta 1967, en la junta de presidentes latinoamericanos de Punta del Este, cuando se plantea la importancia y necesidad de poner en marcha un proceso propio de investigación y desarrollo. La constitución del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a fines de 1970, marca el inicio del esfuerzo por un proceso de I/D adecuado; a partir de ese entonces cada plan sexenal de gobierno ha tenido un apartado o incluso un plan por separado para el desarrollo científico-tecnológico nacional buscando lograr así una capacidad de autodeterminación tecnológica.

En el diagnóstico realizado para servir de base al Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica 1990-1994 (87), se establece que actualmente el sector productivo del país refleja los resultados de un modelo económico basado en la protección, en la regulación excesiva y en el aislamiento, lo que ha ocasionado un crecimiento industrial importante pero distorsionado, con un considerable atraso científico-tecnológico. Por otro lado la inestabilidad macroeconómica también contribuyó a inhibir la modernización tecnológica del país ya que la elección eficiente de tecnologías depende en gran medida de los precios relativos de los factores de producción y éstos se encontraban distorsionados y eran sumamente inestables.

La protección y regulación excesivas, aunadas a los efectos de prolongados períodos de sobrevaluación del tipo de cambio real, así como la presencia de subsidios financieros arbitrariamente selectivos, afectaron negativamente el desarrollo de la industria nacional obstaculizando el surgimiento de una planta productiva moderna, eficiente y competitiva. Asimismo, propiciaron un patrón de industrialización en el que la ausencia de las economías de escala que la competencia internacional permite, generó procesos productivos insuficientemente integrados, lo que dio por resultado que el crecimiento de las exportaciones no alcanzara para financiar las elevadas importaciones de bienes de capital, incluyendo las

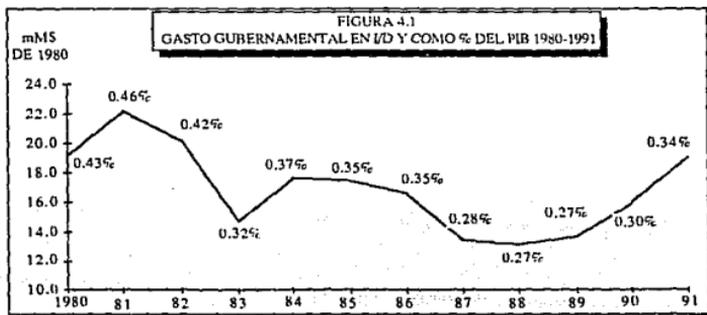
tecnológicas, y de insumos intermedios que dichos procesos demandaban y se reflejara por tanto, en una continua salida de capitales del país. Todo ello se vio agravado, además, por un exceso de regulaciones que propiciaron el surgimiento y la persistencia de modalidades de organización industrial de carácter oligopólico que contribuyeron a desestimular aún más los procesos de modernización e innovación tecnológica.

De lo anterior se concluye que en términos generales en México los efectos de la falta de un proceso propio y efectivo de investigación y desarrollo son semejantes a los experimentados por la gran mayoría de los países en vías de desarrollo que se analizaron en el apartado anterior.

4.2 Indicadores de Actividades Científico-Tecnológicas

Se presentan algunos indicadores de la actividad científico-tecnológica en México, en cuanto a recursos financieros y humanos, los cuales sirven para precisar en términos cuantitativos cuál es la situación actual en esta materia del país y su posición dentro de la actividad mundial.

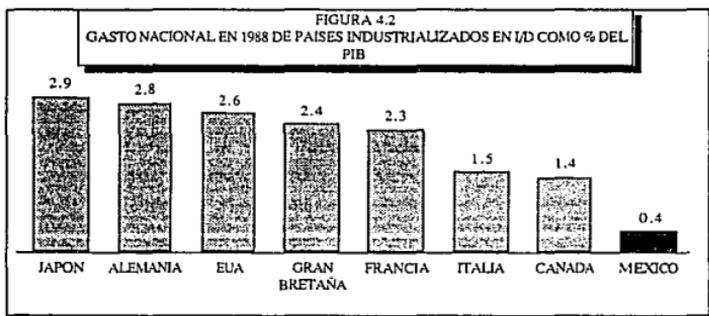
En promedio de 1980 a 1991 el monto de los recursos gubernamentales que en México se destinaron a financiar actividades de ciencia y tecnología se situó en 17 mil millones de pesos a precios constantes de 1980. Lo anterior representa en promedio un 0.35% del Producto Interno Bruto (PIB).



Fuente: SPP: Cuenta de la Hacienda Pública Federal, Presupuesto de Egresos de la Federación; SPP, INEGI: Sistema de Cuentas Nacionales de México

Cabe destacar que en el período 1982-88 hubo una reducción real del gasto en I/D, como consecuencia de la crisis económico-financiera que en 1982 se inició en el país; a partir de 1989 se ha notado una paulatina recuperación de este gasto; en 1991 se destinó a la I/D prácticamente el mismo monto que en 1982.

Este gasto resulta claramente insuficiente, sobre todo si se compara con el que realizan los países industrializados; en 1990 estos se situaron entre el 1.4% y el 2.9% del PIB.



Fuente: National Science International Science and Technology Data Update 1988; CONACYT

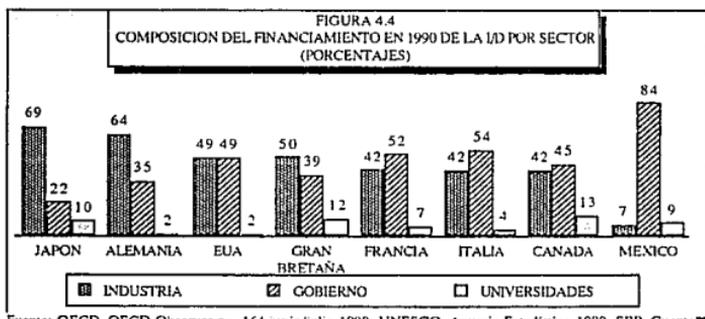
Es importante mencionar que los gastos en I/D de los países industrializados se ven fuertemente sesgados por los gastos en el área militar o de defensa los cuales en 1987 representaron el 68%, 50%, y 34% del gasto gubernamental en ciencia y tecnología de EUA, Gran Bretaña y Francia, respectivamente.

Al comparar el gasto en I/D de México con el de otros países de desarrollo semejante, se obtiene que en 1988 se gastó en esta actividad una proporción del PIB inferior al promedio de los países analizados.



Fuente: National Science International Science and Technology Data Update 1988; CONACYT

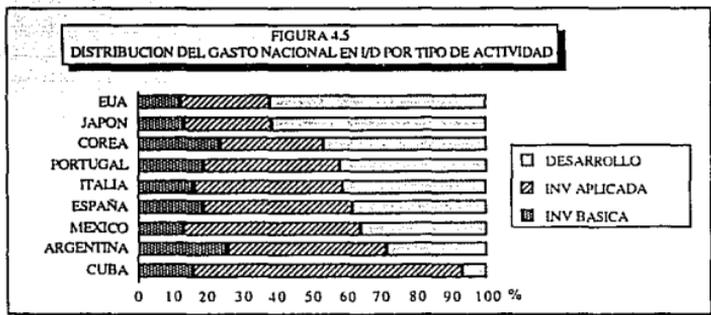
Actualmente en México no se dispone de cifras oficiales sobre el monto del gasto no-gubernamental en I/D, el cual considera el gasto de las empresas privadas y el de universidades particulares, sin embargo, se estima que en 1990 el 7.2% del gasto nacional (gasto gubernamental + gasto de empresas y universidades privadas) se realizó por la iniciativa privada, mientras que en los países desarrollados este sector financia en promedio el 51% de la actividad científico-tecnológica.



Fuente: OECD, OECD Observer no. 164 junio/julio 1990; UNESCO, Anuario Estadístico 1990; SPP, Cuentas de la Hacienda Pública Federal

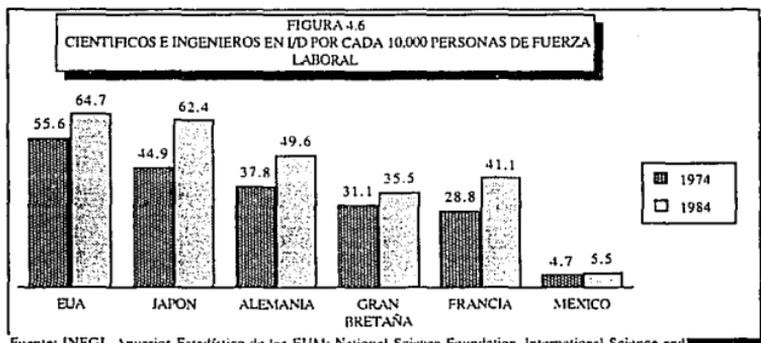
En México se destina el 65% del total de los recursos a la investigación básica y aplicada, situación que muestra una tendencia inversa a la que se realiza en los países industrializados, los cuales en promedio dedican el

55% al desarrollo tecnológico y el 45% restante a la investigación en sus ramas básica y aplicada.



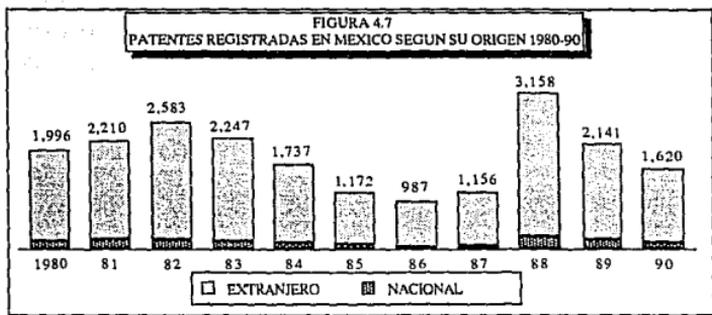
Fuente: UNESCO, Anuario Estadístico 1990

Por lo que respecta a recursos humanos, en 1984 México contaba con 11,800 científicos e ingenieros ocupados en actividades de I/D, en una relación de 5.5 por cada 10,000 personas de fuerza laboral, esta relación es superior en tan sólo 17% a la registrada en 1974, mientras que en los países industrializados se incrementó en promedio en 29%.



Fuente: INEGI, Anuarios Estadístico de los EUM; National Science Foundation, International Science and Technology Data Update, 1988

Un indicador de la cristalización de la actividad científico-tecnológica, es el porcentaje de patentes concedidas a nacionales y extranjeros en cada país; en México durante el período 1980-90 del total de las patentes concedidas el 8% se otorgó a nacionales, mientras que en EUA esta relación fue, en el mismo período, del 55%.



Fuente: SECOFI, Dirección General de Desarrollo Tecnológico

De las patentes concedidas a los inventores nacionales en el período 1980-87, 70% fueron otorgadas a inventores individuales, es decir no están asignadas a ninguna empresa lo cual hace más difícil su explotación. Del restante 30% el 18.5% corresponde a la empresa privada y el 11.5% remanente a empresas del sector público. Lo anterior explica que se tenga en el país un grado de explotación de las patentes de tan sólo el 10%, mientras que en EUA el 50% de éstas llega a su etapa de explotación comercial (2).

Todo lo anterior ha contribuido a que dentro de la estructura de la industria nacional el 65% de las empresas empleen tecnología artesanal, el 25% tecnología avanzada internacional y tan sólo el 10% tecnología nacional. El 64% de las empresas productoras compran tecnología extranjera.

Por otro lado el atraso tecnológico del país ocasionó que de 1970 a 1985 se haya importado en tecnología 50 veces más de los que se invirtió

en el proceso de investigación y desarrollo nacional. El 40% de las compras al exterior son bienes de capital que nuestra industria puede producir (22).

Los indicadores mencionados dan una idea de la deficiencia que en materia científico-tecnológica ha tenido nuestro país. Habría de esperarse, como parece ser la tendencia, que el futuro pareciera más promisorio en términos del desarrollo de una ciencia y tecnología más profunda, a través de una relación más estrecha entre el sector productivo y los Institutos de Investigación, como resultado de la apertura económica en la que las empresas se verán obligadas mantener sus costos en línea con los de sus competidores de dentro y fuera del país, lo que ya genera fuertes incentivos para que éstas modernicen su tecnología.

Bajo el entorno descrito es que se justifica este trabajo, ya que, dada la importancia de utilizar de la mejor manera los escasos recursos disponibles para actividades de I/D, se hace necesario contar con las herramientas que permitan facilitar y formalizar la toma de decisiones para la evaluación, jerarquización y selección óptima de proyectos de I/D. En el Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica 1990-1994 (87), se definen las siguientes estrategias y políticas que se dirigen a dar solución a esta necesidad:

- El desarrollo científico, la modernización tecnológica y la formación de recursos humanos de alta calidad y productividad, son condiciones necesarias para que México alcance sus objetivos de bienestar para todos y logre una inserción ventajosa en los mercados internacionales. Para lograrlo se requiere aumentar significativamente, y en la medida en que las condiciones económicas del país lo permitan, los recursos destinados al desarrollo tecnológico, enfatizando el aprovechamiento óptimo de los recursos disponibles y buscando una mayor participación de los sectores productivos y de la sociedad en general.
- En materia de selección, adquisición, adaptación y desarrollo de conocimientos científicos y tecnológicos, el Estado debe contribuir al fortalecimiento de los servicios y mecanismos orientados a facilitar al sector productivo la información necesaria para decidir sobre los que se pueda obtener del exterior y lo que se deba

desarrollar localmente, en términos de avances científicos y, especialmente, en avances tecnológicos; facilitando el acceso a la información necesaria para que, decidiendo libremente, las empresas puedan mejorar sustantivamente el proceso de adquisición, asimilación, adaptación y desarrollo de conocimientos científicos y tecnológicos. Esto coadyuvará a asegurar la asignación óptima de la inversión privada como del gasto público en esta materia, al contribuir a evitar equivocaciones o repeticiones costosas e innecesarias.

- Se mejorarán las actividades de evaluación, utilizando la asignación de recursos para promover y estimular la calidad de los trabajos, siempre con la participación de la comunidad científica.
- En la asignación de fondos se fortalecerán los elementos de concurso y competencia, para asegurar que los mismos se orienten de manera clara y transparente a los mejores proyectos, instituciones e investigadores. Para ello se contará con grupos dictaminadores formados por miembros de la comunidad científica, de las dependencias de gobierno involucradas, y con la participación, en los casos que sea conveniente, de los grupos de la sociedad que aportan recursos, garantizando que las evaluaciones y dictámenes queden a la disposición de los interesados.

CAPITULO II

CARACTERIZACION DE LOS ATRIBUTOS DE LOS PROYECTOS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

5 Proyectos de Investigación y Desarrollo

5.1 Definición y Características

Según Martino, un proyecto es cualquier tarea que tiene un principio y un fin determinados y que requiere el empleo de uno o más recursos en cada una de las actividades separadas pero interrelacionadas e interdependientes que deben ejecutarse para alcanzar los objetivos por los cuales el trabajo (o proyecto) fue instituido (55).

A partir de esta definición podemos conceptualizar a los proyectos de I/D como la secuencia de actividades encaminadas a lograr un avance tecnológico, ya sea a partir de conocimientos existentes o mediante su búsqueda dirigida, con objeto de satisfacer una necesidad de la sociedad o aprovechar alguna oportunidad del mercado previamente detectada.

Cabe mencionar que muchas veces es sumamente difícil el distinguir en donde termina un proyecto de I/D y donde comienza uno de inversión, por lo que algunos autores (94; 91 citada por Souder en 86), establecen que las inversiones en I/D pueden ser consideradas como el primer proceso, con características muy específicas, de las inversiones de capital, Figura 5.1.

**FIGURA 5.1
CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO**



Los proyectos de I/D presentan las siguientes características propias y particulares que los diferencian claramente de los proyectos de inversión, los cuales han sido ampliamente estudiados:

- El diseño de proyectos de I/D es un proceso iterativo en donde intervienen diferentes personas con diversas actividades y niveles jerárquicos, ya que en estos proyectos se deben de conjuntar las opiniones y posiciones de los diferentes elementos del proceso de innovación tecnológica; el lado de la oferta conoce el estado de la investigación y prevé el producto que puede ofrecer, sin embargo no conoce el valor que pudiera tener este en el mercado, labor que se encomienda al lado de la demanda, el cual está capacitado para evaluar el impacto, aceptación y valor comercial del producto obtenido.
- En las organizaciones dedicadas a la I/D existe un flujo de información en dos sentidos ya que los propósitos de los proyectos

circulan de los niveles jerárquicamente bajos hacia los altos, mientras que los objetivos de la organización y la asignación de los recursos se generan en los niveles altos y fluyen hacia los bajos.

- Los proyectos de I/D son de carácter multiobjetivo ya que las organizaciones basan, de alguna manera, sus procesos de decisión en la contribución que los proyectos de I/D hacen a los diversos objetivos que les dan razón de ser, por lo que cada proyecto es evaluado en base a sus diferentes atributos. Varios autores (28, 54, 80, así como: 20, 77, 79, 95 mencionados por Winkofsky *et al.* en 94) han señalado en sus trabajos el carácter multiobjetivo de este proceso; por otro lado se conoce que en la práctica usual no existe un juego único de criterios que sean de aplicación general en los entes en donde se realiza I/D, sino que estos criterios pueden tener una gran variación en diferentes empresas, y no sólo esto, sino que los diferentes niveles jerárquicos en una misma empresa utilizan diversos parámetros de evaluación, conforme a su interpretación y correlación con las metas de la misma.
- En los proyectos de I/D la evaluación se realiza continuamente a lo largo de la vida del proyecto, debiéndose tomar constantemente la decisión de continuar con él o abandonarlo, en contrapartida con los proyectos de inversión en donde, generalmente, la decisión de realizar el proyecto se toma una sola vez (9).
- Lo largo del tiempo necesario para llevar a cabo proyectos de I/D hace que la variable incertidumbre tenga gran relevancia, la dificultad de pronosticar los cambios tecnológicos y sociales que se llevarán a cabo durante el desarrollo del proyecto y el entorno dinámico en el que el producto obtenido competirá, constituyen una gran diferencia de los proyectos de inversión, ya que éstos se realizan después de que se ha generado exitosamente la tecnología necesaria y su tiempo de conclusión es relativamente corto, por lo que la incertidumbre disminuye considerablemente.
- El tamaño de las inversiones difiere marcadamente entre los proyectos de I/D y los de inversión, los gastos de los proyectos de I/D son por lo general pequeños en relación al presupuesto global de la empresa, si éstos se diluyen en investigaciones que no den los

resultados deseados, no significa un gran daño para esta, sino que su costo se refleja en las oportunidades que se pierden. Por otro lado, las inversiones de capital son generalmente de tal magnitud que pueden afectar, en caso de fracaso, la estabilidad financiera de la empresa.

- Los costos y beneficios de los proyectos de I/D no solamente están sujetos a errores de predicción, sino que también son por sí mismos difíciles de medir debido al carácter netamente cualitativo de muchos de ellos.
- En los proyectos de I/D normalmente se desarrollan ideas sobre las que no existe precedente, y por lo tanto las metas no son fáciles de definir, por lo que se necesita de una creatividad mayor que los proyectos de inversión. Asimismo los proyectos de I/D requieren que los investigadores mantengan a lo largo del proyecto una mente abierta y flexible a los cambios, ya que al ser difícil predecir en su totalidad el resultado del proyecto, es necesario evaluar y/o ejecutar constantemente nuevas rutas de acción que permitan obtener el producto más adecuado a las necesidades, siempre cambiantes, del entorno en el que se desenvolverá.
- En general la información con que se cuenta para fundamentar las decisiones en proyectos de I/D corresponden a estimados de las propiedades de productos que aún no existen, lo que complica fuertemente el proceso de decisión.

Resumiendo las características anteriores, se puede concluir que en la implementación de los proyectos de I/D y su evaluación, las decisiones se toman en diferentes niveles de la organización dentro de un proceso difuso y multiobjetivo, en el que intervienen varias personas que dominan partes esenciales y diferentes del conocimiento necesario para el logro del proyecto, así como con diversas capacidades de decisión. Este proceso también se caracteriza por ser en gran parte heurístico, ya que la mayoría de las metas, restricciones y criterios de evaluación sólo se pueden conocer a través de la experiencia, requiriendo que sean afinados a medida que el proyecto se desarrolle (78, 80, así como 81 y 84, citados por Winkofsky *et al.* en 94).

5.2 Clasificación

Diversos autores (29, 54, 37), han utilizado en sus trabajos la siguiente clasificación para los proyectos de I/D:

- **Proyectos de Investigación Exploratoria;** en este tipo de proyectos se desarrollan investigaciones básicas o se continúan los estudios publicados por otras instituciones (universidades, laboratorios de investigación, etc.), a partir de esta información y teniendo en cuenta alguna necesidad a cubrir, surgen ideas conceptuales en relación a algún producto o servicio que pueda satisfacerla. Los diversos recursos disponibles y la creatividad de los investigadores se combinan para determinar la factibilidad general de realizar la idea inicial. Son estos proyectos, dentro del proceso de I/D, los que se caracterizan por la mayor vaguedad e incertidumbre.
- **Proyectos de Desarrollo de Actividades Industriales de Alto Riesgo;** los proyectos que entran en esta categoría son aquellos que desarrollan productos que ya tienen cierto grado de definición al inicio del proyecto, por lo que se tiene una idea del beneficio que se obtendrá al realizarlo.
- **Proyectos de Desarrollo y Soporte de Actividades Industriales Existentes;** la necesidad de renovar continuamente los productos existentes para que éstos puedan continuar satisfaciendo las necesidades de un entorno cambiante y modificable, es la característica principal de este tipo de proyectos.

6 Atributos de los Proyectos de Investigación y Desarrollo- Criterios de Evaluación

La evaluación de proyectos de I/D se realiza sobre la calificación (cuantitativa, cualitativa, explícita o implícita), de ciertos atributos que describen los objetivos y metas del proyecto. Debido a lo amplio y general de las características de los problemas en los que se involucra el proceso de investigación y desarrollo es difícil establecer criterios de evaluación de aplicación general, ya que éstos están estrechamente relacionados al campo específico y propósitos del proyecto que se evalúa (52).

Como ejemplo de lo anterior se puede mencionar el impulso que se da a la investigación y desarrollo de tecnologías para el uso de fuentes alternativas de energía en países que no disponen de grandes recursos energéticos, mientras que en los países que los poseen, el interés se centra en su mejor aprovechamiento y explotación. En la tabla 6.1 (p. 40) se muestran las áreas que diversos países en vías de desarrollo participantes en el proyecto de instrumentos de política científica y tecnológica organizado por la OEA en 1974, señalaron como interesantes para impulsar el desarrollo tecnológico propio (65). Como se puede observar, estas áreas varían sustancialmente de acuerdo a la situación y ventajas comparativas de cada uno de los países enumerados.

Weimberg (92) hace una clasificación de atributos que, aunque relacionada específicamente con la investigación básica, puede resultar ilustrativa para los proyectos de I/D; en ésta los criterios se clasifican en dos categorías, internos y externos.

Los criterios internos se refieren a la calidad de la investigación, a la capacidad del equipo científico que la realiza así como a la contribución que la investigación hará al avance de la ciencia en su conjunto. La calidad y contribución del proyecto a la ciencia se puede medir, entre otros aspectos, por su carácter innovativo, por su originalidad, por el uso que hace de los conocimientos científicos de vanguardia, por la innovación metodológica que produce, por el reconocimiento obtenido y por la capacidad de crear nuevas conclusiones a partir de los resultados previos.

TABLA 6.1
AREAS QUE DIVERSOS PAISES EN VIAS DE DESARROLLO
SEÑALARON COMO INTERESANTES PARA GENERAR
TECNOLOGIA PROPIA (65)

PAIS	AREAS SEÑALADAS
Argentina	Petróleo y petroquímicos. Metalmecánica, bienes de capital y maquinaria y equipo. Hierro, acero y metalurgia. Equipo de transporte.
Brasil	Petróleo y petroquímicos. Hierro, acero y metalurgia. Energía eléctrica.
Corea	Petróleo y petroquímicos. Hierro, acero y metalurgia.
Egipto	Petróleo y petroquímicos. Metalmecánica, bienes de capital y maquinaria y equipo.
India	Petróleo y petroquímicos. Equipo electrónico.
México	Petróleo y petroquímicos. Metalmecánica, bienes de capital y maquinaria y equipo.
Nigeria	Metalmecánica, bienes de capital y maquinaria y equipo. Procesamiento de alimentos. Construcción.
Perú	Metalmecánica, bienes de capital y maquinaria y equipo. Hierro, acero y metalurgia. Construcción naval.
Venezuela	Petróleo y petroquímicos. Metalmecánica, bienes de capital y maquinaria y equipo.

Algunos de estos criterios pueden ser utilizados también como atributos de calificación de los proyectos de I/D o inclusive tienen una contrapartida en ellos, como es el caso de la calificación de la originalidad de la investigación que se puede equiparar con la calificación de la originalidad de la tecnología producida.

Los criterios externos provienen de fuera de la disciplina específica y aún de la ciencia en sí misma; son directamente aplicables a los proyectos de I/D. Dependiendo de la situación específica del proyecto, los criterios externos conciernen al desarrollo de nuevas tecnologías, a promover el crecimiento económico, a afectar el desempleo y el medio ambiente o a modificar el entorno en el que el producto se desarrollará.

Brandenburg (11), en un estudio realizado a 14 firmas de desarrollo tecnológico encontró que había un cambio progresivo en los propósitos y atributos de los proyectos que van desde los méritos científicos hacia el potencial económico, al mismo tiempo que los proyectos se desplazan de la etapa de investigación a la etapa de desarrollo.

Cabe mencionar que en un país como México en donde la mayor parte de la actividad científico-tecnológica se realiza a través de instituciones y empresas del sector público, se deben de considerar en la evaluación de proyectos de I/D los beneficios de carácter social y el grado de cumplimiento de los objetivos nacionales de desarrollo que genera esta actividad.

No obstante la existencia de una gran cantidad de trabajos sobre la evaluación de proyectos de I/D (6, 8, 17, 28, 29, 52, 94), se encontró que éstos suelen ser explícitos en su descripción conceptual y matemática, mas no en el detalle de los atributos calificados; en este aspecto se pueden mencionar los trabajos de Faust (25), Dean (20) y Brandenburg (11), los cuales fueron resumidos por Clarke (17), en los que se definen algunos criterios de evaluación de proyectos de I/D utilizados en la práctica común por diferentes organizaciones que incluyen la actividad científico-tecnológica en su desarrollo.

En el caso específico de México, los trabajos que definen estos criterios son escasos, se pueden mencionar los documentos del Instituto de Investigaciones Eléctricas (43), de Giral y González (32) y de Pasini (68) en los que se dan criterios de evaluación para su aplicación en el país, incluyendo algunos criterios de beneficio social.

Como un intento de enumerar los diferentes atributos que pueden utilizarse para evaluar proyectos de I/D, de ninguna manera a profundidad, ya que este tema podría ser por sí solo objeto de otro trabajo, se presentan en el apéndice 1 los juegos de atributos encontrados en la literatura revisada.

La tabla 6.2 (p. 43), presenta una clasificación de dichos atributos. Con ello se pretende demostrar, por un lado la importancia que tienen los atributos de los proyectos de I/D como marco de trabajo en el proceso de evaluación jerarquización y selección óptima, y por otro la diversidad de criterios que pueden aplicarse y que dependen de los objetivos que la Alta Dirección de una empresa, o en su caso, la de los organismos públicos encargados de promover esta tarea, establezcan como resultado de su proceso de planeación estratégica.

TABLA 6.2
JUEGO DE ATRIBUTOS PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS DE
INVESTIGACION Y DESARROLLO

CLASIFICACION	ATRIBUTO
a) Factibilidad Técnica	<ul style="list-style-type: none"> • Validación de las hipótesis de trabajo. • Probabilidad de alcanzar metas. • Nueva solución tecnológica. • Solución práctica al entorno tecnológico. • Probabilidad de alcanzar la utilidad requerida. • Capacidad de los participantes en el proyecto. • Operacionalidad y nivel de peligrosidad del proceso.
b) Propiedades de la Tecnología Propuesta.	<ul style="list-style-type: none"> • Durabilidad. • Facilidad de instalación. • Facilidad de operación y mantenimiento. • Impactos ambientales.
c) Ahorro y Uso Eficiente de la Energía.	<ul style="list-style-type: none"> • Ahorro de energía. • Uso eficiente de la energía. • Dependencia en recursos no renovables. • Elasticidad de la producción en relación a ahorros de energía. • Mejoramiento en la conservación de energía.
d) Potencial de Uso.	<ul style="list-style-type: none"> • Costos de inversión y rentabilidad esperada. • Competitividad de los costos de operación y mantenimiento. • Nivel de mérito en incremento de eficiencia y productividad.

CAPITULO III

ENFOQUE GENERAL DE LA EVALUACION DE PROYECTOS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

7 Los Diversos Enfoques.

Para solucionar el problema de la evaluación y selección de proyectos han surgido una gran cantidad de metodologías, las cuales se pueden agrupar en tres diferentes enfoques que representan el reconocimiento de la existencia de diversos niveles de conocimiento, compromisos, efectos y consecuencias atribuibles a la realización de los proyectos; estos enfoques son:

- Evaluación Financiera de Proyectos.
- Evaluación Social de Proyectos.
- Métodos basados en Teoría de Toma de Decisiones.

Cabe destacar que no obstante que muchas de las metodologías propuestas para la resolución de este problema combinan en mayor o menor medida elementos de los enfoques citados, éstas se pueden clasificar dentro de alguno de los rubros base.

7.1 Evaluación Financiera de Proyectos

Este enfoque es el más estudiado y comprendido, existiendo abundante literatura sobre el tema (13, 14, 38, 42, 62, 71, 93). A través de este tipo de metodologías se busca la maximización de la utilidad en relación con la inversión destinada al proyecto, lo que redundará en el mayor beneficio para la empresa.

Las diferentes metodologías existentes se basan generalmente en el flujo de efectivo que genera el proyecto, asumiéndose que los costos y los beneficios originados por su realización son únicamente monetarios (monto de la inversión, costos de operación y margen de utilidad por unidad producida, entre otros). por lo que gran parte del esfuerzo se dirige a determinar de la forma más exacta los diversos factores que afectan la rentabilidad de las inversiones como son los requerimientos de inversión fija, capital de trabajo, gastos de arranque, costos de operación, estudios de nivel de ventas y de precio del producto así como estimaciones de pago de impuestos y tasas de inflación.

Los proyectos son seleccionados con base a criterios de rentabilidad financiera, como son la tasa interna de retorno, el valor presente neto, el tiempo de recuperación de la inversión, etc.; la selección se realiza de manera automática sobre el proyecto que maximice alguno de estos criterios.

Bajo este enfoque se miden los impactos y consecuencias de un proyecto en el agente que los realiza, en el caso de las empresas su objetivo principal es obtener ganancias las cuales le permitan garantizar su permanencia.

7.2 Evaluación Social

La evaluación social de proyectos surge al reconocer que existen consecuencias adicionales a las que un proyecto tiene sobre un agente individual (empresa), y que éstas no necesariamente coinciden con las consecuencias del proyecto sobre el resto de la sociedad, ya que el precio monetario asignado a muchos bienes y servicios no guarda relación con el beneficio que ellos producen, además, desde el punto de vista social muchos de los costos y beneficios atribuibles a un proyecto no pueden medirse exclusivamente en función del flujo de efectivo asociado a éste.

Existen diversos estudios y metodologías para realizar la evaluación social de proyectos (48, 51, 58, 66, 67, 69, 72, 73, 88), y no obstante que su origen se dio en países industrializados, bajo esquemas de mercados perfectos, su desarrollo se ha dirigido a incluir en los análisis las distorsiones, deficiencias e imperfecciones que suceden en las economías

reales, principalmente en los países en vías de desarrollo; algunas distorsiones que se consideran en estos métodos son:

- Inflación acelerada, en la cual los rezagos de los precios y/o los controles gubernamentales para contenerla o, cuando menos, tratar con ella, causan una fuerte distorsión de los precios relativos.
- Una sobrevaluación de la moneda, junto con restricciones de las importaciones, producto de una utilización excesiva de políticas comerciales protectoras.
- Mercados imperfectos para los insumos, particularmente inmovilidad, subempleo y desempleo de la abundante mano de obra, así como la existencia de una legislación sobre salario mínimo y presiones políticas y sindicales que originan el encarecimiento de ésta, hablando estrictamente en términos de equilibrio entre oferta y demanda.
- Deficiencias en el ahorro y el ingreso del gobierno causadas por la pobreza y las dificultades de aplicar adecuadamente los sistemas impositivos, así como el abaratamiento del capital debido a la existencia de tasas de interés subvencionadas, a las condiciones tributarias impuestas a los bienes de capital importados y a las medidas de amortización acelerada concedidas a las empresas.
- Desigualdad extrema en la distribución de la riqueza y del bienestar, así como la salida del país de utilidades pertenecientes a empresas transnacionales.

Varios de los efectos que estas imperfecciones tienen sobre el desarrollo de un proceso propio de I/D en los países en vías de desarrollo se dieron en la Tabla 3.1 (pp. 23-25).

En términos generales estas metodologías utilizan un sistema de precios de referencia, que modifica el conjunto de precios del mercado a través del cual se intenta expresar el valor real de la contribución del proyecto a los objetivos de la sociedad en su conjunto bajo la interpretación de alguna teoría económica. Cabe mencionar que el precio de referencia de un bien o servicio no depende de la existencia previa de un precio de

mercado para dicho bien o servicio, por lo que se pueden incluir en la evaluación ciertos beneficios atribuibles a los proyectos que no tengan contrapartida en un flujo de efectivo.

El procedimiento de evaluación consiste en:

- Identificar las consecuencias ocasionadas por el proyecto en la sociedad en su conjunto medidas a través de indicadores económicos como pueden ser el crecimiento o eficientización del aparato productivo, la situación de la balanza de pagos, las finanzas públicas, la estructura de precios internos, el nivel de desempleo, etc.
- Clasificar estas consecuencias en costos o beneficios sociales tomando en cuenta los efectos indirectos en todos los sectores y agentes económicos y los efectos multiplicadores en la dinámica económica del país.
- Valorar estos costos y beneficios sociales utilizando el sistema de precios de referencia adoptado. En la construcción de este sistema se habrán definido implícitamente los objetivos de la sociedad y los valores de intercambio entre ellos, los objetivos que generalmente se plantean son el incremento del consumo global, la mejora en la redistribución del ingreso y el crecimiento del nivel de empleo.
- Obtener el beneficio neto del proyecto en términos contables y jerarquizar los proyectos en base a la maximización de este beneficio.

7.3 Métodos Basados en la Investigación de Operaciones

Como respuesta a la necesidad de ampliar el contexto de la asignación de recursos entre proyectos es que surgen los métodos de evaluación de proyectos basados en la investigación de operaciones.

En éstos, se trata de considerar la influencia en el proceso de decisión de factores intangibles que no pueden ser traducidos directamente en términos de algún modelo matemático, los cuales se generan por la

presencia del elemento humano dentro del entorno de decisión. Este enfoque es de carácter totalmente interdisciplinario ya que en él interactúan diversos campos científicos como las ciencias exactas, sociología, psicología y otras ciencias del comportamiento.

La resolución de los problemas de decisión se realiza a través del desarrollo e implantación de modelos, los cuales se integran de las alternativas de decisión entre las que se debe de hacer una selección, de las restricciones del sistema a través de las cuales se eliminarán las alternativas infactibles y de los criterios para evaluar y por consiguiente clasificar las alternativas factibles.

Aunque es posible mencionar un gran número de estructuras y clasificaciones de los diferentes métodos de evaluación de proyectos basados en la investigación de operaciones, para fines de este trabajo interesa el tratamiento que se le da a la existencia de criterios múltiples en los problemas de decisión. Matemáticamente este problema se puede expresar como la optimización de un vector:

$$\begin{aligned} \max Z(x_1, x_2, \dots, x_n) = & \\ & [Z_1(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ & Z_2(x_1, x_2, \dots, x_n), \dots, \\ & Z_p(x_1, x_2, \dots, x_n)] \end{aligned} \quad (1)$$

sujeto a:

$$g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_i, \quad (1.1)$$

$$i = 1, 2, \dots, m,$$

$$x_j \geq 0, \quad (1.2)$$

$$j = 1, 2, \dots, n.$$

donde:

Z = vector de funciones objetivo Z_1, Z_2, \dots, Z_n

g_i = restricciones,

x_j = variables de decisión y

b_i = recursos disponibles.

La resolución de problemas de criterios múltiples puede basarse en técnicas de manejo de atributos o de objetivos múltiples.

Problemas de Decisión con Atributos Múltiples

Este tipo de problemas de decisión se caracteriza por tratar con alternativas las cuales son descritas en términos de sus atributos (características, aspectos, factores, parámetros de desempeño, componentes, etc.). Las técnicas disponibles para la solución de estos problemas requieren información sobre la preferencia del tomador de decisiones para los valores de cada atributo, así como sus preferencias entre los diversos atributos; estas preferencias son obtenidas a través del conocimiento exacto de la realidad o por inferencia de soluciones adoptadas en el pasado.

El fundamento de estas técnicas se encuentra en el sistema axiomático de la utilidad establecido en 1944 por Neuman y Morgenstern, ampliado por diversos investigadores y resumido por Keeney y Raiffa (44); los axiomas se refieren, entre otros, a la posibilidad de establecer un ordenamiento preferencial entre las alternativas, a la transitividad de este ordenamiento y a la aditividad de las consecuencias de las alternativas; derivado de lo anterior estas técnicas son aplicables cuando no existen objetivos en conflicto, cuando pueden establecerse valores de intercambio compensatorios entre los objetivos del proyecto o pueden combinarse en una sola función, reduciendo el problema multiobjetivo en uno de optimización de un solo objetivo; o si los objetivos son complementarios y la optimización de cualquiera de ellos optimiza la función global.

Problemas de Decisión con Objetivos Múltiples

En estos problemas se reconoce que en muchas ocasiones los atributos de las alternativas son sólo medios para alcanzar los objetivos de mayor jerarquía del tomador de decisiones, por lo que se requiere de información sobre las preferencias de los objetivos planteados e información sobre la relación instrumental entre objetivos y atributos. A partir de las preferencias de los objetivos se derivan las preferencias ante los atributos y las funcionalidades entre atributos y objetivos: asimismo las alternativas pueden ser descritas en términos de sus atributos o en función de como contribuyen a los objetivos del tomador de decisiones.

Dado que en este tipo de problemas es extremadamente difícil construir funciones que representen los valores compensatorios entre los objetivos, no es posible contar con una solución óptima, sino que las técnicas disponibles se encaminan a encontrar el subconjunto de alternativas que dé la mejor solución posible para alcanzar los objetivos definidos.

El desarrollo de estas metodologías es reciente, iniciándose a finales de los años 60's; los trabajos más completos son las compilaciones realizadas por Cochrane y Zeleny en 1973 (18) y por Nykamp y Spronk en 1981 (64).

En la Tabla 7.1 (pp. 51-53), se presenta un resumen de la revisión realizada por MacCrimmon (53) de los diferentes métodos encontrados en la literatura para tratar con problemas multicriterio.

TABLA 7.1
CLASIFICACION DE LAS TECNICAS PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS DE DECISIONES MULTICRITERIO

CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS	SUBCLASIFICACION	TECNICAS
<p>I Metodos de Ponderación Son los que más se han desarrollado; se caracterizan por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un juego de alternativas disponibles con atributos definidos y con los valores que cada atributo puede tener. • Un proceso de comparación de los atributos para obtener escalas numéricas de sus valores (preferencias intraatributos) y pesos numéricos entre los atributos (preferencias interatributos). • Una función objetivo bien determinada para agregar la preferencia para cada alternativa en un solo valor. • Una regla para jerarquizar las alternativas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las preferencias son inferidas de decisiones anteriores a través de métodos estadísticos. • Las preferencias se obtienen por cuestionamiento directo y se agregan aditivamente entre todos los atributos. • Las preferencias se obtienen por cuestionamiento directo y se obtienen atributos específicos para representar todas las alternativas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Regresión Lineal. • Análisis de Varianza. • Regresión Cuasi-lineal. • Método de Valores de Intercambio. • Ponderación Aditiva Simple. • Ponderación aditiva Jerárquica. • Ponderación Cuasi-aditiva. • Maximin. • Minimax.
<p>II Métodos de Eliminación Secuencial Requieren de menos información que los métodos de ponderación; se caracterizan por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un juego de alternativas disponibles con atributos definidos y con los valores que cada atributo puede tener. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se realiza una comparación entre los atributos de cada alternativa contra los de un estándar. • Comparación al mismo tiempo de los atributos de dos alternativas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Restricciones Disyuntivas y Conjuntivas. • Dominancia • Discordancia • Programación de Compromisos

TABLA 7.1 (cont.)

CLASIFICACION DE LAS TECNICAS PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS DE DECISIONES MULTICRITERIO

CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS	SUBCLASIFICACION	TECNICAS
<p>II Métodos de Eliminación Secuencial</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escalas para los valores de los atributos (referencias intra-atributos), y en algunos casos un ordenamiento entre los atributos. • Un juego de restricciones (no siempre necesario) entre los atributos. • Un proceso para comparar secuencialmente las alternativas en base al valor de sus atributos de tal manera que estas puedan ser eliminadas o retenidas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comparación al mismo tiempo de un atributo para todas las alternativas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lexicográfica. • Eliminación por Aspectos.
<p>III Métodos de Programación Matemática</p> <p>En esta clasificación se consideran las técnicas más conocidas de la investigación de operación; se caracterizan por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un juego de alternativas infinito o muy grande, las cuales se pueden inferir de un conjunto de descripciones. • Un juego de restricciones propias de la técnica utilizada (o algunas veces producto de las preferencias del tomador de decisiones). • Una función objetivo compensatoria que puede ser global o local. • Un algoritmo para generar los puntos preferidos buscando alcanzar un óptimo. 		<ul style="list-style-type: none"> • Programación Lineal. • Programación de Metas Múltiples. • Programación Interactiva Multicriterio. • Teoría de Juegos Cooperativa.

TABLA 7.1 (cont.)

CLASIFICACION DE LAS TECNICAS PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS DE DECISIONES MULTICRITERIO

CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS	SUBCLASIFICACION	TECNICAS
<p>IV Métodos de Proximidad Espacial</p> <p>Se basan explícitamente en la representación espacial del problema; se caracterizan por:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Un juego de alternativas previamente identificadas, en algunos casos con valores vagos para los atributos. • Un proceso para obtener preferencias intra e inter-atributos (en algunos casos una sola preferencia agregada). • La identificación de configuraciones ideales y de las reglas de selección basadas en la aproximación de las alternativas a las configuraciones ideales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa de Indiferencia. • Ordenamiento Multidimensional con Puntos Ideales. • Superposiciones Gráficas. • Distancias.

7.4 Insuficiencias Metodológicas en la Evaluación de Proyectos de Investigación y Desarrollo

En la sección 5 se mencionaron las diferentes características de los proyectos de I/D, éstas se resumieron en términos de la existencia de una multiplicidad y diversidad de objetivos directos e indirectos, contra los que el proyecto debe ser confrontado, y que a menudo permanecen sin especificar o son definidos en términos sumamente vagos.

Asimismo, estos proyectos se caracterizan por la diversidad de las personas que intervienen en el proceso de selección así como las que son afectadas por las consecuencias de los proyectos, las cuales a menudo presentan objetivos en conflicto y variantes en el tiempo. Estas características ocasionan que los enfoques desarrollados para la evaluación de proyectos presenten diversas insuficiencias, las cuales son brevemente analizadas.

Es claro que el enfoque financiero para la evaluación de los proyectos que nos ocupa presenta fuertes deficiencias al resumir todas las consecuencias de los proyectos en un flujo de recursos monetarios y al jerarquizarlos en función de un criterio único como es la maximización de la utilidad obtenida.

La evaluación social de proyectos presenta un mayor alcance que la evaluación financiera al incluir los impactos múltiples de un proyecto en la sociedad en su conjunto; sin embargo, presenta las siguientes limitaciones susceptibles de crítica:

- Al reunir los diversos objetivos de un proyecto en algunos objetivos macroeconómicos, se deja de tratar con la experiencia, habilidad y conocimiento, de los evaluadores del proyecto, para pasar a un nivel mayor, en el que éstos son evaluados como herramientas que posibilitan la realización de planes que forman parte de estrategias que responden a una forma definida de percibir la realidad. Debido a esto es factible que al considerar el efecto de los proyectos en objetivos macroeconómicos implícitos en un sistema de precios de referencia, se esté midiendo la velocidad de un proceso del que se ignora la dirección.

La dirección de un proceso *"implica la definición de un proyecto social que a su vez supone la estructura de relaciones de poder, un sistema básico de decisiones, un patrón de relaciones con el exterior y una definición precisa sobre las relaciones sociales de producción que caracterizan la sociedad que se busca construir o que se pretende alcanzar"*(56).

Asimismo, *"la velocidad es una medida del desenvolvimiento del proceso en una dirección determinada, de ahí que de ninguna manera el análisis o evaluación de la velocidad y los obstáculos que a ella se oponen, impliquen un juicio crítico o actitud activa sobre la dirección"*(90).

- El nivel de conceptualización del modelo puede ser sumamente completo pero excesivamente complicado para su aplicación práctica, no sólo en cuanto complejidad del modelo, sino en cuanto a la disposición, nivel y confiabilidad de la información requerida, ya que el uso de datos preliminares en modelos complejos o sofisticados, que requieren gran cantidad y calidad de información, conduce a que los resultados obtenidos pierdan su verdadero sentido. Este es un problema que sucede a menudo en la evaluación social de proyectos ya que los datos que requiere necesitan de una infraestructura de obtención clasificación y normalización de la información de la que no se dispone en los países en vías de desarrollo.
- Se incrementa sustancialmente el requerimiento de la capacidad que se requiere de los evaluadores de proyectos, ya que éstos además de tener un amplio conocimiento en cuanto al proyecto a desarrollar, deben tener conocimientos de carácter económico, no solo en el aspecto teórico sino también en cuanto a las políticas económicas que se consideran en el sistema de precios de referencia para alcanzar los objetivos planteados como prioritarios.
- Al encontrarse los objetivos y los criterios de evaluación inflexiblemente definidos en el sistema de precios de referencia, no es factible introducir los diversos criterios que surgen en cada caso específico de evaluación de proyectos de I/D.

Finalmente, los métodos basados en la investigación de operaciones permiten realizar un proceso de selección de proyectos más cercano al proceso natural de decisión del ser humano, permitiendo el manejo de criterios múltiples; sin embargo, en el caso de las técnicas para resolución de problemas multiatributos es necesario que se defina una función objetivo basada en los valores de intercambio compensatorios entre los diferentes atributos que caracterizan al proyecto, lo cual es difícil en proyectos de I/D dado lo difuso del proceso y por la incertidumbre que involucra.

En el caso de las técnicas de resolución de problemas multiobjetivos, no se requiere el establecimiento de valores de intercambio entre objetivos, sin embargo no se puede encontrar una solución óptima, sino que se obtiene el subconjunto de mejores soluciones factibles. Se dice que las alternativas seleccionadas son las mejores posibles cuando cualquiera de las otras cumplen con los objetivos establecidos en menor extensión que las que están en el subconjunto considerado como el mejor.

8 Evaluación y Selección de Proyectos de Investigación y Desarrollo

8.1 Los Métodos de Selección

En la sección anterior se presentó una crítica al uso de los diversos enfoques existentes (financiero, social y de investigación de operaciones) en la evaluación de proyectos de I/D; de esa crítica se desprende que el enfoque de la investigación de operaciones se aproxima mejor a las características del proceso de evaluación y selección de estos proyectos.

Bajo este enfoque se han desarrollado una gran cantidad de métodos y técnicas; en 1969 Cetron (15) publicó un análisis de 30 métodos diferentes y menciona referencias de más de 150 trabajos relacionados con el tema, en 1974 Baker (7) reportó la existencia de 175 referencias. A partir de ese entonces, periódicamente se han actualizado los análisis publicados con las metodologías relevantes (6, 17, 28, 94).

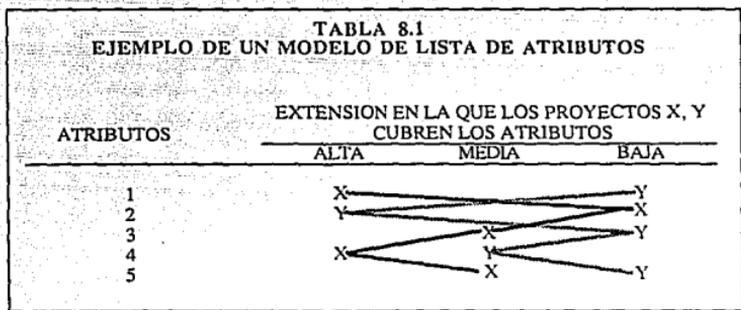
Para tratar con este cúmulo de información, diversos autores han desarrollado esquemas para clasificar los métodos de evaluación, Lee (49) presenta un resumen de las diversas categorías existentes.

Dado que en las referencias anteriores se hace un análisis exhaustivo de los diferentes métodos reportados para evaluación y selección de proyectos de I/D basados en la investigación de operaciones, en este apartado sólo se mencionarán las principales corrientes existentes. Winkofsky *et al.* (94) clasifican las diversas metodologías en métodos de cuantificación del valor y modelos de selección óptima de portafolios, los cuales en conjunto cubren las herramientas utilizadas en el proceso de evaluación, jerarquización y selección óptima de proyectos de I/D.

Modelos de Cuantificación del Valor

Los modelos desarrollados bajo este enfoque se han concentrado en la comparación y evaluación de proyectos con atributos múltiples, las técnicas que se encuentran son: las listas de atributos, los modelos de puntaje y los índices económicos.

En las listas de atributos, Tabla. 8.1, la clasificación de los proyectos se hace de manera cualitativa. Los proyectos son comparados sobre la base de la evaluación subjetiva de sus atributos la cual se puede obtener en forma individual o por consenso de un grupo de tomadores de decisiones.



Este tipo de modelos son sumamente simples y fáciles de utilizar, sin embargo, no pueden manejar los valores de intercambio entre los diferentes criterios de evaluación, por lo que no se puede obtener una calificación global para cada proyecto; debido a lo anterior pueden ser utilizados para evaluar proyectos de I/D en su etapa básica o exploratoria en donde se tiene información preliminar y la evaluación es por necesidad altamente subjetiva.

En otras situaciones es posible cuantificar la información cualitativa suponiendo que el tomador de decisiones puede distinguir varios niveles finitos en los criterios con que se evalúan los proyectos, así como en la importancia relativa entre los diferentes criterios, estos niveles se expresan por una calificación intratributos y por un factor de peso interatributos que convierten la evaluación subjetiva en una unidad cuantificable, utilizándose los modelos de puntaje Tabla 8.2 (p. 59).

TABLA 8.2
EJEMPLO DE UN MODELO ADITIVO DE PUNTAJE

PROYECTO	CRITERIO/ PESO ESPECIFICO					CALIFICACION PONDERADA
	1	2	3	4	5	
	4	2	3	5	1	
X	5	3	3	5	4	64
Y	1	5	2	3	2	37
Z	5	5	2	4	4	60

JERARQUIZACION: X
 Z
 Y

Las calificaciones de cada proyecto j para cada atributo i se combinan con la importancia de cada atributo w_i , procediéndose posteriormente a jerarquizar los proyectos de acuerdo a su calificación total T_j , la cual puede ser obtenida de forma aditiva o multiplicativa (21, 61, 63, 74).

$$T_j = \sum_i w_i s_{ij} \qquad \text{Modelo Aditivo} \qquad (2)$$

$$T_j = \prod_i w_i s_{ij} \qquad \text{Modelo Multiplicativo} \qquad (3)$$

Otro enfoque de los modelos de cuatificación de valor son los modelos de índices económicos; los más conocidos son (86):

Indice de Ansoff;

$$\text{Mérito del Proyecto} = \frac{\text{rdp} (T + B) E}{\text{Inversión Total}} \qquad (4)$$

Indice de Olsen;

$$\text{Indice del Valor del Proyecto} = \frac{rdp S P n}{\text{Costo del Proyecto}} \quad (5)$$

Indice de Viller;

$$\text{Indice del Proyecto} = rdp ((E - R) (\text{Inversión Total})^{-1}) \quad (6)$$

Indice de Disman;

$$\text{Retorno del Proyecto} = rp (E - R) \quad (7)$$

donde:

r = probabilidad de éxito de la investigación.

d = probabilidad de éxito del desarrollo.

p = probabilidad de éxito en el mercado.

T = índice de mérito técnico.

B = índice de mérito comercial.

E = valor presente de las ganancias del proyecto.

S = volumen de ventas en unidades.

P = utilidad por unidad de ventas.

n = número de años de vida del producto.

R = valor presente del costo de investigación y desarrollo.

Bajo este enfoque se busca reunir en una sola calificación los diversos atributos del proyecto que interesan en su evaluación. No obstante su simplicidad y facilidad de uso, estos modelos presentan debilidades en el manejo de atributos múltiples, ya que en su construcción se incluyen implícitamente valores de intercambio compensatorios entre los diversos criterios que consideran, los cuales pueden pasar desapercibidos y no representar adecuadamente las preferencias del tomador de decisiones. Asimismo, presentan diversos grados de sensibilidad a cambios en los valores de sus parámetros y son incapaces de manejar objetivos múltiples.

Cabe destacar que en este enfoque r , d y p , son probabilidades determinadas *a priori* (Bayerianas), que no siguen una ley de densidad de probabilidad y que, realmente, representarían estimaciones adicionales, aunque teniendo en cuenta la incertidumbre y, por lo tanto, el riesgo asociado a la elección; es responsabilidad del directivo de la actividad de I/D, escoger un valor aceptable de éstas variables, lo cual dependerá de la actitud que la empresa tenga respecto del riesgo para cada atributo de los proyectos de I/D.

En un estudio reciente (41) Hodge y Hakkio, utilizaron una ecuación de regresión múltiple, tomando como variable dependiente la probabilidad de éxito y como variables independientes las respuestas a un cuestionario que debía ser contestado por al menos 29 expertos, con objeto de lograr una distribución normal.

Se solicitó al grupo de expertos calificar, en una escala de 0 a 20, la probabilidad del proyecto de lograr éxito en cada uno de los siguientes aspectos:

- A: Factibilidad técnica
- B: Grado de lo apropiado de la tecnología propuesta
- C: Ahorro y uso eficiente de la energía
- D: Grado estimado de uso del producto cuando éste se comercialice
- E: Aspectos financieros del proyecto

Asimismo, proponen la siguiente ecuación:

$$\ln [p (1 - p)^{-1}] = k + \alpha A + \beta B + \gamma C + \delta D + \xi E \quad (8)$$

donde:

p = probabilidad de éxito del proyecto.

k = ordenada al origen en la ecuación de regresión.

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \xi$ = coeficientes de la regresión a estimar.

La hipótesis subyacente es probar que A, B, C, D y E son estadísticamente significativas. En este caso puede apreciarse que existe una dicotomía respecto del proyecto: tiene éxito (p) o no tiene éxito (1 - p) y falla. Por lo que este enfoque no considera la apreciación de que un proyecto puede lograr diferentes grados de éxito.

Otra forma de atacar el problema de incertidumbre en proyectos de I/D es utilizar la función de supervivencia, "MSF", dada por Reul (75) para un portafolio de proyectos:

$$MSF = 1 - (1 - p)^\beta \quad (9)$$

donde:

MSF = función de supervivencia.

p = probabilidad de éxito de un proyecto en un portafolio de proyectos de I/D, y (1 - p) su probabilidad de falla.

β = parámetro que expresa que la función MSF mide la probabilidad de que al menos un proyecto tenga éxito cuando se tengan en un portafolio n proyectos similares.

Para un portafolio con n proyectos similares β y p se estiman como:

$$\beta = \sum_{i=1}^n B_i (\sum_{i=1}^n I_i)^{-1} \quad (9.1)$$

$$p = \sum_{i=1}^n B_i^* (\sum_{i=1}^n B_i)^{-1} \quad (9.2)$$

$$B_i^* = p_i B_i \quad (9.3)$$

donde:

B_i = beneficio esperado del proyecto i si éste tuviera éxito (p = 1).

I_i = presupuesto total del proyecto i.

p_i = probabilidad de éxito del proyecto i, estimada subjetivamente

La estimación de la función MSF proporciona, por tanto, la probabilidad de éxito de un portafolio de proyectos de I/D en el que al menos un proyectos tenga éxito y pueda pagar los $n - 1$ proyectos susceptibles de fallar.

Nuevamente se tiene una dicotomía, ahora ampliada a un portafolio, sólo que aquí existe la hipótesis de que al menos un proyecto tendrá éxito y entonces la cartera de proyectos sobrevivirá, aún si los $n - 1$ proyectos restantes pudiesen fallar.

Finalmente, dentro de la división de modelos de cuantificación del valor, se encuentran los modelos de contribución, Tabla 8.3 (p. 65), los cuales permiten al tomador de decisiones examinar el grado de contribución que cada proyecto hace a los objetivos de la empresa. En estos métodos se definen los objetivos i que se encuentran en la jerarquía más alta de la planeación de la empresa y se les asignan pesos TW_j de acuerdo a su importancia, después para cada uno de ellos se definen ciertos otros objetivos w_{ij} de menor nivel y se reparte entre ellos el peso asignado al objetivo de mayor jerarquía del que forman parte, de tal manera que:

$$TW_j = \sum_i w_{ij} \quad (10)$$

La matriz de pesos w_{ij} indica el nivel de contribución máxima que cada proyecto podría realizar a los objetivos de la empresa. Como paso siguiente los proyectos se califican contra estos estandares, las calificaciones son agregadas en una suma que es normalizada por el costo, procediéndose a jerarquizarlos sobre esta base.

Cabe mencionar que dentro del proceso de evaluación-selección, los métodos de contribución proporcionan, explícita o implícitamente, la información que se alimenta a los modelos de selección óptima de portafolios.

TABLA 8.3
EJEMPLO DE UN MODELO DE CONTRIBUCION

		OBJETIVOS DE ALTA JERARQUIA					
		I (TW = 60)			II (TW = 40)		
OBJETIVOS DE BAJA JERARQUIA		11	12	13	111	112	
PESO ESPECIFICO		30	20	10	25	15	
PROYECTO	COSTO	CALIFICACION					CONTRIBUCION TOTAL
X	100	30	20	5	15	5	75
Y	200	15	10	10	20	10	65
Z	150	25	10	5	15	10	65
PROYECTO	CONTRIBUCION NORMALIZADA	JERARQUIZACION					
X	0.75	1					
Y	0.33	3					
Z	0.43	2					

Modelos de Selección Óptima de Portafolios

Bajo este enfoque se considera que la selección de proyectos de I/D puede representarse como un problema de optimización con restricciones, el cual se formula de la siguiente forma:

Dado un juego de alternativas (proyectos) que requieren recursos comunes y escasos (presupuesto, mano de obra, instalaciones), determinar la distribución de los recursos entre las alternativas que maximice el beneficio total (valor) de las alternativas seleccionadas (7).

Como se explicó en la sección 6, bajo un esquema de criterios múltiples la formulación matemática de este problema es la optimización de un vector, ecuaciones 1 a 1.3. Si se asume que los diversos objetivos

pueden interrelacionarse en una sola función de utilidad entonces el problema puede traducirse a uno de optimización con un solo objetivo, expresado como:

$$\max Z(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (11)$$

sujeto a:

$$g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_i, \quad (11.1)$$

$$i = 1, 2, \dots, m,$$

$$x_j \geq 0, \quad (11.2)$$

$$j = 1, 2, \dots, n.$$

donde:

Z es la función objetivo

g_i son las restricciones,

x_j son las variables de decisión y

b_i son los recursos disponibles.

Si se considera que la función objetivo Z es una función lineal del vector de variables de decisión x, se pueden utilizar técnicas de programación lineal, planteándose el problema como:

$$\max Z(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_j c_j x_j \quad (12)$$

sujeto a:

$$\sum_j a_{ij}x_j \leq b_i \quad (12.1)$$

$$x_j \geq 0, \quad (12.2)$$

$$i = 1, 2, \dots, m,$$

$$j = 1, 2, \dots, n.$$

donde:

Z = función objetivo,

c_j = contribuciones de los proyectos,

a_{ij} = requerimientos de recursos de los proyectos,

x_j = variables de decisión y

b_i = recursos disponibles.

En la mayoría de los casos los proyectos de I/D son de naturaleza discreta, es decir el proyecto debe o no debe ser ejecutado, no permitiéndose su implementación en alguna fracción, por lo que se aplican técnicas de programación entera en donde los elementos del vector x de variables de decisión sólo pueden tomar dos valores:

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{si el proyecto } j \text{ es seleccionado.} \\ 0 & \text{si el proyecto } j \text{ no es seleccionado.} \end{cases} \quad (13)$$

Asimismo, se han desarrollado modelos de programación dinámica para manejar problemas de etapas múltiples en los que se introduce el efecto en el beneficio obtenido de la distribución de los recursos en el tiempo.

Las técnicas mencionadas suponen un comportamiento determinístico de las variables asociadas al problema, sin embargo, también se han

desarrollado técnicas de análisis de riesgo entre las que se encuentra la programación estocástica con restricciones (16, 39, 85).

8.2 El Uso Práctico de las Técnicas Formales

No obstante la gran cantidad de modelos para evaluación y selección óptima de proyectos de I/D que se han desarrollado bajo el ámbito de la investigación de operaciones su uso es limitado en la práctica real.

En estudios realizados en EUA se encontró que veintinueve de las principales empresas industriales, no obstante que utilizan cotidianamente el análisis financiero en la evaluación de proyectos, no emplean las técnicas de asignación óptima de recursos, en la evaluación y selección de proyectos de I/D, basándose ésta en métodos sencillos como las listas de atributos y los modelos de puntaje. Asimismo en un estudio realizado en Corea (49), se estableció que en este país generalmente no se utilizan modelos formales para la selección de proyectos; sólo el 11% de las entidades investigadas reportaron el uso de estos modelos como base determinante, el 34% los utiliza sólo como dato de referencia en su proceso de selección y el 55% restante no emplea ningún método formal.

Las razones encontradas para no utilizar algunas de las técnicas desarrolladas para la selección de proyectos de I/D se atribuyen por un lado a que los modelos no consideran las características de los proyectos de I/D y las de los encargados del proceso de selección ya que:

- Se basan en modelos que requieren de gran cantidad de datos cuantitativos, los cuales generalmente no están disponibles.
- Las técnicas desarrolladas son "sofisticadas" encontrándose fuera de los conocimientos habituales de los encargados de la evaluación y selección de los proyectos.

Por otro lado, también se atribuye su falta de uso a las siguientes deficiencias de los modelos, que se han mencionado recurrentemente en las revisiones de las metodologías que aparecen en la literatura (8, 49, 96):

- **Tratamiento inadecuado de criterios múltiples, los cuales a menudo están interrelacionados.**
- **Tratamiento inadecuado del beneficio obtenido y del uso de los recursos en proyectos interrelacionados.**
- **Falta de reconocimiento e incorporación explícita de la experiencia y conocimiento de los encargados de evaluar el proyecto.**
- **Inhabilidad para reconocer y tratar aspectos no cuantificables.**
- **Aplicación inconsistente de datos y criterios variantes con el tiempo.**

CAPITULO IV

METODOLOGIA PROPUESTA PARA LA EVALUACION, JERARQUIZACION Y SELECCION OPTIMA DE PROYECTOS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

9 Racionalización de Preferencias, una Alternativa

9.1 Antecedentes

En el capítulo anterior se vió como, dentro de la investigación de operaciones, las diversas metodologías que se han propuesto para la evaluación y selección de proyectos de I/D se utilizan técnicas de atributos múltiples, para lo cual se presupone que, de alguna manera, se conoce explícitamente una función de utilidad entre los diferentes atributos de los proyectos que se toman en cuenta en el proceso de decisión.

Por otro lado, en el capítulo 2, se analizaron las características de los proyectos de I/D, la selección de las cuales se puede establecer como un proceso difuso, de objetivos múltiples y altamente dependiente de la situación específica que lo origina; finalmente en el capítulo 3 se puntualizó que en la práctica no se hace uso frecuente de las técnicas formales existentes para la selección de proyectos de I/D debido, entre otras razones, a la gran cantidad de información que requiere, al tratamiento inadecuado de la existencia de criterios múltiples, así como a su incapacidad para tratar aspectos no cuantificables en el proceso de selección (ver sección 8).

Ante esta situación es que se propone como alternativa el uso de algoritmos de evaluación con criterios múltiples, basados en la clasificación de relaciones binarias, los cuales se conocen como métodos de racionalización de preferencias o análisis de discordancia.

Cabe destacar que estos métodos fueron diseñados para el manejo de problemas discretos que deben ser evaluados a la luz de criterios tanto cuantitativos como cualitativos, como es el caso de los proyectos de I/D, y que, dada su complejidad, no necesariamente se pueden enmarcar dentro de los siguientes axiomas de comportamiento racional, los cuales fundamentan a la Teoría de Utilidad:

- **Axioma de comparación;** entre dos decisiones X, Y se puede decidir por:

a) $X \succ Y$ preferencia a X.

b) $Y \succ X$ preferencia a Y.

c) $Y \sim X$ indiferencia.

Este axioma establece que el individuo es capaz de clarificar y expresar las decisiones según sus preferencias.

- **Axioma de Transitividad;** si:

$X \succ Y$, y

$Y \succ Z$, entonces:

$X \succ Z$

Este axioma asegura la coherencia del individuo respecto de sus preferencias, expresadas de acuerdo al primer axioma.

- **Axioma de Dominio;** si:

$Y(a, b, c)$, y

$Z(a, b)$, entonces:

$Y \succ Z$

La preferencia del tomador de decisiones dependerá de la cantidad de información que disponga, con objeto de reducir la incertidumbre.

- **Axioma de Sustituibilidad:** suponiendo una relación de dominio:

$Y\{a, b, c\} \succ Z\{a, b\}$, pero si se conoce:

$Z'\{a, b, c\}$, entonces:

$Y \sim Z'$

Al basarse en éstos axiomas, los métodos de atributos múltiples sólo modelan dos posibles vías de acción ante un par de decisiones, ya sea declarar una preferencia estricta para alguna de ellas o decidir por ser indiferente y no seleccionar a ninguna.

En adición a lo anterior, los métodos de racionalización de preferencias, permiten manejar situaciones de incomparabilidad, las cuales ocurren en el mundo real cuando no se puede o no se quiere decidir sobre tener una preferencia estricta o una indiferencia entre dos alternativas, debido a que el tomador de decisiones:

- **No puede comparar** debido que las calificaciones asignadas a los proyectos en la conclusión de los diversos objetivos no se estimen como de suficiente calidad, dada su subjetividad o su elaboración sobre bases insuficientes, para permitir una conclusión.
- **No quiere comparar;** ya que hacerlo implicaría tomar posición o arbitrar entre tendencias opuestas (la ventaja de los criterios en que a_j es mejor que a_k y las desventajas de los criterios en que a_k es mejor que a_j). Por lo que se podría desear posponer la decisión, declarando incomparabilidad.
- **No sabe como comparar.** Para algunos pares de decisiones es posible que simplemente no se conozca como modelar la preferencia del tomador de decisiones, ya sea porque es un ente remoto y de difícil acceso (director de la empresa) porque

permanezca impreciso (opinión pública) o porque sea de tipo colegiado (comité de decisión).

El hecho de que la incomparabilidad no pueda ser excluida del problema bajo análisis tiene las siguientes consecuencias:

- Las parejas de alternativas (a_j, a_k) por las que se podría declarar preferencia estricta pueden estar organizadas en forma no transitiva; es decir a_j es preferida a a_k ; a_k preferida a a_l y a_l preferida a a_j .
- Las parejas (a_j, a_k) por las que se podría decidir indiferencia pueden estar organizadas en forma no transitiva, es decir, existirá una a_h incomparable a a_j y estrictamente preferida sobre a_k , mientras que a_j y a_k son incomparables.
- En caso de decidir por incomparabilidad entre alternativas (a_j y a_k) éstas deberán de tratarse explícitamente en forma separada a las parejas por las que se declaró indiferencia.

9.2 El Método Electra

Dentro de las técnicas de racionalización de preferencias está el método Electra, el cual fue desarrollado en 1966 por Benayoun, Roy y Sussmann en Francia (76), aplicándose en problemas de planeación en la gestión de recursos hidráulicos, políticas de asignación del uso del suelo, programación de infraestructura para el desarrollo industrial regional y planeación del transporte; en México destacan los trabajos de Juan Pablo Antún desarrollados en el Instituto de Ingeniería de la UNAM (5, 4, 30, 31, 34.).

Al introducir y manejar el concepto de incomparabilidad entre alternativas discutido anteriormente, este método tiene la ventaja de incorporar datos cualitativos sin una cuantificación explícita de sus valores de intercambio, su uso conlleva a obtener, de un portafolio de proyectos que se deben de jerarquizar contra un juego de atributos, el subconjunto de

aquéllos que se prefieren para la mayoría de los atributos y que no causan un nivel de insatisfacción que sea inaceptable para cualquiera de los criterios.

El análisis se basa en una matriz de impacto de los proyectos, la cual contiene un vector de calificaciones de cada proyecto con respecto a cada uno de los atributos, que se representan como la medida de la consecución de un objetivo. A partir de la matriz de impactos, se calculan, por la comparación entre pares de proyectos, los siguientes índices que se encuentran íntimamente ligados con los factores de peso de los atributos:

- Un índice de concordancia que calcula el grado en que un proyecto se prefiere a otro, dada una estructura de pesos de los atributos.
- Un índice de discordancia que calcula el grado en que cada proyecto es dominado por otro.

Con los índices de concordancia y discordancia calculados para todas las parejas de proyectos se construyen entonces las matrices respectivas.

Enseguida, para acotar la comparación que debe realizarse entre las matrices de concordancia y discordancia, se definen dos umbrales que determinan el grado mínimo de concordancia que el tomador de decisiones desea, así como el nivel de discordancia máximo que está dispuesto a tolerar, siendo éstos una medida la severidad de la jerarquización.

El resultado del método es un grafo en el que se separa el conjunto inicial de proyectos en dos subconjuntos:

- El núcleo o corazón que representa a los proyectos entre los que el tomador de decisiones no puede distinguir una mayor preferencia.
- El resto de los proyectos, los cuales se encuentran dominados por los que integran el núcleo y representan el conjunto de soluciones inferiores, pudiendo por lo tanto ser desechados.

Formalización del Modelo

Se presenta la formulación matemática del método Electra, la cual sirvió de base para generar un algoritmo y programa de solución que se presenta en el apéndice 2.

El método parte de la base de que se dispone de los siguientes elementos

- Un conjunto de alternativas $A = \{ a_i; i = 1, 2, \dots, n \}$ el cual deberá ser separado en dos subconjuntos:
 - Subconjunto "Núcleo" S que contiene a los elementos retenidos.
 - Subconjunto $A - S$ el cual contiene a los elementos de A rechazados.
- Un vector de atributos $K(k_j, j = 1, 2, \dots, n)$, cada uno de los cuales tiene una escala vertical que representa los niveles de calificación de un juicio cualitativo; por ejemplo:

- Excelente	5
- Bueno	4
- Neutro	3
- Malo	2
- Pésimo	1

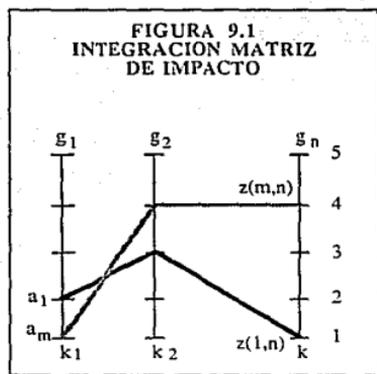
- Un vector de pesos relativos asociados a los atributos $W(j)$:

$$W(w_j; j = 1, 2, \dots, n)$$

A cada una de las alternativas evaluadas se hace corresponder uno y sólo uno de los escalones de la escala relativa a cada uno de los criterios en consideración, de tal manera de formar una matriz de impacto $Z(i,j)$:

$$Z(z_{ij}; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$$

Esta matriz representa el perfil de preferencias de cada proyecto con relación a cada atributo de interés (Figura 9.1).



Se define un índice de concordancia C_{ij} de a_i que domina a a_j ; $a_i > a_j$, como:

$$C_{ij} = \frac{\text{Suma de los pesos relativos de los criterios en los que } a_i \geq a_j}{\text{Total de la suma de los pesos relativos.}}$$

$$C_{ij} = \frac{\sum_{k \in A(i,j)} w(k)}{\sum_k w(k)} \quad (14)$$

$$0 \leq C_{ij} \leq 1$$

donde:

$w(k)$ = factor de peso asignado al atributo k .

$A(i,j)$ = conjunto en el que los pesos i son preferidos o indiferentes a los pesos j .

El índice de concordancia C_{ij} es una medida ponderada por su peso de del número de atributos en los que en la alternativa i se prefiere a la alternativa j .

Se define un índice de discordancia d_{ij} de a_j que domina a a_i : $a_j > a_i$, como:

$$d_{ij} = \frac{\text{Holgura máxima en la cual } a_j > a_i}{\text{Rango máximo de la escala de calificación}}$$

$$d_{ij} = \frac{\text{Max} [Z(j,k) - Z(i,k)]}{k^*} \quad (15)$$

$$0 \leq d_{ij} \leq 1$$

donde:

$Z(j,k)$ = calificación de la alternativa j con respecto al atributo k .

k^* = rango más alto entre la escala de calificación de los vectores que integran K .

El índice de discordancia d_{ij} se utiliza para medir la insatisfacción que se produce al comparar la mejor y la peor calificación de las alternativas frente a cada atributo. Con la comparación de cada pareja de alternativas i y j para todo i diferente de j se construyen las matrices de concordancia y discordancia.

Se definen dos umbrales, uno de concordancia p y otro de discordancia q , de tal manera que:

$$0 \leq p \leq 1 \quad (16)$$

$$0 \leq q \leq 1 \quad (17)$$

En los valores de p y q se modela el grado de aceptación del tomador de decisiones en cuanto a la severidad de la selección; se fijan niveles bajos de severidad si:

$$p \approx 1, \text{ y}$$

$$q \approx 0$$

Por el contrario se fijan niveles altos de severidad en la selección si:

$$p \ll 1, \text{ y}$$

$$q \gg 0$$

Se considera que hay preferencia de un proyecto i sobre otro j si simultáneamente se cumple:

$$C_{ij} \geq p \quad (18)$$

$$d_{ij} \leq q \quad (19)$$

Se representan las relaciones de preferencia a través de un grafo en el que:

$$\text{Si } a_i \text{ se prefiere a } a_j ; a_i > a_j , \text{ entonces: } a_i \longrightarrow a_j \quad (20)$$

$$\text{Si } a_j \text{ se prefiere a } a_i ; a_j > a_i , \text{ entonces: } a_j \longrightarrow a_i \quad (21)$$

$$\text{Si } a_i \text{ es indiferente a } a_j ; a_i \sim a_j , \text{ entonces: } a_i \longleftrightarrow a_j \quad (22)$$

$$\text{Si } a_i \text{ es incomparable a } a_j ; a_i \neq a_j , \text{ entonces: } a_i \quad a_j \quad (23)$$

(a_i queda aislado de a_j)

En la integración de los subconjuntos S (núcleo) y A - S (elementos desechados) se deberán cumplir dos condiciones:

- Todo elemento en A - S debe ser dominado por al menos uno de los elementos en S
- Todo elemento en S no debe ser dominado por ningún otro.

9.3 Ejemplo de Aplicación del Método de Racionalización de Preferencias

Dado que en la literatura en la que se aplica el método Electra no es explícita en cuanto al desarrollo de la metodología, sino que el análisis se centra en los resultados obtenidos, se presenta un ejemplo sencillo de la aplicación de éste método.

Planteamiento del Ejemplo:

Sea el conjunto de proyectos A {a, b, c, d,} los cuales se evaluarán contra el conjunto de atributos K {k₁, k₂, k₃, k₄} con un vector de pesos asignado W {5, 5, 1, 3}.

La matriz de impacto Z_{ij} se integra por las calificaciones del proyecto i contra el atributo j las cuales pueden tomar valores entre 0 y 20, en base de la siguiente escala:

- Excelente	20
- Bueno	15
- Neutro	10
- Malo	5
- Pésimo	0

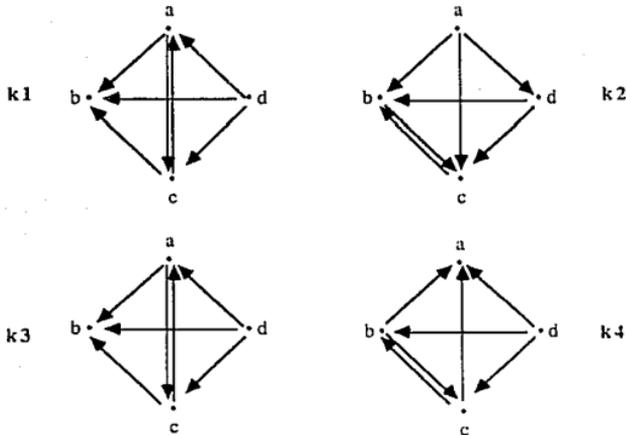
La Tabla 9.1 (p. 79), presenta la matriz de impacto con las calificaciones otorgadas por el grupo de expertos encargado de la evaluación del portafolios de proyectos.

TABLA 9.1
MATRIZ DE IMPACTO EJEMPLO
METODO DE RACIONALIZACION
DE PREFERENCIAS

PROYECTO	ATRIBUTO			
	k1	k2	k3	k4
a	12	17	12	6
b	9	6	6	12
c	12	6	12	12
d	17	8	14	20
FACTOR DE PESO	5	5	1	3

Si intentamos construir en esta fase un grafo de preferencias, tendríamos que establecer uno para cada atributo, de la siguiente manera:

FIGURA 9.2
GRAFOS POR ATRIBUTO
EJEMPLO RACIONALIZACION DE PREFERENCIAS



Como se observa no es posible determinar la jerarquización de los proyectos de la simple observación de los grafos anteriores, por lo que debe aplicarse el método de racionalización de preferencias.

Cálculo de la Matriz de Concordancia

En el caso de la pareja de proyectos a, b se observa en la matriz de impactos que a domina o es equivalente a b para los atributos k_1 , k_2 , y k_3 con pesos respectivos 5, 5, y 1; así mismo la suma de todos los pesos es de $14 = 5 + 5 + 1 + 3$ el cual se mantendrá como denominador para todos los índices.

El índice de concordancia de a que domina a b se calcula entonces como:

$$C_{a,b} = \frac{5 + 5 + 1}{5 + 5 + 1 + 3} = \frac{11}{14} = 0.78$$

De manera similar el índice de concordancia de a que domina a c se obtiene como:

$$C_{a,c} = \frac{3}{5 + 5 + 1 + 3} = \frac{3}{14} = 0.21$$

Al comparar todas las parejas de proyectos se obtiene la siguiente matriz de concordancia:

TABLA 9.2
MATRIZ DE CONCORDANCIA EJEMPLO
METODO DE RACIONALIZACION
DE PREFERENCIAS

PROYECTO DOMINANTE	PROYECTO DOMINADO			
	a	b	c	d
a	---	0.78	0.78	0.35
b	0.21	---	0.57	0.00
c	0.64	1.00	---	0.00
d	0.64	1.00	1.00	---

Cálculo de la Matriz de Discordancia

En el cálculo de los índices de discordancia d_{ij} conviene recordar que el significado de los subíndices es contrario al que tienen en los índices de concordancia, ya que d_{ij} significa la extensión en la cual a_j domina a a_i .

En el caso de la pareja de proyectos a, b se comparan las calificaciones de la matriz de impacto en la que a domina a b, es decir $d_{b,a}$: $a > b$, lo cual sucede para los criterios k_1 , k_2 y k_3 , de entre estos atributos se obtiene la mayor diferencia entre los valores de las calificaciones de a y b

$$k_1: a_{11} - a_{21} = 12 - 9 = 3$$

$$k_2: a_{12} - a_{22} = 17 - 6 = 11$$

$$k_3: a_{13} - a_{23} = 12 - 6 = 6$$

Para obtener el índice de discordancia d_{ij} la mayor diferencia entre las calificaciones de a y b, que en este caso corresponde al atributo k_2 se divide entre la mayor diferencia en la escala de calificación, en este caso es 20 (20-0) ya que la escala de calificación para todos los atributos va de 0 (pésimo) a 20 (excelente).

$$d_{ba} = \frac{17 - 6}{20 - 0} = \frac{11}{20} = 0.55$$

De igual manera se obtiene el índice en el que b domina a a; d_{ab} :

$$k_4: 12 - 6 = 6$$

$$d_{ab} = \frac{12 - 6}{20 - 0} = \frac{6}{20} = 0.33$$

Al comparar los pares de proyectos a_i y a_j para todo $i \neq j$ se construye la siguiente matriz de discordancia d_{ij} :

TABLA 9.3
MATRIZ DE DISCORDANCIA EJEMPLO
METODO DE RACIONALIZACION
DE PREFERENCIAS

PROYECTO DOMINADO	PROYECTO DOMINANTE			
	a	b	c	d
a	---	0.33	0.33	0.70
b	0.55	---	0.33	0.40
c	0.55	0.00	---	0.40
d	0.45	0.00	0.00	---

Análisis de Selección y Construcción del Grafo

Si se fijan los umbrales de concordancia $p = 0.70$ y de discordancia $q = 0.33$ entonces se puede decir que para el par de alternativas a y b , a se prefiere a b si:

$$(C_{ab} = 0.78) \geq (p = 0.70), \text{ y al mismo tiempo:}$$

$$(d_{ab} = 0.33) \leq (q = 0.33), \text{ entonces se puede dibujar en el grafo:}$$

$$a \longrightarrow b$$

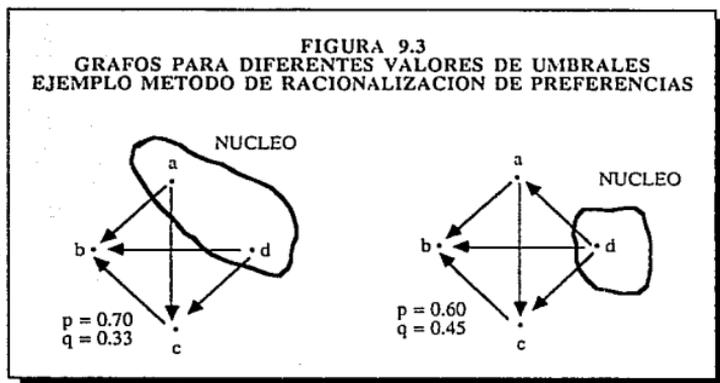
Para conocer si b se prefiere a c se observa que no cumple con una de las condiciones de preferencia ya que:

$$(C_{bc} = 0.57) \leq (p = 0.70), \text{ y}$$

$$(d_{bc} = 0.33) \leq (q = 0.33)$$

por lo tanto b no se prefiere a c y en el grafo b y c quedaran sin unir.

Al comparar cada par de alternativas a_i y a_j para todo $i \neq j$ se obtiene el siguiente grafo en el que es posible distinguir el subconjunto S o núcleo de proyectos y el subconjunto A - S o proyectos desechados; asimismo se presenta el resultado de hacer más estricta la selección reduciendo el índice de concordancia p a 0.60 e incrementando el índice de discordancia q a 0.45.



10 Metodología Propuesta

Como un intento de ayudar a resolver el escaso uso de las técnicas formales en el proceso de evaluación-selección de proyectos de I/D, ocasionado por la incapacidad de las técnicas disponibles para manejar criterios múltiples de tipo cualitativo, se propone una metodología para la evaluación, jerarquización y selección óptima de proyectos de I/D, la cual se basa fundamentalmente en las herramientas de racionalización de preferencias analizadas en la sección anterior.

En la metodología propuesta, los elementos de un conjunto de proyectos que han pasado por una etapa previa de cernido se califican en términos de dos juegos de atributos, los cuales se consideran como métricas del acercamiento del proyecto a los objetivos de la empresa y del desempeño estimado del proyecto. Los objetivos son determinados en forma exógena a través del proceso de planeación táctica y estratégica de la empresa.

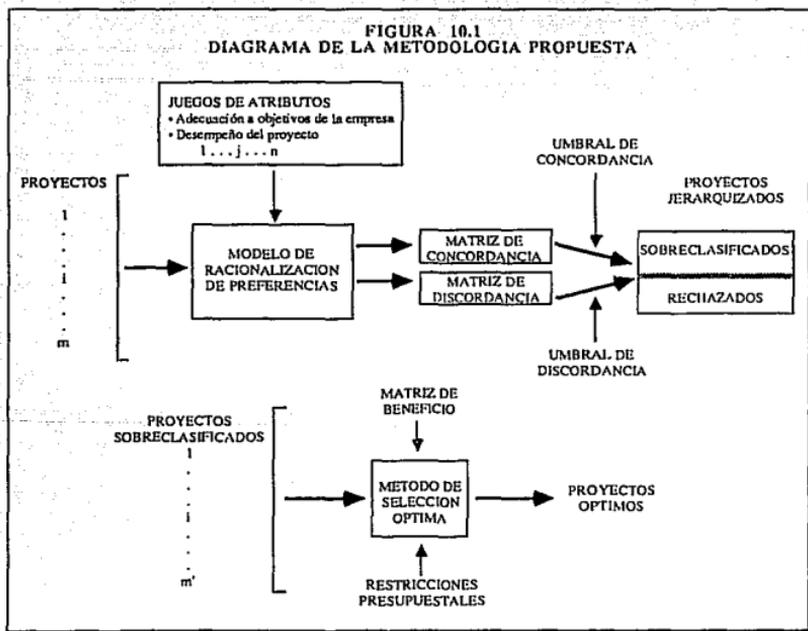
Los proyectos, caracterizados para los diferentes atributos a través de una matriz de impacto, se someten al método de racionalización de preferencias descrito con detalle en la sección 9 de este trabajo, con objeto de separarlos en dos subconjuntos, uno de proyectos aceptados y otro de rechazados.

Los proyectos seleccionados se someten a un método de optimización con restricciones de presupuesto, el cual se basa en herramientas de optimización descritas en la sección 8. Se utiliza como medida del beneficio de cada proyecto la calificación total ponderada, obtenida a través de las técnicas de puntaje mencionadas en esa misma sección, Figura 10.1.

Para una mejor comprensión de la metodología propuesta, ésta se ha dividido en tres etapas:

- Análisis de Preparación
- Etapa de Evaluación-Jerarquización
- Etapa de Selección Óptima.

FIGURA 10.1
DIAGRAMA DE LA METODOLOGIA PROPUESTA



10.1 Análisis de Preparación

El objetivo de esta etapa es el de realizar las actividades necesarias para ajustar la metodología general que aquí se propone a las características específicas y particulares del proceso de innovación tecnológica del ente en el que se requiera aplicar.

Identificación de Objetivos

Se deben identificar los objetivos y normas que guían el desempeño de la empresa, para que con base en éstos puedan ser evaluados en forma integral los proyectos de I/D; los objetivos son emitidos por la alta dirección y se identifican y establecen a través del proceso de planeación estratégica y táctica de la empresa, quedando esta actividad fuera de los alcances del presente trabajo.

Selección y Ponderación de Atributos

Para cuantificar el grado de contribución de los proyectos a los objetivos de la empresa, se determina el o los juegos de atributos contra los que se evaluarán los proyectos. Kenney y Raiffa (44) establecen las siguientes propiedades que deben de cumplir los juegos de atributos:

- **Deben ser completos;** un juego de atributos es completo si es adecuado para indicar el grado en el que el objetivo global se cumple y por tanto cubre todos los aspectos importantes del problema.
- **Deben ser operacionales;** ésto implica que tengan sentido para el tomador de decisiones, de tal manera que éste pueda entender las implicaciones de las alternativas.
- **Deben poderse descomponer;** para que las situaciones complejas del proceso de evaluación puedan ser separadas en sus partes.

- **No deben ser redundantes;** con objeto de evitar la doble contabilización de los efectos de los proyectos.
- **Deben componerse por un mínimo de elementos;** con objeto de mantener las dimensiones del problema tan pequeñas como sea posible.

Asimismo y en base a los resultados del proceso de planeación estratégica, se determinan los factores de peso para cada atributo en función de su contribución o importancia para los objetivos de la empresa. Esta determinación de factores de ponderación generalmente se toma en el seno de un grupo de tomadores de decisiones, siendo de utilidad las diferentes técnicas de consenso desarrolladas, como son el método DELPHI o el Q-Sort (36, 83, 85).

La selección de atributos implica la definición de las escalas de evaluación que permitirán establecer los niveles de la calificación. Cabe destacar que derivado de considerar diferentes características cualitativas de los proyectos de I/D será necesario generar escalas subjetivas.

Para el uso del método de racionalización de preferencias es conveniente utilizar una escala normalizada para todos los juegos de atributos, lo cual permitirá que cada calificación en la matriz de impacto sea adimensional y por lo tanto comparable; que se mantenga una amplitud de escala común para todos los atributos, lo cual facilita los cálculos de los índices de discordancia y por último que los valores más altos sean siempre los mejores.

Derivado de lo anterior se aplica en esta metodología la escala propuesta en la sección 9, en la cual deben resumirse las calificaciones de los proyectos para todos los atributos:

En el caso de los atributos cuantitativos la escala normalizada se puede generar de diversas formas, se citan las siguientes:

- Dar una calificación para cada uno de los rangos en los cuales se pueden dividir los valores que un atributo puede poseer.

- Calcular para el conjunto total de proyectos la media y la desviación estándar de la muestra para cada atributo y calificar los intervalos que se pueden generar al sumar o restar múltiplos de la desviación estándar a la media tomada como referencia.
- Realizar un proceso semejante al anterior pero generando los valores de la media y de la desviación estándar a partir de datos históricos obtenidos de proyectos similares; esta alternativa sólo se recomienda para aquellos casos en los que se dispone de información abundante.

Para los atributos cualitativos se asignan ciertos juicios de valor que describen los diferentes niveles que el proyecto puede tomar con respecto al atributo en cuestión. En el apéndice 1 se enumeran los juegos de atributos encontrados en la literatura consultada utilizados o propuestos para la evaluación de proyectos de I/D.

Cernido de Proyectos

Se asume que los encargados de la evaluación reciben propuestas de un universo grande de proyectos, los cuales deben ser cernidos antes de pasar a una etapa de evaluación formal; en esta etapa se pueden utilizar las metodologías de listas de atributos, descritas en la sección 8 ó se puede utilizar una pre-evaluación del tipo aceptado-rechazado, de acuerdo a ciertos criterios. Se proponen como elementos suficientes para rechazar un proyecto de I/D los siguientes:

- Carecer de base científica.
- Proponer objetivos excesivos, incongruentes o poco definidos.
- Ser inviables con los recursos materiales accesibles.
- Estar insuficientemente documentados.
- No definir adecuadamente la problemática a resolver.
- No especificar niveles y escalas del problema a atacar.

- No plantear preguntas concisas a responder.

Al conjuntarse los atributos que interesan para la evaluación de los proyectos y sus respectivos pesos específicos, así como la escala de evaluación adoptada en los proyectos que superaron el cernido inicial, se integra una matriz de evaluación, la cual es un formato que se llenará en la siguiente etapa del proceso.

10.2 Etapa de Evaluación-Jerarquización

Evaluación

La matriz de evaluación obtenida se somete a la consideración de los evaluadores de proyectos, para que éstos califiquen cada alternativa con respecto de los atributos de interés; en el caso de los criterios cuantitativos el problema se centra en la búsqueda de información, los criterios cualitativos se califican en base la unión de las opiniones subjetivas de los diversos integrantes del grupo evaluador, aquí también se utilizan las técnicas de consenso.

Al concluir esta etapa, la matriz de evaluación se habrá transformado en una matriz de impacto, específica para cada juego de proyectos y juego de atributos que se evalúen.

En esta metodología se propone el uso de dos juegos de atributos; uno para evaluar a los proyectos de I/D contra los objetivos de la empresa o de la entidad gubernamental y otro referente a la estimación de su desempeño en función del entorno previsto. Los juegos de atributos mencionados y sus escalas de evaluación se presentan en las Tablas 10.1 y 10.2 respectivamente (pp. 91 y 92-94).

Jerarquización

Una vez que se obtienen las matrices de impacto para cada uno de los juegos de atributos considerados, se tienen los elementos suficientes para aplicar el método de racionalización de preferencias explicado en la sección

9 de este trabajo. Con objeto de observar la estabilidad de los proyectos ante varios niveles de severidad en la jerarquización y ampliar la base de decisión, se recomienda que más que solicitar al tomador de decisiones una postura estricta sobre los valores de los índices de concordancia y discordancia utilizados para caracterizar el nivel de severidad de la jerarquización, se le presenten simulaciones de los resultados del método de racionalización de preferencias para diversos valores de estos índices.

Como resultado de este proceso se identificarán los proyectos sobreclasificados (subconjunto S) entre los cuales no es posible declarar una preferencia estricta, así mismo se obtendrá el subconjunto de proyectos inferiores (subconjunto A-S) los cuales fueron dominados por los proyectos sobreclasificados.

TABLA 10.1
JUEGO DE ATRIBUTOS 1
DETERMINACIÓN DE LA ADECUACIÓN DEL PROYECTO A LOS OBJETIVOS DE LA EMPRESA

ATRIBUTOS	ESCALA DE EVALUACION				
	1	2	3	4	5
1.- Relación con áreas científicas o tecnológicas que se prevén fundamentales en el futuro.	no existe	se desconoce	moderada	importante	muy importante
2.- Interés estratégico.	ninguno	escaso	tecnología interesante de escasa oferta	tecnología importante de escasa oferta	tecnología muy importante ofertable
3.- Interés económico.	contrario a las estrategias de la empresa	ningún efecto	útil para un mejor aprovechamiento de los recursos materiales	útil para un mejor aprovechamiento de los recursos humanos y materiales	importante para potenciar el desarrollo de la empresa
4.- Incidencia tecnológica en el área correspondiente.	ningún efecto en el desarrollo de la empresa	escaso efecto en el desarrollo de la empresa	tecnología medianamente interesante para el desarrollo de la empresa.	tecnología interesante para el desarrollo de la empresa	tecnología fundamental para el desarrollo armónico e independiente de la empresa
5.- Repercusión en la infraestructura de I y D.	ninguna	se mejora la infraestructura material	se mejora la infraestructura humana y material	se mejora sustancialmente la infraestructura humana y material	se consigue la adecuada para el óptimo funcionamiento de los distintos grupos
6.- Efecto sobre los recursos científico-tecnológicos de la empresa.	contrario al desarrollo de la capacidad científico-técnica	ningún efecto	se aprovechan mejor los recursos disponibles	se potencian significativamente, incluyendo formación de personal	se consiguen los adecuados a las necesidades de la empresa

TABLA 10.2
JUEGO DE ATRIBUTOS 2
DESEMPEÑO DEL PROYECTO

CRITERIOS	ESCALA DE EVALUACION				
	1	2	3	4	5
1. Objetivos perseguidos. 1.1 Novedad Mundial	la idea está ampliamente superada.	un elevado número de empresas domina esta tecnología	algunas empresas poseen la tecnología y existen patentes que protegen parcialmente la idea	pocas empresas de punta poseen esta tecnología	novedad total
1.2 Novedad Nacional.	varias empresas poseen la tecnología	alguna empresa del país posee la tecnología	existe, perteneciendo a empresas transnacionales	alguna empresa nacional está trabajando en el desarrollo de esta tecnología	novedad total
1.3 Nivel de creatividad del proyecto.	nulo	escaso	moderado	alto	muy alto
2. Recursos Humanos. 2.1 Formación del equipo en las disciplinas necesarias.	la mayor parte del equipo debe ser formado	discreta en la mayor parte del equipo	suficiente en la mayor parte del equipo	la mayoría de los grupos que componen el equipo están altamente calificados	todos los grupos que componen el equipo están altamente calificados
2.2 Capacidad actual del equipo.	desconocida o baja	calificado pero sin experiencia	parte del equipo calificado y con experiencia	la mayor parte del equipo calificada y con experiencia	personal calificado con experiencia
3. Recursos Materiales. 3.1 Disponibilidad de los recursos materiales necesarios.	sin definir adecuadamente	definida, la mayor parte del equipo debe ser comprada	aproximadamente la mitad del equipo debe ser comprado	la mayor parte del equipo está disponible	todo el equipo está disponible

**TABLA 10.2 (cont.)
JUEGO DE ATRIBUTOS 2
DESEMPEÑO DEL PROYECTO**

CRITERIOS	ESCALA DE EVALUACION				
	1	2	3	4	5
3.2 Financiamiento de los proyectos.	inadecuado o insuficiente	adecuado pero insuficiente; la mayor parte debe ser solicitada	adecuado pero insuficiente; la mayor parte presenta una alta probabilidad de contratación	adecuado y disponible en su mayor parte	adecuada e inmediatamente disponible
3.3 Nivel de apoyo en los planes nacionales I y D.	escaso interés por los objetivos propuestos	discreto interés en la mayoría de los planes; no coincide con sus líneas prioritarias	moderado, coincide con una de las prioridades declaradas en los planes	elevado, coincide con dos de las prioridades declaradas en los planes	muy elevado, coincide con más de dos de las prioridades declaradas en los planes
4. Viabilidad del proyecto.					
4.1 Adecuación de medios a objetivos.	objetivos de bajo nivel y medios disponibles insuficientes	objetivos adecuados y medios disponibles insuficientes	objetivos de bajo nivel y medios disponibles adecuados	objetivos adecuados y medios disponibles excesivos	objetivos adecuados y medios disponibles adecuados
4.2 Rigor científico o tecnológico del planteamiento.	globalmente insuficiente	parte del planteamiento carece de rigor científico o tecnológico	aceptable en términos generales, aunque existen dudas razonables en algunos aspectos	aceptable en términos generales	los principios básicos, las hipótesis de trabajo y la metodología son correctos
4.3 Grado de planificación.	inexistente	deficiente	aceptable, con algunas faltas de concreción	aceptable, se organizan medianamente las tareas, tiempo y medios	adecuado, se organizan correctamente las tareas, tiempos y medio

TABLA 10.2 (cont.)
 JUEGO DE ATRIBUTOS 2
 DESEMPEÑO DEL PROYECTO

CRITERIOS	ESCALA DE EVALUACION				
	1	2	3	4	5
5. Otros.					
5.1 Nivel de apoyo del usuario	inexistente	escaso	moderado	alto	muy alto
5.2 Nivel de apoyo de la empresa.	inexistente	escaso	moderado	alto	muy alto
5.3 Estimación del entorno del producto	mercado pequeño, alta inversión para transferir los resultados	mercado limitado, inversión importante para transferir los resultados	mercado interesante que habrá que desarrollar. Inversión moderada para transferir los resultados	mercado importante con posibilidades de exportación. Se esperan beneficios económicos significativos	existirá una gran demanda. Se esperan beneficios económicos importantes.
5.4 Inercia tecnológica sobre la empresa.	inexistente	escasa	moderada	alta	muy alta
5.5 Grado de oportunidad.	inexistente	escaso	moderado	alto	muy alto

10.3 Etapa de Selección Óptima

Una vez que se ha obtenido el subconjunto de proyectos sobreclasificados para cada uno de los juegos de atributos se puede pasar a la etapa de selección óptima. Cabe destacar que con objeto de introducir en esta metodología el manejo de proyectos mutuamente excluyentes, en los que se evalúan diferentes alternativas de producir el mismo bien o servicio lo que conlleva a que sólo se puedan seleccionar una o ninguna de esas alternativas, se introduce el concepto de "nivel" para asociar las diferentes alternativas mutuamente excluyentes de un mismo proyecto.

De esta manera al conjunto de proyectos mutuamente excluyentes se le trata como a un sólo proyecto pero con diferentes niveles (uno para cada alternativa) conservándose así las características globales del conjunto inicial de proyectos.

Cálculo del Beneficio

En la etapa de evaluación-jerarquización se obtuvieron las matrices de impacto Z_1 y Z_2 para cada uno de los dos juegos de atributos propuestos:

$$Z_1(i, j_1: i = 1, 2, \dots, m; j_1 = 1, 2, \dots, n_1) \quad (24)$$

$$Z_2(i, j_2: i = 1, 2, \dots, m; j_2 = 1, 2, \dots, n_2) \quad (25)$$

donde:

m = número de proyectos

n_1 = número de atributos del juego 1

n_2 = número de atributos del juego 2

Las cuales, para fines del proceso de selección óptima pueden ser reunidos en una sola matriz de impacto Z :

$$Z(i, j: i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (26)$$

donde:

m = número de proyectos

n = número total de atributos = $n_1 + n_2$

Así mismo al reconocer que cada proyecto i puede tener l_i niveles, la matriz Z , puede transformarse en una matriz de impacto con niveles Y :

$$Y(i,j,k: 1 = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, l_i) \quad (26)$$

donde:

m = número de proyectos, cada uno de los cuales puede tener l_i niveles, cuando haya uno o más proyectos mutuamente excluyentes

n = número total de atributos.

l_i = número de niveles para cada proyecto i .

Por otro lado, también se tiene el vector de factores de peso $W(j)$ para cada uno de los n atributos que fueron considerados.

Al aplicar a la matriz de impacto con niveles $Y(i,j,k)$ y al vector de factores de peso $W(j)$ a una técnica de puntaje aditiva, como la descrita en la sección 8 (Ecuación 2) se obtendrá una matriz de beneficio $B(i,k)$ la que contendrá una medida del beneficio obtenido de cada proyecto i en cada uno de sus niveles k :

$$B_{ik} = \sum_{j=1}^n w_j Y_{ijk} \quad (28)$$

donde:

B_{ik} = beneficio del proyecto i en su nivel k -ésimo.

w_j = factor de peso relacionado al atributo j .

Y_{ijk} = impacto en el atributo k del proyecto i en su nivel k -ésimo.

n = número total de atributos.

Selección Óptima

El objetivo de esta etapa es someter a los proyectos sobreclasificados a una técnica de optimización con restricciones presupuestales, bajo el enfoque presentado en la sección 8 de este trabajo.

Para realizar la selección óptima de los proyectos se supone que el horizonte de planeación consta de un número T de periodos, para cada uno de los cuales se tiene un presupuesto $C(t)$:

$$C(t): t = 1, 2, \dots, T \quad (29)$$

donde:

T = número de periodos del horizonte de planeación.

Así mismo, se requiere de la definición de la matriz de requerimientos de capital $a(i,t,k)$:

$$a(i,t,k): i = 1, 2, \dots, m; t = 1, 2, \dots, T; k = 1, 2, \dots, l_i \quad (30)$$

donde:

m = número de proyectos.

T = número de periodos en el horizonte de planeación.

l_i = número de niveles de cada proyecto i .

El problema a resolver se plantea entonces como:

$$\max \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{l_i} B_{ik} x_{ik} \quad (31)$$

sujeto a:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{l_i} a_{itk} x_{ik} \leq C_t \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (31.1)$$

$$\sum_{k=1}^{l_i} x_{ik} \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (31.2)$$

$$x_{ik} \in \{0, 1\} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (31.3)$$

$$k = 1, 2, \dots, l_i$$

$$x_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{si el proyecto } i \text{ en su nivel } k\text{-ésimo es seleccionado} \\ 0 & \text{si el proyecto } i \text{ en su nivel } k\text{-ésimo es rechazado} \end{cases} \quad (31.4)$$

Este es un problema que se resuelve por medio de técnicas de programación entera mixta o a través de programación dinámica. En este trabajo se utiliza para su resolución un algoritmo y programa de cómputo desarrollado por Escobar y Puente (24), el cual, además del caso básico aquí presentado, puede tratar con problemas en los que una parte del capital proviene de financiamiento externo y con la posibilidad de realizar la selección óptima de proyectos considerando el uso diferido de capital.

Como resultado de esta etapa, en la que se concluye el proceso de evaluación, jerarquización y selección óptima de proyectos de I/D, se obtiene el juego de proyectos no inferiores que maximizan el beneficio obtenido, en función de las restricciones de presupuesto que caracterizan el entorno de la selección de este tipo de proyectos.

10.4 Ejemplo de Aplicación

Con objeto de formalizar el uso de la metodología propuesta se aplica ésta a un ejemplo de evaluación, jerarquización y selección óptima de proyectos de I/D; en este problema se incluye el manejo de atributos cuantitativos y cualitativos, así como proyectos mutuamente excluyentes.

Planteamiento del Problema

Se tiene un conjunto de doce proyectos de investigación y desarrollo, los cuales han pasado una etapa previa de cernido y requieren inversiones como se muestra en la Tabla 10.3. Al mismo tiempo, se ha presupuestado un monto de 1,100 millones de pesos de 1992 para financiar la actividad de investigación y desarrollo en los próximos tres años, con montos de 250, 450 y 400 millones para cada uno de ellos.

TABLA 10.3
PROYECTOS DE I/D
INVERSION REQUERIDA
Millones de Pesos de 1992

PROYECTO	PERIODO			TOTAL
	1	2	3	
1	41.5	238.0	280.5	560.0
2*	15.0	117.3	97.7	230.0
3	183.2	139.0	243.8	566.0
4*	116.0	60.0	109.0	285.0
5*	116.0	106.5	109.0	331.5
6	12.0	93.0	95.0	200.0
7*	11.0	109.0	157.0	277.0
8*	5.0	76.0	74.0	155.0
9*	3.0	34.0	38.0	75.0
10*	8.0	110.0	112.0	230.0
11	152.0	175.0	230.0	557.0
12	53.0	52.0	0.0	105.0

* Proyectos mutuamente excluyentes

Por motivos de parametrización del presupuesto disponible, se propuso que se realizaran tres ejercicios adicionales, cada uno con un presupuesto total de 880, 990 y 2,200 millones de pesos respectivamente, en la tabla 10.4 se resume la información pertinente.

TABLA 10.4
PRESUPUESTO ASIGNADO
PARA I/D
 Millones de Pesos de 1992

PERIODO	CASO BASE	PARAMETRIZACION		
		1	2	3
1	250.0	200.0	225.0	500.0
2	450.0	360.0	405.0	900.0
3	400.0	320.0	360.0	800.0
TOTAL	1,100.0	880.0	990.0	2,200.0

Dado que algunos de los proyectos en realidad son diferentes alternativas para obtener el mismo producto, se considera que los proyectos 1 y 2 no se pueden realizar simultáneamente; es decir, sólo se puede seleccionar a uno de ellos o a ninguno. La misma situación ocurre entre los proyectos 4 y 5 así como entre los proyectos 7, 8, 9 y 10.

Cabe destacar que el presupuesto es insuficiente para realizar todos los proyectos propuestos, aún si se seleccionaran las alternativas que requieren menos inversión para cada juego de proyectos mutuamente excluyentes se requeriría un monto de recursos de 1,913 millones de pesos; casi el doble del monto total presupuestado para el horizonte de planeación.

Aplicación de la Metodología

Análisis de Preparación

Se han identificado un total de 15 atributos que concuerdan con los objetivos de la empresa obtenidos a través del proceso de planeación estratégica; estos atributos se han dividido en dos juegos, uno para medir la adecuación de los proyectos a los objetivos de la empresa y otro para medir el desempeño del proyecto en el entorno previsto.

Los atributos seleccionados en cuanto a adecuación a los objetivos de la empresa corresponden a los que se proponen en la Tabla 10.1; los atributos del desempeño del proyecto corresponden a los criterios 1.2, 2.1, 3.1, 5.2, 5.3, y 5.4 propuestos en la Tabla 10.2, agregándose 3 atributos más, relacionados con la rentabilidad del proyecto (tasa interna de retorno, ahorro o generación de divisas y valor presente de los ingresos generados).

Dado el carácter cuantitativo de estos 3 últimos atributos, para crear sus escalas de evaluación normalizadas se optó por el método de calcular la media y la desviación estandar de los datos del conjunto de proyectos evaluados y generar cinco intervalos de calificación al sumar o restar múltiplos de la desviación estandar a la media, a cada uno de estos intervalos se le asignó una calificación de 1 a 5, Tabla 10.5 (p. 102). En la Tabla 10.6 (p. 103), se proporcionan las estimaciones de los valores de cada uno de estos atributos para los doce proyectos.

TABLA 10.5
NORMALIZACION DE LA ESCALA PARA
ATRIBUTOS CUANTIFICABLES
 Límites Superiores

ATRIBUTO	MEDIA (M)	DESVIACION ESTANDAR (S)	INTERVALO Y CALIFICACION				
			(*, M - 0.75S) 1	(M - 0.75S, M - 0.25S) 2	(M - 0.25S, M + 0.25S) 3	(M + 0.25S, M + 0.75S) 4	(M + 0.75S, +∞) 5
TIR	39.4	6.7	34.4	37.8	41.1	44.4	∞
INGRESOS (Millones)	104.7	16.2	92.5	100.6	108.7	116.8	∞
DIVISAS (Millones)	45.3	7.4	39.8	43.5	47.2	50.9	∞

* Límites Inferiores:
 TIR = 12%
 Ingresos = 50 MS
 Divisas = 20 MDIs

**TABLA 10.6
VALORES DE LOS
ATRIBUTOS CUANTITATIVOS**

<u>PROYECTO</u>	<u>TIR</u>	<u>INGRESOS (M\$)</u>	<u>DIVISAS (MDIs)</u>
1*	34.0	95.0	30.0
2*	51.0	83.0	50.0
3	44.0	116.0	45.0
4*	40.0	101.0	60.0
5*	41.0	114.0	39.0
6	36.0	99.0	48.0
7*	34.0	130.0	39.0
8*	30.0	80.0	44.0
9*	36.0	90.0	46.0
10*	33.0	104.0	51.0
11	46.0	120.0	45.0
12	48.0	124.0	47.0

* Proyectos Mutuamente Excluyentes

Evaluación-Jerarquización

Como resultado del proceso de evaluación en donde se calificaron los proyectos contra los atributos seleccionados se obtuvieron las matrices de impacto que se muestran en las Tablas 10.7 y 10.8 (pp. 104-105), para cada uno de los juegos de atributos que se consideran.

Con objeto de separar el conjunto de doce proyectos en un subconjunto de proyectos sobreclasificados y otro de proyectos desechados, se alimentaron las matrices de impacto obtenidas al método de racionalización de preferencias.

En el apéndice 3 se muestran las matrices de concordancia y discordancia obtenidas a partir de este método para los dos juegos de atributos que se evalúan.

TABLA 10.7
 MATRIZ DE IMPACTO
 ATRIBUTOS ADECUACION A OBJETIVOS

PROYECTO	ATRIBUTOS					
	1 RELACION AREAS CIENTIFICAS	2 INTERES ESTRATEGICO	3 INTERES ECONOMICO	4 INCIDENCIA TECNOLOGICA	5 REPERCUSION INFRAESTRUC- TURA DE I/D	6 EFECTO RECURSOS EMPRESA
1*	2	4	1	2	4	5
2*	2	4	3	2	2	4
3	1	5	4	3	2	5
4*	5	4	4	5	3	5
5*	5	4	3	2	4	3
6	3	2	3	4	5	4
7*	1	2	2	2	2	3
8*	1	2	2	3	2	2
9*	1	2	2	1	2	1
10*	3	2	3	2	2	2
11	5	5	4	3	5	5
12	4	4	5	5	5	2
FACTOR DE PESO	10	25	30	25	5	5

* Proyectos Mutuamente Excluyentes

TABLA 10.8
MATRIZ DE IMPACTO
ATRIBUTOS DESEMPEÑO DEL PROYECTO

PROYECTO	ATRIBUTOS								
	1 NOVEDAD NACIONAL	2 FORMACION EQUIPO HUMANO	3 NIVEL APOYO DE LA EMPRESA	4 TIR	5 DIVISAS AHORRADAS O GENERADAS	6 INGRESOS EN VALOR PRESENTE	7 MERCADO	8 DISP. RECS. MATERIALES	9 INERCIA TECNO- LOGICA
1*	3	4	2	1	1	2	3	2	3
2*	4	4	5	5	4	1	4	5	3
3	2	5	5	4	3	4	3	2	3
4*	3	5	3	3	5	3	5	4	5
5*	2	4	4	3	2	4	2	3	2
6	5	2	4	2	4	2	5	3	4
7*	1	1	1	1	1	5	3	2	3
8*	2	3	4	1	3	1	3	4	4
9*	4	3	2	2	3	1	2	2	3
10*	2	4	5	1	5	3	5	5	4
11	4	3	5	5	3	5	3	4	5
12	4	4	3	5	4	5	4	5	5
FACTOR DE PESO	5	10	10	15	18	15	12	8	7

* Proyectos mutuamente excluyentes

No obstante que los niveles acordados para los umbrales de concordancia y discordancia se establecen en $p = 0.80$ y $q = 0.20$ respectivamente, se obtuvieron resultados para niveles de evaluación más y menos estrictos, las Tablas 10.9 y 10.10 (p. 107), presentan los proyectos sobreclasificados para los diferentes umbrales utilizados.

En el caso del juego de atributos de adecuación a los objetivos, se obtuvo que los proyectos seleccionados para los umbrales de concordancia y discordancia básicos fueron cuatro (proyectos 4, 6, 11 y 12), al relajar la severidad de la evaluación en 0.10 para cada índice estos mismos proyectos se mantuvieron estables en la sobreclasificación. Así mismo, al hacer más selectiva la sobreclasificación, disminuyendo en 0.10 el umbral de concordancia, se dejó de seleccionar al proyecto 6; lo mismo sucedió al incrementar en 0.20 el umbral de discordancia; lo anterior indica una mayor sensibilidad de este juego de atributos a las variaciones en el umbral de concordancia.

Si se analiza el comportamiento de los proyectos seleccionados para el juego de atributos de desempeño del proyecto se obtiene que en el nivel base ($p = 0.80$ y $q = 0.20$) de los umbrales de concordancia y discordancia se sobreclasifican siete proyectos (los proyectos 2, 3, 4, 6, 10, 11 y 12), tres más que los sobreclasificados para el primer juego de atributos. Cabe destacar que los proyectos seleccionados en el primer juego de atributos también aparecen como sobreclasificados en el segundo, esto indica un cierto grado de congruencia en las calificaciones otorgadas en ambos juegos.

Al relajarse el nivel de severidad de la sobreclasificación modificando el umbral de concordancia en 0.10, se siguen manteniendo los mismos proyectos que fueron seleccionados en el nivel base; asimismo, al disminuir este umbral en 0.10 para hacer más severa la sobreclasificación se dejó de seleccionar al proyecto 6. En cuanto al umbral de discordancia, el incrementarlo en 0.10 no afectó los proyectos sobreclasificados, sin embargo al modificarlo en 0.20 se dejaron de seleccionar cinco proyectos, manteniéndose sólo el 4 y el 12.

TABLA 10.9
VARIACIONES EN LA SEVERIDAD DE LA RACIONALIZACION DE PREFERENCIAS
ATRIBUTOS ADECUACION A OBJETIVOS

CORRIDA	INDICE		PROYECTOS SELECCIONADOS										TOTAL		
	CONCOR-DANCIA	DISCOR-DANCIA	1*	2*	3	4*	5*	6	7*	8*	9*	10*		11	12
1	0.8	0.2				X		X					X	X	4
2	0.8	0.1				X		X					X	X	4
3	0.9	0.2				X		X					X	X	4
4	0.8	0.3				X		X					X	X	4
5	0.8	0.4				X							X	X	3
6	0.7	0.2				X							X	X	3
7	0.7	0.3				X							X	X	3

* Proyectos mutuamente excluyentes

TABLA 10.10
VARIACIONES EN LA SEVERIDAD DE LA RACIONALIZACION DE PREFERENCIAS
ATRIBUTOS DESEMPEÑO DEL PROYECTO

CORRIDA	INDICE		PROYECTOS SELECCIONADOS										TOTAL		
	CONCOR-DANCIA	DISCOR-DANCIA	1*	2*	3	4*	5*	6	7*	8*	9*	10*		11	12
1	0.8	0.2	X	X	X			X				X	X	X	7
2	0.9	0.2	X	X	X			X				X	X	X	7
3	0.8	0.4				X								X	2
4	0.8	0.3	X	X	X			X				X	X	X	7
5	0.9	0.2	X	X	X							X	X	X	6

* Proyectos mutuamente excluyentes

En general, el análisis de los proyectos sobreclasificados para los dos juegos de atributos que se manejan, bajo diferentes niveles de severidad, demuestra que el método es estable y congruente; sin embargo debe tenerse cuidado en el manejo de los valores de los umbrales ya que en situaciones extremas ($p \leq q$) pueden dar como resultado soluciones no factibles.

Selección Óptima

Como resultado de la etapa de racionalización de preferencias se obtuvo que el subconjunto de proyectos que se encuentra sobreclasificado para los dos juegos de atributos, está integrado por los proyectos 4, 6, 11 y 12; cabe destacar que ninguno de ellos es mutuamente excluyente.

Con objeto de ejemplificar el desempeño de la metodología ante diferentes situaciones se realizaron tres corridas del método de optimización:

- **Corrida 1:** se considera el subconjunto de proyectos sobreclasificados simultáneamente en los dos juegos de atributos considerados (proyectos 4, 6, 11 y 12).
- **Corrida 2:** a los proyectos anteriores se añade el proyecto 5 el cual es mutuamente excluyente con el 4, con objeto de evitar cualquier duda en la selección de estos dos proyectos.
- **Corrida 3:** se considera que el juego de atributos de desempeño del proyecto establece las características relevantes, por lo que en esta corrida se consideran los proyectos sobreclasificados para este juego de atributos (proyectos 2, 3, 4, 6, 10, 11 y 12).

En la Tabla 10.11 (p. 111), se presenta el cálculo del beneficio para los proyectos que se consideran en cada una de las tres corridas especificadas, la última columna (factor de beneficio) es el coeficiente que cada proyecto tendrá en la función objetivo a maximizar.

Los resultados de la aplicación del modelo de optimización para el caso básico con un presupuesto de 1,100 millones de pesos, se presentan en la Tabla 10.12 (p. 112); se debe hacer notar que las parametrizaciones del presupuesto para 880 y 990 millones arrojaron el mismo subconjunto de proyectos seleccionados para cada una de las corridas, es obvio que entre más se disminuya el monto presupuestal, el capital no empleado disminuirá también.

En la Tabla 10.13 se presentan, exclusivamente para la corrida 3, los resultados de la aplicación del modelo de selección óptima para el último caso de las parametrizaciones solicitadas (presupuesto de 2,200 millones de pesos). Los proyectos seleccionados en este caso fueron el 2, 4, 6, 10, 11 y 12.

TABLA 10.13
PROYECTOS OPTIMOS SELECCIONADOS
PARAMETRIZACION DE 2,200 M\$
CORRIDA 3

PROYECTO SELEC- CIONADO	BENEFICIO TOTAL	INVERSION REQUERIDA POR PERIODO (M\$)			TOTAL
		1	2	3	
2	335.5	15.0	117.3	97.7	230.0
4	418.5	116.0	60.0	109.0	285.0
6	322.0	12.0	93.0	95.0	200.0
10	309.0	8.0	110.0	112.0	230.0
11	413.5	152.0	175.0	230.0	557.0
12	442.5	53.0	52.0	0.0	105.0
TOTAL	2,241.0	356.0	607.3	643.7	1,607.0
CAPITAL NO EMP.		144.0	292.7	156.3	
PRESUPUESTO DISP.		500.0	900.0	800.0	2,200.0
PROYECTOS EVALUADOS 1/		2, 3, 4, 6, 10, 11 Y 12			

1/ Proyectos sobreclasificados para el juego de atributos de desempeño del proyecto.

Cabe hacer notar que en cualquiera que fuera el caso analizado y el presupuesto utilizado en el método de optimización los proyectos 4, 6 y 12 siempre fueron seleccionados, sucediendo algo similar en la etapa de racionalización de preferencias ya que los proyectos 4 y 12 aparecen en los subconjuntos sobreclasificados para los dos juegos de atributos utilizados y bajo cualquier nivel de severidad en la selección; lo anterior indica que en este caso las dos técnicas utilizadas en la metodología propuesta se complementan adecuadamente.

TABLA 10.11
SELECCION OPTIMA
COEFICIENTES DE BENEFICIO POR PROYECTO

PROYECTO	ATRIBUTOS ADECUACION A OBJETIVOS						ATRIBUTOS DESEMPEÑO DEL PROYECTO									COEF. BENEF.
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
CORRIDA 1																
4*	5	4	4	5	3	5	3	5	3	3	5	3	5	4	5	418.5
6	3	2	3	4	5	4	5	2	4	2	4	2	5	3	4	322.0
11	5	5	4	3	5	5	4	3	5	5	3	5	3	4	5	413.5
12	4	4	5	5	5	2	4	4	3	5	4	5	4	5	5	442.5
CORRIDA 2																
4*	5	4	4	5	3	5	3	5	3	3	5	3	5	4	5	418.5
5*	5	4	3	2	4	3	2	4	4	3	2	4	2	3	2	309.0
6	3	2	3	4	5	4	5	2	4	2	4	2	5	3	4	322.0
11	5	5	4	3	5	5	4	3	5	5	3	5	3	4	5	413.5
12	4	4	5	5	5	2	4	4	3	5	4	5	4	5	5	442.5
CORRIDA 3																
2	2	4	3	2	2	4	4	4	5	5	4	1	4	5	3	335.5
3	1	5	4	3	2	5	2	5	5	4	3	4	3	2	3	361.0
4	5	4	4	5	3	5	3	5	3	3	5	3	5	4	5	418.5
6	3	2	3	4	5	4	5	2	4	2	4	2	5	3	4	322.0
10	3	2	3	2	2	2	2	4	5	1	5	3	5	5	4	309.0
11	5	5	4	3	5	5	4	3	5	5	3	5	3	4	5	413.5
12	4	4	5	5	5	2	4	4	3	5	4	5	4	5	5	442.5
FACTOR DE PESO	10	25	30	25	5	5	5	10	10	15	18	15	12	8	7	200.0

* Proyectos mutuamente excluyentes

**TABLA 10.12
PROYECTOS OPTIMOS SELECCIONADOS**

<u>PROYECTO SELECCIONADO</u>	<u>BENEFICIO TOTAL</u>	<u>INVERSION REQUERIDA POR PERIODO (M\$)</u>			<u>TOTAL</u>
		<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	
CORRIDA 1					
4	418.5	116.0	60.0	109.0	285.0
6	322.0	12.0	93.0	95.0	200.0
12	442.5	53.0	52.0	0.0	105.0
TOTAL	1,183.0	181.0	205.0	204.0	590.0
CAPITAL NO EMP.		69.0	245.0	196.0	510.0
CORRIDA 2					
4	418.5	116.0	60.0	109.0	285.0
6	322.0	12.0	93.0	95.0	200.0
12	442.5	53.0	52.0	0.0	105.0
TOTAL	1,183.0	181.0	205.0	204.0	590.0
CAPITAL NO EMP.		69.0	245.0	196.0	510.0
CORRIDA 3					
2	335.5	15.0	117.3	97.7	230.0
4	418.5	116.0	60.0	109.0	285.0
6	322.0	12.0	93.0	95.0	200.0
12	442.5	53.0	52.0	0.0	105.0
TOTAL	1,518.5	196.0	322.3	301.7	820.0
CAPITAL NO EMP.		54.0	127.7	98.3	280.0
PRESUPUESTO DISP.		250.0	450.0	400.0	1,100.0

PROYECTOS EVALUADOS

CORRIDA 1 1/

4, 6, 11 Y 12

CORRIDA 2 2/

4*, 5*, 6, 11 Y 12

CORRIDA 3 3/

2, 3, 4, 6, 10, 11 Y 12

1/ Intersección de los proyectos sobreclasificados para los dos juegos de atributos

2/ proyectos en corrida 1 más proyecto 5

3/ Proyectos sobreclasificados para juego de atributos de desempeño del proyecto

* Proyectos Mutuamente excluyentes

CONCLUSIONES

Investigación y Desarrollo

- 1) En el entorno actual, caracterizado por la alta competitividad y la globalización creciente de la economía mundial, es de suma importancia que los países en vías de desarrollo cuenten con un proceso en el que la investigación científica pueda generar el desarrollo tecnológico para resolver adecuadamente las necesidades sociales y del mercado; de lo contrario, estos países no podrán superar la dependencia tecnológica que actualmente obstaculiza su progreso. Esta situación se agrava al considerar que la ventaja competitiva de contar con gran cantidad de mano de obra disminuye día a día al ser sustituida por la posesión del conocimiento científico como uno de los factores primordiales de la producción.
- 2) La selección entre las alternativas de desarrollo tecnológico no debe basarse en el balance contable entre el costo de importar tecnologías extranjeras y el de producirlas internamente, sino que se deben de tomar en cuenta, de manera integral, la totalidad de los costos y beneficios que se obtienen, incluidos los sociales, los ecológicos y los relativos al mejoramiento de la infraestructura científico-tecnológica del país o empresa.
- 3) De manera semejante a la mayoría de los países en vías de desarrollo, en México el modelo económico de desarrollo del sector productivo adoptado hasta 1988, se basó en el proteccionismo, en la regulación excesiva y en el aislamiento, lo anterior y la inestabilidad macroeconómica del país, inhibieron la modernización tecnológica de las empresas productivas. Para contribuir a solucionar este problema se debe de establecer una relación más estrecha entre el sector productivo y los institutos de investigación y universidades.

Proceso de Evaluación, Jerarquización y Selección Óptima de Proyectos de Investigación y Desarrollo

- 4) El proceso de evaluación-selección de proyectos de I/D, se caracteriza por ser multiobjetivo, altamente heurístico y porque en él las decisiones se toman en diferentes niveles de la organización, interviniendo diversos elementos que dominan partes esenciales del conocimiento requerido para el logro del proyecto.
- 5) El análisis de las metodologías existentes para la evaluación, jerarquización y selección óptima de proyectos de investigación y desarrollo, bajo los enfoques financiero, social y de teoría de toma de decisiones, demostró que éstas presentan serias deficiencias y complejidades, lo que ocasiona que no sean utilizadas en la práctica real.

Por otro lado, las simples reuniones para "seleccionar y aprobar" un proyecto de entre un conjunto de ellos, no conllevan forzosamente al mejor uso de los recursos naturales, humanos y financieros con los que cuenta la empresa o entidad gubernamental encargada de su financiamiento; adicionalmente, al no existir bases formales que justifiquen la elección de los proyectos, no es posible que se hagan evaluaciones *ex-post*, que permitan analizar la forma y modo en que se realiza la asignación de los recursos, con objeto de incrementar la eficiencia del proceso. Lo anterior justifica la búsqueda de nuevos enfoques que consideren las características particulares del proceso de evaluación y selección de proyectos de I/D.

- 6) Es de suma importancia que exista transparencia en la asignación de los recursos disponibles para la actividad de investigación y desarrollo, ya sea a nivel país o empresa; esto se logrará en parte proporcionando, en forma explícita y clara, los juegos de atributos a través de los cuales se medirá la bondad de los proyectos; cabe destacar que estos atributos se encuentran íntimamente ligados con los objetivos de la empresa o entidad gubernamental los cuales son establecidos a través de la planeación táctica y estratégica.

- 7) En cuanto a la aplicación de la metodología propuesta a un ejemplo, se obtuvo que ante diversas situaciones y variaciones en los niveles de severidad del proceso, siempre existió un grupo de proyectos que se mantuvo constante en la jerarquización, no obstante que otros proyectos fueron seleccionados o desechados al modificar las condiciones bajo las que se realizó la selección. De lo anterior se concluye que la metodología de racionalización de preferencias presenta estabilidad ante variaciones del entorno decisional en el que se emplee.
- 8) Aunque en el método utilizado para la jerarquización de los proyectos se incluyen tres fuentes de subjetividad (las calificaciones otorgadas a los atributos, sus factores de ponderación y el nivel de severidad de la selección), se considera que al pasar a la etapa de selección óptima el nivel de subjetividad se reduce, ya que en ésta los proyectos son finalmente seleccionados en función del uso y disponibilidad del capital asignado para su financiamiento, situación que es independiente de las consideraciones subjetivas incluidas en la jerarquización.
- 9) La metodología propuesta debe considerarse como una herramienta, la aplicación de ésta en una empresa o entidad gubernamental no tendrá éxito si no está enmarcada dentro de un proceso global de planeación; sin embargo, se considera que el desarrollo de nuevas metodologías debe motivar a los encargados del proceso de I/D a utilizar alguna de ellas, lo que permitirá, al menos, sentar las bases de información sobre las que actualmente se realiza la selección de proyectos.
- 10) Sólo la aplicación de la metodología propuesta, en alguna empresa o institución dedicada a la innovación y desarrollo tecnológico, permitirá evaluarla correctamente; se considera que, dentro del sector público, el CONACYT, el Instituto de Investigaciones Eléctricas y el Instituto de Investigaciones Nucleares reúnen las características adecuadas para su implementación.

- 11) Finalmente se concluye que la metodología propuesta en éste trabajo aporta un enfoque novedoso en la evaluación, jerarquización y selección óptima de proyectos de investigación y desarrollo, dado que integra, en un sólo proceso, las herramientas de racionalización de preferencias y de optimización de portafolios através, combinación de la que no se encontraron antecedentes en la literatura.

Al requerir bajos niveles de información y poder ser implementada en microcomputadoras, se considera que esta metodología puede ser utilizada fácilmente para respaldar el proceso actual de toma de decisiones en materia científico-tecnológica

RECOMENDACIONES

Con base en la experiencia adquirida en el desarrollo de este trabajo, se sugieren las siguientes líneas de estudio:

- Se debe abundar en la recopilación de información y análisis de las características específicas de las prácticas con las que se lleva a cabo el proceso de investigación y desarrollo en México, ya que en base de un mayor conocimiento de éste proceso se podrán mejorar las herramientas dirigidas a su mejoramiento.
- Se considera que la metodología propuesta puede servir de base para otros estudios; un elemento importante a considerar es el tratamiento de la incertidumbre y riesgo implícitos en la toma de decisiones, los cuales se acentúan en cuando se trata de proyectos de I/D; la estimación de la probabilidad de éxito de este tipo de proyectos es un tema interesante.

Otra línea de trabajo que se propone es la determinación del comportamiento, ante diferentes apreciaciones de la importancia de los objetivos, de la estabilidad del subconjunto de proyectos sobreclasificados; este análisis puede ser de gran importancia cuando se tiene un proceso en el que las decisiones se "negocian" o cuando existe conflicto en la interpretación de los objetivos de la empresa o de los atributos que deben ser evaluados.

Asimismo, se podría completar este trabajo con el análisis *ex post* de los resultados reales de la selección de un portafolio de proyectos, aplicando a la metodología propuesta la misma información de que se disponía el inicio del proceso y comprando los resultados teóricos con los reales y por otro lado, con los resultados obtenidos de aplicar otros métodos reportados en la literatura.

REFERENCIAS

- 1) Abetti, P. A., Wacholder, M. H.; El Proceso de Innovación Tecnológica y su Aplicación al Programa de Incubadora RPI. *El Mercado de Valores* (22): 22-32 (noviembre 15, 1988).
- 2) Academia Mexicana de Ingeniería; *Investigación y Desarrollo en México*. México: 155-184 (sin fechar).
- 3) Adke, S. S., Rajan, J. V., Subramanian, S. K.; Resource Allocation for R & D Projects in Developing Countries. *IEEE Trans. on Eng. Manag.* EM-18, (1): 17-25 (1971).
- 4) Antún, J. P.; Computer-Aided Design of the Implementation of Industrial Facilities. *IFAC 3 System Approach for Development*. Rabat: 287-292 (1980).
- 5) ———; Jerarquización de Proyectos de Transporte para el Desarrollo Regional, una Aplicación del Enfoque ELECTRE IV. *La Ingeniería en México*. UNAM. México: 20-29 (1987).
- 6) Augood, R. D.; A Review of R & D Evaluation Methods. *IEEE Trans. on Eng. Manag.* EM-20 (4): 114-120 (1973).
- 7) Baker, N.; R & D Project Selection Model: An Assessment. *IEEE Trans. on Eng. Manag.* EM-21 (4): 165-171 (1974).
- 8) ———, Freeland, J.; Recent Advances in R & D Benefit Measurement and Project Selection Methods. *Manag. Sci.* 21 (16): 1164-1175 (1975).
- 9) Bobis, A., Atkinson, A.; Analyzing Potential Research Projects. *Chem. Eng.* 77: 95-100 (Feb. 23, 1970).

- 10) ———, ———; Analyzing R & D Investments Via Dynamic Modeling. *Chem. Eng.* 77: 133-141 (Mar. 9, 1970).
- 11) Brandenburg, R. G.; Project Selection in Industrial R & D Problems and Decision Processes. en: *Research Program Effectiveness*. Gordon and Breach Science Publishers. New-York (1966).
- 12) Bunje, M.; *La Ciencia, su Método y su Filosofía*. Quinto Sol. México: 35 (sin fechar).
- 13) Butters, J. K.; *Case Problems in Finance*. Richard D. Irwin. (1969).
- 14) Byau, M.; *Studies in Budgeting*. North-Holland. (1971).
- 15) Cetron, M., Martino, J., Roepcke, L.; The Selection of R & D Program Content, a Summary of Quantitative Methods. *IEEE Trans. on Eng. Manag.* EM-14 (1): 4-13 (1969).
- 16) Charnes, A., Stedry, A.; A Chance-Constrained Model for Real-Time Control in R & D Management. *Manag. Sci.* 12: B353-B363 (1966).
- 17) Clarke, T. E.; Decision Making in Tecnologically Based Organizations: A Literature Survey of Present Practice. *IEEE Trans. on Eng. Manag.* EM-21 (1): 9-23 (1974).
- 18) Cochrane, J., Zeleny, H. (Eds). *Multiple Criteria Decision Making*. University of South Carolina Press. Columbia. (1973).
- 19) Corona, T. L.; Criterios para la Evaluación de los Proyectos en Investigación Científica. *Boletín del Instituto Mexicano de Investigación de Operaciones*. 3: 1-9 (1989).
- 20) Dean, B. V.; Evaluating Selecting and Controlling R & D Projects. *AMA Research Study 89*. American Management Association. (1968).
- 21) ———, Nishry, M.; Scoring and Profitability Models for Evaluating and Selecting Engineering Projects. *JORSA*. 13 (4): 550-569 (1965).

- 22) Echegaray, M. F.; *La Investigación en las Empresas Productivas*. Ponencia en la Reunión Nacional Sobre Investigación Científica. Hermosillo. (Abril, 1988).
- 23) Enciclopædia Britannica (Eds.); *The New Enciclopædia Britannica*. Enciclopædia Britannica Inc. 15 ed. Chicago: Tomo 25: 739-744 (1974).
- 24) Escobar, T., Puente, M.; *Modelos de Jerarquización y Selección Óptima de Proyectos de Inversión*. Trabajo no publicado.
- 25) Faust, R. E.; Project Selection in the Pharmaceutical Industry. *Res. Manag.* 14 (5): 46-55 (1971).
- 26) Garfias, A., Escobar, T.; El Papel de la Ciencia y Tecnología en los Países en Vías de Desarrollo. Algunos Conceptos y Proposiciones. *Documento Interno Facultad de Química*. UNAM. México (1976).
- 27) Gargiulo, G. R.; Research on a Research Department: an Analysis of Economic Decisions on Projects. *IRE Trans. on Eng. Manag.* EM-7 (4): 166-172 (1960).
- 28) Gear, A. E., Lockett, A., Pearson, A.; Analysis of Some Portfolio Selection Models for I/D. *IEEE Trans. on Eng. Manag.* EM-18 (2): 66-87 (1971).
- 29) Gee, R. E.; A Survey of Current Project Selection Practices. *Res. Manag.* 14. (5): 38-45 (1971).
- 30) Gershon, M., Duckstein, L.; Multiobjective Approaches to River Basing Planning. *ASCE Journal of Water Resources Planning and Management*. 109 (1): 13-28 (1983).
- 31) ———, ———, McAniff, R.; Multiobjective River Basin Planning with Qualitative Criteria. *Water Resources Research*. 18 (2): 193-202 (1982).
- 32) Giral, J., González, S.; *Estrategia Tecnológica Industrial*. Eduardo Morches (Ed.) México. (1986).
- 33) ———, Barnés, F., Ramírez, A.; *Ingeniería de Procesos Manual para el Diseño de Procesos Químicos Apropriados para Países en Desarrollo*. UNAM. México. (1977).

- 34) Giuliano, G.; A Multicriteria Method for Transportation Investment Planning. *Transpn. Res.-A*. 19-A (1): 29-41 (1985).
- 35) Goltz, G. E.; A Guide to Development. *R & D Manag.* 16 (3): 243-249 (1986).
- 36) Gonod, P. F.; *Technological Forecasting: Principles and Analysis of Methods*. UNIDO. IPCT 107. Viena. (1990).
- 37) Grossman, D., Gupta, S. N.; Dinamic Time-Staged Model for R & D Portfolio Planning A Real World Case. *IEEE Trans. on Eng. Manag.* EM-21 (4): 141-147 (1974).
- 38) Hanssmann, F. T.; *Operations Research Techniques for Capital Investment*. John Willey: 25-132 (1968).
- 39) Hertz, D. B.; Risk Analysis in Capital Investment. *Harvard Business Review*. 42. (1): 244-259 (1964).
- 40) Hessling, D. H.; Selecting Research and Development Projects by the Go Index. *IEEE Trans. on Eng. Manag.* EM-17 (1): 101-105 (1970).
- 41) Hodge, J., Hakkio, C.; The Probability of Technical Success and R & D Appraisal. *Resources & Energy*. 11: 159-175 (1989).
- 42) Hunt, P., Andrews, V. L.; *Financial Management: Cases and Readings*. Richard D. Irwin. (1968).
- 43) Instituto de Investigaciones Eléctricas; *Metodología Operativa para la Calificación de Prioridades de Líneas de Investigación*. Documento Interno. México (Sept., 1986).
- 44) Kenney, R., Raiffa, H.; *Decisions with Multiple Objectives, Preferences and Values Trades-offs*. John Willey & Sons. (1976).
- 45) Kepler, C., Blackman, A.; The Use of Dynamic Programming Techniques for Determining Resource Allocations among R/D Projects: an Example. *IEEE Trans. on Eng. Manag.* EM-20 (1): 2-5 (1973).

- 46) Kim, L., Lee, H.; Patterns of Technological Change in a Rapidly Developing Country: A Synthesis. *Technovation* 6: 261-276 (1987).
- 47) Koziolok, H.; Aspectos Económicos del Plan de Desarrollo de las Ciencias. en: *Ciencia y Previsión Científica*. Roca. México: 134 (1973).
- 48) Layard, R.; *Análisis-Costo Beneficio*. Fondo de Cultura Económica. México. (1978).
- 49) Lee, J., Lee, S., Bac, Z.; R & D Project Selection: Behavior and Practice in a Newly Industrializing Country. *IEEE Trans. on Eng. Manag.* EM-33 (3): 141-147 (1986).
- 50) Leff, E.; Dependencia Científico-Tecnológica y Desarrollo Económico. en: *México Hoy*. Siglo XXI. 8a. ed. México: 266-285 (1983).
- 51) Little, I. M., Mirrlees, J. A.; *Estudio Social de Costo-Beneficio en la Industria en Países en Desarrollo, Manual de Evaluación de Proyectos*. Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos. México. (1979).
- 52) Luukkonen-Gronow, T.; Scientific Research Evaluation: A review of Methods and Various Contexts of their Application. *R & D Manag.* 17 (3): 207-221 (1987).
- 53) MacCrimmon, K. R.; A Overview of Multiple Objective Decision Making. en: *Multiple Criteria Decision Making*. Cochrane J. and Zeleny H. (Eds.). University of South Carolina Press. Columbia: 18-44 (1973).
- 54) Mansfield, E., Brandenburg, R.; The Allocation Characteristics and Overcome of the Firm's Research and Development Portfolio: A Case Study. *The Jor. of Buss.* 39 (4): 447-464 (1966).
- 55) Martino, R. L.; *Determinación de la Ruta Crítica*. Editora Técnica. México: 17 (1974).
- 56) Matus, C.; *Estrategia y Plan*. Siglo XXI. México. (1972).
- 57) Mikulniskii, S. R., Rodnyi, N. I.; La Ciencia como Tema de Estudio Particular. en: *Ciencia y Previsión Científica*. Roca. México: 134 (1973).

- 58) Mishan, E.; *Cost-Benefit Analysis*. George Allen. London. (1978).
- 59) Moore, R. L.; Methods of Determining Priorities in a Programme of Research. *IEEE Trans on Eng. Manag.* EM-21 (4): 126-140 (1974).
- 60) Moore, J., Baker, N.; Computational Analysis of Scoring Models for R and D Project Selection. *Manag. Sci.* 13 (4): B212-B232 (1969).
- 61) Mottley, C. M., Newton, R. D.; The Selection of Projects for Industrial Research. *Operations Research*.7: 741-751 (1959).
- 62) Murdick, R. G., Deming, D.L.; *The Management of Capital Expenditures*. Mc Graw-Hill. (1968).
- 63) Nelson, C. A.; A Scoring Model for Flexible Manufacturing Systems Project Selection. *European Journal of Operational Research*. 24: 346-359 (1986).
- 64) Nijkamp, P., Spronk, J. (Eds.); *Multiple Criteria Analysis: Operational Methods*. Willey Chechester. (1980).
- 65) OEA; *Analysis of the Instruments and Mechanisms of Science and Technology Policy in Developing Countries with Particular Reference to the Industrial Sector (Methodological Guidelines for STPI Project)*. Seminar on Instruments and Mechanisms of Science and Technology Policy. Washington. (1977).
- 66) ONUDI; *Pautas para la Evaluación de Proyectos*. ONU. Viena. (1972).
- 67) ONUDI; *Guía para la Evaluación Práctica de Proyectos*. ONU. Viena. (1978).
- 68) Pasini, S. G.; *Reorientación Tecnológica y Criterios de Plausibilidad en la Estrategia de Desarrollo de la Industria Química*. Universidad Iberoamericana. Tesis Profesional. México. (1975).
- 69) Pearce, D. W., Nash, C. A.; *The Social Appraisal of Projects*. The Macmillan Press LTD. London. (1981).
- 70) Petróleos Mexicanos; *Iniciativa de la Subdirección de Transformación Industrial en las Tecnologías de Punta*. Documento Interno México. (1991).

- 71) Phillipator, G. C.; *Financial Management Theory and Techniques*. Holden-Day. (1973).
- 72) Powers, T.; Visión de Acontecimientos Recientes en Análisis de Proyectos. *Conferencia Presentada en la Segunda Mesa Redonda Sobre Banca de Desarrollo*. Brasil. (Septiembre, 1978).
- 73) ———, (Ed.); *El Cálculo de los Precios de Cuenta en la Evaluación de Proyectos*. Banco Interamericano de Desarrollo. Washington. (1981).
- 74) Ramírez, B., Salazar, A., Valdéz, L.; *Desarrollo Tecnológico, Una Posibilidad al Alcance de su Empresa*. Banco de México. México. (Sin fechar).
- 75) Reul, F. J.; MSF Functions. *Trans. Inst. Chem Eng.* 48 (238) (1970).
- 76) Roy, B; Classements et Choix en Presence de Criteres Multiples (La Methode ELECTRE) *RIRO*. 2 (8): 57-75 (1968).
- 77) Rubenstein, A. H.; Setting Criteria for R & D. *Haward Business Review*. 35: 95-104 (1957).
- 78) Shumway, C., Maher, P., Baker, M., Souder, W., Rubenstein, A., Gallant, A.; Diffuse Decision-Making in Hierarchical Organizations an Empirical Examination. *Manag. Sci.* 21 (6): 647-707 (1975).
- 79) Souder, W.; Budgeting for R & D. *Business Horizons*. 12: 31-38 (1970).
- 80) ———; Utility and Perceived Acceptability of R&D Project Selection Models. *Manag. Sci.* 19 (12): 1384-1394 (1973).
- 81) ———; Experimental Test of a Q-Sort Procedure for Prioritizing R & D. Projects. *IEEE Trans. on Eng. Manag.* EM-21 (4): 159-164 (1974)
- 82) ———; Achieving Organizational Consensus with Respect to R & D Project Selection Criteria. *Manag. Sci.* 21 (6): 669-681 (1975).
- 83) ———; Field Studies with a Q-Sort/Nominal Group Process for Selecting R & D. Projects. *Research Policy*. 5 (4): 172-188 (1975).

- 84) ———; Effectiveness of Nominal and Interacting Group Decision Processes for Integrating R & D Marketing. *Manag. Sci.* 23: 595-605 (1977).
- 85) ———; *Management Decisions Methods for Managers of Engineering and Research*. Van Nostrand-Reinhold. New York. (1980).
- 86) ———; Selecting Projects that Maximize Profits. en: *Project Management Handbook*. Cleland D. and King E. (Eds.). Van Nostrand-Reinhold. New York: 140-164 (1988).
- 87) SPP, CONACYT; *Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica 1990-1994*. México. (1990).
- 88) Squire, L., van der Tak, H.; *Economic Analysis of Projects*. The Johns Hopkins University Press Baltimore. (1975)
- 89) The Open University Press (Eds.); *Curso Básico de Ciencias Unidad I; La Ciencia: Sus Orígenes, Escalas y Limitaciones*. Ed. McGraw Hill Latinoamericana. México: 18 (1973).
- 90) Torres, O. J.; *La Insuficiencia de la Evaluación Económica de Proyectos; Algunas Pautas de Solución*. UNAM. Tesis de Maestría. México. (1984).
- 91) Wearve, S. H.; *Principles of Engineering Organization*. Edward Arnold, London. (1973).
- 92) Weimberg, A.; Values in Science: Unify as a Criterion of Scientific Choice. *Minerva*. 22 (1) (1984).
- 93) Weingartner, H. M.; *Mathematical Programming and the Analysis of Capital Budgeting-Problems*. Prentice Hall, Englewood Cliffs. (1963).
- 94) Winkofsky, E. P., Mason, R. M., Souder, W. E.; R&D Budgeting & Project Selection: a Review of Practices & Models. en: *TIMS Studies in the Management Sciences*. North-Holland. Tomo 15: 183-197 (1980).
- 95) Wirt, J. G., Lieberman, A. J., Levien, F. E.; *R & D Management: Methods Used by Federal Agencies*. R-1156-HEW. Santa Monica. (1974).

- 96) Xiao-yin, J.; R & D Project Selection and Evaluation: A Microcomputer-Based Approach. *R & D Manag.* 17 (4): 277-288 (1987).
- 97) Zeleny, M.; *Multiple Criteria Decision Making*. Springer-Verlag. (1976).

APENDICE 1

JUEGOS DE ATRIBUTOS ENCONTRADOS EN LA LITERATURA REVISADA

**JUEGOS DE ATRIBUTOS PROPUESTOS POR DIVERSOS AUTORES
PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO**

REFERENCIA	CLASIFICACION DEL AUTOR	ATRIBUTO
Mottley y Newton, 1959, (61).	Técnicos.	Probabilidad de éxito. Tiempo de realización.
	Financiero.	Costo del proyecto.
	Estratégico	Necesidad estratégica.
	Mercado	Penetración del mercado.
Brandenburg, 1966, (11), citado por Clarke (17).	No clasificados.	Tasa interna de retorno o algún índice relacionado con el rendimiento de la inversión. Tiempo de recuperación de la inversión. Objetivos de costo, volumen y tiempo para lograr iniciar ventas. Costos y beneficios de otros proyectos que dependen del proyecto en cuestión. Tiempo necesario para obtener éxito técnico. Relevancia técnica de los resultados del proyecto como condición para iniciar otros de la misma naturaleza. Valor para la empresa de demostrar competencia técnica en el área del proyecto. Valor para la empresa del conocimiento que adquirirá al realizar el proyecto en cuestión. Balance entre los recursos dedicados al desarrollo profesional a largo plazo de los participantes en el proyecto y los recursos dedicados al mejoramiento económico de la empresa en el corto plazo.

**JUEGOS DE ATRIBUTOS PROPUESTOS POR DIVERSOS AUTORES
PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO**

REFERENCIA	CLASIFICACION DEL AUTOR	ATRIBUTO
Brandenburg, 1966, (11), citado por Clarke (17).	No clasificados.	El balance entre el incremento en motivación y beneficios que se obtienen al dar al investigador proyectos estables o la flexibilidad de cambiar la dirección de los esfuerzos de I/D de acuerdo a la detección de nuevas oportunidades en el mercado.
Dean, 1968, (20), citado por Clarke (17).	Económicos	Rentabilidad anual. Tasa Interna de Retorno. Ventas anuales. Horizonte de inversión. Perfil del flujo de efectivo.
	De investigación y desarrollo.	Tiempo y costo para realizarla. Posibilidad de comprar el diseño. Disponibilidad de recursos humanos, instalaciones y fondos. Posibilidad de éxito y evaluación del concepto. Originalidad del enfoque. Ventajas técnicas. Balance entre las utilidades económicas y el desarrollo técnico de la empresa. Habilidades y conocimientos del equipo disponible. Conocimiento obtenido al desarrollar el proyecto. Patentabilidad del resultado.
	Del proceso	Requerimientos de inversión de capital. Compatibilidad con los procesos existentes. Requerimientos y necesidades del proceso. Cantidad de mejoras del proceso. Efecto en la calidad del producto.

**JUEGOS DE ATRIBUTOS PROPUESTOS POR DIVERSOS AUTORES
PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS
DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

REFERENCIA	CLASIFICACION DEL AUTOR	ATRIBUTO
Dean, 1968, (20), citado por Clarke (17).	Del mercado	<p>Potencial, penetración y tendencia del mercado.</p> <p>Potencial de crecimiento y tiempo necesario para comercializar el producto.</p> <p>Riesgos de la comercialización.</p> <p>Campos de interés de la empresa y objetivos de crecimiento.</p> <p>Posición de la empresa; defensiva, de liderazgo o protectora.</p> <p>Compatibilidad del producto con las capacidades y canales de comercialización.</p> <p>Imagen y políticas corporativas.</p>
Bobis y Atkinson, 1970, (9).	No clasificados.	<p>Capacidad técnica de la empresa.</p> <p>Experiencia del personal.</p> <p>Disponibilidad de instalaciones de laboratorio.</p> <p>Disponibilidad de instalaciones de planta piloto.</p> <p>Situación de las patentes.</p> <p>Disponibilidad de las materias primas.</p> <p>Relación con otros proyectos de la empresa.</p> <p>Disponibilidad de soporte analítico.</p>
Hessling, 1970, (40).	Aspectos de Investigación y Desarrollo.	<p>Dominio del tema del proyecto.</p> <p>Situación de las patentes.</p> <p>Uso del conocimiento existente.</p> <p>Relación con actividades de desarrollo futuras.</p> <p>Nivel de uso de instalaciones de laboratorios y planta piloto existentes.</p> <p>Disponibilidad del personal de investigación y desarrollo.</p>

**JUEGOS DE ATRIBUTOS PROPUESTOS POR DIVERSOS AUTORES
PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO**

REFERENCIA	CLASIFICACION DEL AUTOR	ATRIBUTO
Hessling, 1970, (40).	Aspectos de producción e ingeniería.	<p>Confianza en el conocimiento del proceso. Disponibilidad de materias Primas. Uso de procesos conocidos. Tamaño del proyecto en relación al tamaño de la compañía. Uso de instalaciones excedentes. Uso y mejoramiento de subproductos. Grado de contaminación causada por la disposición de desechos. Uso de equipo común. Grado de peligrosidad. Grado de dificultad en el mantenimiento. Disponibilidad de personal de producción y mantenimiento. Disponibilidad de personal de ingeniería.</p>
	<p>Aspectos del producto y de mercadotecnia: Factores de estabilidad.</p>	<p>Tiempo de vida del producto en el mercado. Tendencias de los costos en relación al precio de venta. Tamaño del mercado. Posibilidad de tener mercado cautivo. Dificultad de adaptación y asimilación. Estabilidad en caso de crisis económica. Estabilidad en caso de guerra. Situación de las patentes.</p>
	Factores de crecimiento.	<p>Tendencia del mercado. Originalidad del producto. Relación oferta-demanda. Relación de cambio tecnológico. Posibilidades de exportación. Requerimiento de personal administrativo y de control.</p>

**JUEGOS DE ATRIBUTOS PROPUESTOS POR DIVERSOS AUTORES
PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO**

REFERENCIA	CLASIFICACION DEL AUTOR	ATRIBUTO
Hessling, 1970, (40).	Factores de mercado.	Evaluación del mercado existente (y de productos existentes). Evaluación de la probable competencia. Numero de usuarios potenciales. Reputación de la compañía en campos relacionados. Capacidad de la empresa para proveer el servicio requerido. Grado de relación con los usuarios del producto
	Aspectos del producto y de mercadotecnia: Factores de mercado.	Concentración de las ventas. Número de variaciones o tipos del producto básico. Dependencia de fluctuaciones estacionales. Políticas Gubernamentales. Posibles responsabilidades legales (tales como desecho de materiales toxicos).
	Factores de posición.	Similitud con las líneas de productos existentes. Tiempo requerido para establecer el producto. Valor agregado por el proceso. Numero de proveedores de materia prima. Mejoramiento de las condiciones de abastecimiento de la empresa
Faust, 1971 (25), citado por Clarke (17).	Científicos.	Relaciones con otras actividades de investigación, ventajas y desventajas sinérgicas comparadas con otros programas. Probabilidad de alcanzar los objetivos del proyecto.

**JUEGOS DE ATRIBUTOS PROPUESTOS POR DIVERSOS AUTORES
PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO**

REFERENCIA	CLASIFICACION DEL AUTOR	ATRIBUTO
Faust, 1971 (25), citado por Clarke (17).	Científicos.	<p>Tiempo requerido para alcanzar los objetivos del proyecto.</p> <p>Impacto en el balance de los programas de investigación a corto y largo plazo.</p> <p>Costo estimado del proyecto.</p> <p>Grado de uso de talento de investigadores y recursos ya existentes.</p> <p>Valor de generar experiencia y adquirir pericia en el campo en cuestión y como inversión para actividades de investigación futuras.</p> <p>Necesidad de un mínimo de expertos y de actividad para lograr un avance significativo.</p> <p>Elasticidad del requerimiento de recursos y su relación con el producto.</p> <p>Patentabilidad o exclusividad de los descubrimientos o invenciones.</p> <p>Esfuerzo de investigación desarrollado en la misma área por universidades y centros de investigación gubernamentales.</p>
	Del mercado.	<p>Ventas y utilidades proyectadas.</p> <p>Relación con alguna necesidad reflejada en el estado actual de satisfacción del consumidor.</p> <p>Estado y eficacia de los productos y medios existentes que compiten por satisfacer las necesidades del consumidor.</p> <p>Compatibilidad con las capacidades y fortalezas de comercialización que tiene la empresa.</p> <p>Influencia de los nuevos productos competitivos que se encuentran en desarrollo.</p>

**JUEGOS DE ATRIBUTOS PROPUESTOS POR DIVERSOS AUTORES
PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO**

REFERENCIA	CLASIFICACION DEL AUTOR	ATRIBUTO
Faust, 1971 (25), citado por Clarke (17).	Elementos organizacionales y otros.	Relación con actividades en otras unidades de investigación dentro de la empresa. Tiempo dedicado al desarrollo del proyecto en relación el dedicado al mercadeo, a la investigación, etc. Capacidad y necesidades de los procesos de manufactura. Valor del prestigio e imagen obtenido por la empresa. Efecto en el espíritu y actitudes organizacionales. Impacto de las opiniones gubernamentales y públicas, así como otras presiones del entorno.
Gee, 1971 (29), citado por Clarke (17).	Elementos organizacionales y otros.	Usos alternativos para el personal y las instalaciones si el proyecto se abandonara al cabo de un tiempo. Compulsión moral, por ejemplo, para desarrollar drogas que satisfacen una necesidad social pero que den una baja utilidad.
Augood, 1973 (6).	Investigación y desarrollo	Probabilidad de éxito técnico. Novedad técnica. Disponibilidad del conocimiento científico relacionado. Ganancia de conocimiento al desarrollar el proyecto. Tiempo requerido para el desarrollo. Disponibilidad de mano de obra. Disponibilidad de equipo. Nivel de actividad en I/D de la competencia. Patentabilidad.

**JUEGOS DE ATRIBUTOS PROPUESTOS POR DIVERSOS AUTORES
PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO**

REFERENCIA	CLASIFICACION DEL AUTOR	ATRIBUTO
Augood, 1973 (6).	Producción.	Ventajas del proceso. Versatilidad del proceso. Compatibilidad con las operaciones actuales. Disponibilidad de equipo. Disponibilidad de materias primas. Entusiasmo del departamento operativo. Generación de subproductos. Disposición de desechos. Potencial de corrosión. Potencial de peligrosidad.
	Corporativos.	Concordancia con los objetivos de la empresa. Tamaño del proyecto. Valor del prestigio obtenido. Efecto en la posición de la empresa ante los proveedores. Efecto en los usuarios actuales.
	Financieros.	Ventas anuales. Tiempo necesario para alcanzar la producción mínima de comercialización. Relación de ventas anuales a costos de I/D. Relación de ahorro anual a costo total. Retorno sobre las ventas. Retorno sobre el capital fijo. Retorno sobre la inversión. Valor presente neto. Tiempo de recuperación de las inversiones en investigación y desarrollo. Tiempo de recuperación del capital fijo. Utilidad en el primer año de producción.

**JUEGOS DE ATRIBUTOS PROPUESTOS POR DIVERSOS AUTORES
PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO**

REFERENCIA	CLASIFICACION DEL AUTOR	ATRIBUTO
Augood, 1973 (6).	De mercado.	<p>Ventajas del producto. Situación de la competencia. Tamaño del mercado. Estabilidad del mercado. Estacionalidad de la demanda. Número de usuarios potenciales. Tendencia de crecimiento del mercado. Situación de la empresa en el área específica del mercado. Compatibilidad con la línea de productos existente. Disponibilidad de infraestructura y mecanismos de comercialización. Necesidad de crear o desarrollar el mercado. Disponibilidad de servicio técnico. Tiempo requerido para establecerse en el mercado. Variaciones del producto requeridas. Nivel de cautividad del mercado. Posición de la empresa en la distribución del producto. Potencial de exportación. Potencial de licenciamiento.</p>
Grossman y Gupta, 1974 (37).	Potencial de crecimiento.	<p>Nivel que ocupará el producto al satisfacer necesidades del mercado. Situación competitiva y facilidad de acceso al mercado.</p>
	De mercado.	<p>Cambios requeridos en los patrones de comercialización. Cantidad de productos que competirán. Requerimientos de promoción. Efecto en la imagen de la empresa. Estabilidad del mercado.</p>

**JUEGOS DE ATRIBUTOS PROPUESTOS POR DIVERSOS AUTORES
PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO**

REFERENCIA	CLASIFICACION DEL AUTOR	ATRIBUTO
Grossman y Gupta, 1974 (37).	Capacidad productiva.	Requerimientos de equipo. Conocimiento del proceso y necesidades de personal. Disponibilidad de materias primas.
Pasini, 1975, México, (68).	De mercado.	Sustitución de importaciones Nivel de satisfacción de una demanda social. Costo de la generación de un empleo Potencial de exportación. Elasticidad de la demanda. Costo local de las materias primas
	Tecnológicos	Calidad del producto. Uso de la capacidad instalada de la empresa. Estado de la investigación. Potencialidad de adaptación y asimilación de la tecnología. Localización en zonas prioritarias. Impacto ecológico
	Económicos.	Contenido nacional y uso de la inversión. Contenido nacional de los insumos de producción y efecto multiplicador de la inversión. Relación costo variable directo a costo total. Valor agregado en el producto. Nivel de integración nacional.
Souder, 1975 (82).	No clasificados.	Costo del Proyecto. Utilidad esperada. Probabilidad de éxito. Tiempo de desarrollo.

**JUEGOS DE ATRIBUTOS PROPUESTOS POR DIVERSOS AUTORES
PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO**

REFERENCIA	CLASIFICACION DEL AUTOR	ATRIBUTO
Souder, 1975 (82).	No clasificados.	Retorno sobre la inversión. Potencial del mercado. Urgencia del proyecto. Disponibilidad del personal necesario. Patentabilidad de la tecnología. Tamaño del mercado. Tiempo necesario para iniciar ventas. Estado del arte del área específica. Inversión requerida. Grado de competencia existente. Conocimientos disponibles en el área. Penetración en el mercado.
Baker y Freeland, 1975 (8).	No clasificados.	Costo del proyecto. Disponibilidad de mano de obra. Facilidad de programación de actividades. Probabilidad de éxito técnico.
Giral y González, 1986, México (32).	Financieros	Tiempo de recuperación de la inversión. Contribución marginal a la utilidad de la empresa. Tiempo de implementación
	De mercadeo	Proyecto congruente con la tendencia del mercado o representa una oportunidad de liderazgo. Nivel de la competencia. Nivel de cumplimiento de normas comerciales. finneza del pronóstico de comercialización.
	De operación.	Disponibilidad de recursos humanos, equipo e infraestructura. Nivel de peligrosidad del proceso.

**JUEGOS DE ATRIBUTOS PROPUESTOS POR DIVERSOS AUTORES
PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO**

REFERENCIA	CLASIFICACION DEL AUTOR	ATRIBUTO
Giral y González, 1986, México (32).	Tecnológicos.	Situación de la tecnología. Disminución de la dependencia tecnológica. Posibilidad de éxito del proyecto.
Goltz, 1986 (35).	No clasificados.	Impacto en el medio ambiente. Extensión del desarrollo previsto. Disponibilidad de materias primas. Ventajas comerciales.
Lee et al, 1986 (49).	Factores del mercado.	Tasa de crecimiento del mercado. Participación en el mercado. Volumen de ventas esperado. Penetración en el mercado. Efecto de ser el primero en el mercado.
	Factores técnicos.	Acumulación tecnológica en el proceso. Probabilidad de éxito técnico. Urgencia de solucionar el problema técnico. Tiempo requerido para la etapa de investigación y desarrollo. Disponibilidad de los recursos requeridos.
	Factores económico-financieros.	Rentabilidad. Tiempo de recuperación de la inversión. Valor presente neto. Costo del proyecto. Relación costo-beneficio.
	Factores del entorno y estratégicos.	Efecto en la sustitución de importaciones. Congruencia con la estrategia de largo plazo de la empresa Generador de estrategias de largo plazo. Políticas gubernamentales. Reputación e imagen de la empresa.

**JUEGOS DE ATRIBUTOS PROPUESTOS POR DIVERSOS AUTORES
PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO**

REFERENCIA	CLASIFICACION DEL AUTOR	ATRIBUTO
Lee et al, 1986 (49).	Factores del entorno y estratégicos.	Efecto en las estrategias de corto plazo o de contingencia.
Instituto de Investigaciones Electricas, México, 1986 (43).	De evaluación preeliminar.	Base científica del proyecto. Cantidad, congruencia y definición de los objetivos propuestos. Disponibilidad de los recursos requeridos. Grado de documentación. Importancia de los resultados esperados.
	Objetivos perseguidos	Grado de novedad mundial de la tecnología. Grado de novedad nacional de la tecnología. Nivel de creatividad del proyecto.
	Recursos humanos.	Formación del equipo. Capacidad actual del equipo.
	Recursos materiales.	Disponibilidad de los recursos materiales necesarios. Nivel y disponibilidad del financiamiento de los proyectos. Nivel de apoyo en los Planes Nacionales de Investigación y Desarrollo.
	Viabilidad del proyecto.	Adecuación de medios a objetivos. Rigor científico o tecnológico del planteamiento. Grado de planificación.
	Otros.	Relación con áreas científicas o tecnológicas que se prevén fundamentales en el futuro. Interés estratégico. Interés económico.

**JUEGOS DE ATRIBUTOS PROPUESTOS POR DIVERSOS AUTORES
PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO**

REFERENCIA	CLASIFICACION DEL AUTOR	ATRIBUTO
Instituto de Investigaciones Electricas, México, 1986 (43).	Otros.	<p>Incidencia tecnológica en el área correspondiente.</p> <p>Repercusión en la infraestructura de I/D de la empresa.</p> <p>Efecto sobre los recursos científico-tecnológicos del sector o empresa.</p> <p>Nivel de apoyo del usuario.</p> <p>Nivel de apoyo de la empresa.</p> <p>Estimación de la posible rentabilidad de los resultados.</p> <p>Inercia tecnológica sobre la empresa, sector o país.</p> <p>Grado de oportunidad.</p>
Nelson, 1986 (63).	Tecnológicos.	<p>Enfasis (necesidad estratégica).</p> <p>Estado del Arte.</p> <p>Generación de nuevos productos.</p> <p>Mejora de la productividad.</p> <p>Mejora de las condiciones de trabajo.</p> <p>Flexibilidad del proceso.</p>
	Recursos disponibles.	<p>Condiciones del equipo.</p> <p>Edad del equipo.</p> <p>Adaptabilidad del equipo para el desarrollo del proyecto.</p>
	Elasticidad.	<p>Sensibilidad de la capacidad del proceso a incrementos en la demanda.</p>
	Financieros.	<p>Relación costo-presupuesto.</p> <p>Valor presente neto.</p>
Luukkonen-Gronow, 1987 (52).	No clasificados.	<p>Recursos disponibles.</p> <p>Nivel del conocimiento científico y tecnológico disponible.</p>

**JUEGOS DE ATRIBUTOS PROPUESTOS POR DIVERSOS AUTORES
PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO**

REFERENCIA	CLASIFICACION DEL AUTOR	ATRIBUTO
Xiao, 1987 (96).	Factores de la investigación.	Prioridad de la investigación. Originalidad del problema. Claridad de los objetivos.
	Factores del proceso.	Originalidad del enfoque. Factibilidad de la solución. Efectos secundarios. Capacidad del líder del grupo.
	Económico.	Requerimiento de fondos.
	Beneficios del proyecto.	Impacto científico. Efectos económicos. Contribución al bienestar social. Valor académico.

APENDICE 2

PROGRAMA DE COMPUTO DEL METODO DE RACIONALIZACION DE PREFERENCIAS

Algoritmo del Programa de Cómputo

1.- Lee el vector de nombres de los proyectos:

$$\text{NPROJ}(i) \quad i = 1, 2, \dots, \text{NP}$$

2.- Lee el vector de nombres de atributos:

$$\text{NATR}(j) \quad j = 1, 2, \dots, \text{NA}$$

3.- Lee el vector de factores de peso de los atributos $W(j)$:

$$\text{PEATR}(j) \quad j = 1, 2, \dots, \text{NA}$$

4.- Lee la matriz de impacto $Z(i,j)$:

$$\text{CALPROJ}(i,j) \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, \text{NP} \\ j = 1, 2, \dots, \text{NA} \end{array}$$

5.- Determina el denominador de discordancia:

$$\text{DENDOM} = \sum_{j=1}^{\text{NA}} \text{PEATR}(j)$$

6.- Construcción de la matriz de concordancia

$$\text{CONPROJ}(i,k) \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, \text{NP} \\ k = 1, 2, \dots, \text{NP} \end{array}$$

6.1 Invalidación de la diagonal principal

$$\text{CONPROJ}(i,k) = -1 \quad \text{para todo } i = k$$

6.2 Construcción del vector de ventajas de atributos

$$\text{VENATR}(j) \quad j = 1, 2, \dots, \text{NA}$$

6.3 Comparación de elementos

Si:

$$\text{CALPROJ}(i,j) \geq \text{CALPROJ}(m,j), \text{ entonces: } \text{VENATR}(j) = \text{PEATR}(j)$$

$$\text{CALPROJ}(i,j) < \text{CAPROJ}(m,j), \text{ entonces: } \text{VENATR}(j) = 0$$

para todo $j = 1, 2, \dots, \text{NA}$

6.4 Determina el numerador de dominancia

$$\text{NUMDOM} = \sum_{l=1}^{\text{NA}} \text{VENATR}(l)$$

6.5 Construye la matriz de concordancia $C(i,j)$

Si:

$$i = m, \text{ entonces: } \text{CONPROJ}(i,m) = -1$$

$$i \neq m, \text{ entonces: } \text{CONPROJ}(i,m) = \frac{\text{NUMDOM}}{\text{DENDOM}}$$

para todo:

$$m = 1, 2, \dots, \text{NP}$$

$$i = 1, 2, \dots, \text{NP}$$

7 Determinación del denominador de discordancia

Si:

$CALPROJ(i,j) \geq DENDIS$, entonces: $DENDIS = CALPROJ(i,j)$

$CALPROJ(i,j) \geq DENDIS$, entonces: $DENDIS = DENDIS$

para todo:

$j = 1, 2, \dots, NP$

$i = 1, 2, \dots, NP$

8 Construcción de la matriz de discordancia $d(i,j)$

$DISPROJ(i,m)$

8.1 Construcción del vector de discordancias de atributos

$DISATR(j) = CALPROJ(m,j) - CALPROJ(i,j)$

para todo $j = 1, 2, \dots, NA$

8.2 Determinación del numerador de discordancia

Si:

$DISATR(j) \geq NUMDIS$, entonces: $NUMDIS = DISATR(j)$

$DISATR(j) < NUMDIS$, entonces: $NUMDIS = NUMDIS$

8.3 Construye la matriz de discordancia $d(i,j)$

$$\text{DISPROJ}(i,m) = \frac{\text{NUMDIS}}{\text{DENDIS}}$$

para todo:

$$\begin{aligned} m &= 1, 2, \dots, \text{NP} \\ i &= 1, 2, \dots, \text{NP} \\ i &\neq m \end{aligned}$$

9 Determinación del rango de concordancia

Si:

$$i = 1 \text{ y } m = 2, \text{ entonces: } \text{RANCON} = \text{DISPROJ}(i,m)$$

$$\text{RANCON} < \text{DISPROJ}(i,m), \text{ entonces: } \text{RANCON} = \text{DISPROJ}(i,m)$$

$$\text{RANCON} \geq \text{DISPROJ}(i,m), \text{ entonces: } \text{RANCON} = \text{RANCON}$$

para todo:

$$\begin{aligned} m &= 1, 2, \dots, \text{NP} \\ i &= 1, 2, \dots, \text{NP} \\ i &\neq m \end{aligned}$$

10 Determinación del rango de discordancia

Si:

$i = 1$ y $m = 2$, entonces: $RANDIS = DISPROJ(i,j)$

$RANDIS \geq DISPROJ(i,m)$, entonces: $RANDIS = DISPROJ(i,m)$

$RANDIS < DISPROJ(i,j)$, entonces: $RANDIS = RANDIS$

para todo:

$m = 1, 2, \dots, NP$

$i = 1, 2, \dots, NP$

$i \neq m$

11 Construcción de la matriz de selección

Si:

$CONPROJ(i,m) \geq RANCON$, y

$DISPROJ(i,m) \leq RANDIS$, entonces: $SELPROJ(i,m) = 1$

$CONPROJ(i,m) < RANCON$, ó

$DISPROJ(i,m) > RANDIS$, entonces: $SELPROJ(i,m) = 0$

para todo:

$m = 1, 2, \dots, NP$

$i = 1, 2, \dots, NP$

$i \neq m$

12 Construcción de la transpuesta de la matriz de selección

$$\text{SELTRA}(m,i) = \text{SELPROJ}(i,m)$$

para todo:

$$m = 1, 2, \dots, \text{NP}$$

$$i = 1, 2, \dots, \text{NP}$$

13 Construcción de la matriz de unión

$$\text{UNIPRO}(i,m) = \text{SELPROJ}(i,m) - \text{SELTRA}(i,m)$$

para todo:

$$m = 1, 2, \dots, \text{NP}$$

$$i = 1, 2, \dots, \text{NP}$$

14 Selección de Proyectos

Si:

$$\text{UNIPRO}(i,m) = 0, \text{ ó}$$

$\text{UNIPRO}(i,m) = 1$, entonces: el proyecto i es sobreclasificado;
 $i \in S$

$\text{UNIPRO}(i,m) = -1$, entonces: el proyecto i es desechado;
 $i \in (A - S)$

para todo:

$$m = 1, 2, \dots, \text{NP}$$

$$i = 1, 2, \dots, \text{NP}$$

$$i \neq m$$

```

D Line# 1      7      Microsoft FORTRAN77 V3.20 02/84
1 C23456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012
2 PROGRAM ELECTRA
3 DIMENSION PEATR(20),CALPRO(30,20),CONPRO(30,20),VENATR(20)
4 DIMENSION DISPRO(30,20),DISATR(20),SELPRO(30,20),SELTRA(20,30)
5 DIMENSION UNIPRO(30,30)
6 CHARACTER*30 ARCENT,ARCSAL
7 REAL NUMDIS
8 INTEGER SELPRO,SELTRA,UNIPRO
9 WRITE(*,*)' DAR EL NOMBRE DEL ARCHIVO DE ENTRADA '
10 READ(*,10)ARCENT
11 WRITE(*,*)ARCENT
12 WRITE(*,*)' DAR EL NOMBRE DEL ARCHIVO DE SALIDA '
13 READ(*,10)ARCSAL
14 10 FORMAT(1A30)
15 OPEN(5,FILE=ARCENT,STATUS='OLD')
16 OPEN(6,FILE=ARCSAL,STATUS='NEW')
17 C
18 C LEE EL NUMERO DE PROYECTOS Y EL NUMERO DE ATRIBUTOS
19 C
20 READ(5,*)NP,NA
21 C
22 C LEE EL VECTOR DE PESOS DE ATRIBUTOS
23 C
24 READ(5,*)(PEATR(J),J=1,NA)
25 C
26 C LEE LA MATRIZ DE CALIFICACIONES PROYECTO-ATRIBUTO
27 C
28 DD 1000 I=1,NP
1 29 1000 READ(5,*)(CALPRO(I,J),J=1,NA)
30 C
31 C DETERMINA EL DENOMINADOR DE DOMINANCIA
32 C
33 DENOM=0.0
34 DD 1100 J=1,NA
1 35 1100 DENOM=DENOM+PEATR(J)
36 C
37 C INICIALIZA VALORES
38 C
39 IMP=0
40 DD 1200 I=1,NP
1 41 DD 1200 J=1,NP
2 42 CONPRO(I,J)=-1.0
2 43 DISPRO(I,J)=-1.0
2 44 SELPRO(I,J)=-1
2 45 1200 UNIPRO(I,J)=2
46 C
47 C CONSTRUYE LA MATRIZ DE CONCORDANCIA DE PROYECTOS
48 C
49 DO 1300 J=1,NA
1 50 1300 VENATR(J)=0.0
51 DO 1600 I=1,NP
1 52 DO 1650 M=1,NP
2 53 IF(I.EQ.M)GOTO 1350
2 54 DO 1400 J=1,NA
3 55 IF(CALPRO(I,J).GE.CALPRO(M,J))VENATR(J)=PEATR(J)
3 56 1400 CONTINUE
3 57 NUMDOM=0.0
3 58 DO 1500 J=1,NA
3 59 1500 NUMDOM=NUMDOM+VENATR(J)

```

```

D Line# 1 7
2 60 CONPRO(I,M)=NUMDOM/DENDOM
2 61 DO 1450 J=1,NA
2 62 1450 VENATR(J)=0.0
2 63 1350 CONTINUE
2 64 1650 CONTINUE
1 65 1600 CONTINUE
66 C
67 C DETERMINA EL DENOMINADOR DE DISCORDANCIA
68 C
69 DENDIS=0.0
70 DO 1700 I=1,NP
1 71 DO 1700 J=1,NA
2 72 IF(CALPRO(I,J).GE.DENDIS)DENDIS=CALPRO(I,J)
2 73 1700 CONTINUE
74 C
75 C CONSTRUCCION DE LA MATRIZ DE DISCORDANCIA DE PROYECTOS
76 C
1 77 DO 2000 I=1,NP
2 78 DO 2000 M=1,NP
2 79 IF(I.EQ.M)GOTO 2000
2 80 DO 1800 J=1,NA
2 81 1800 DISATR(J)=CALPRO(M,J)-CALPRO(I,J)
2 82 NUMDIS=DISATR(1)
2 83 DO 1900 J=1,NA
3 84 IF(DISATR(J).GE.NUMDIS)NUMDIS=DISATR(J)
2 85 1900 CONTINUE
2 86 IF(NUMDIS.LE.0.0)NUMDIS=0.0
2 87 DISPRO(I,M)=NUMDIS/DENDIS
2 88 2000 CONTINUE
89 C
90 C DETERMINA EL RANGO DE CONCORDANCIA
91 C
92 RANCON=DISPRO(1,2)
1 93 DO 2100 I=1,NP
2 94 DO 2100 J=1,NP
2 95 IF(I.EQ.J)GOTO 2100
2 96 IF(ABS(DISPRO(I,J)-1.0).LE.0.00001)GOTO 2050
2 97 IF(RANCON.LT.DISPRO(I,J))RANCON=DISPRO(I,J)
2 98 2050 CONTINUE
2 99 2100 CONTINUE
100 C
101 C DETERMINA EL RANGO DE DISCORDANCIA
102 C
103 RANDIS=DISPRO(1,2)
1 104 DO 2200 I=1,NP
2 105 DO 2200 J=1,NP
2 106 IF(I.EQ.J)GOTO 2200
2 107 IF(ABS(DISPRO(I,J)).LE.0.00001)GOTO 2200
2 108 IF(RANDIS.GT.DISPRO(I,J))RANDIS=DISPRO(I,J)
2 109 2200 CONTINUE
110 C
111 C CONSTRUCCION DE LA MATRIZ DE SELECCION
112 C
113 3300 CONTINUE
1 114 DO 2300 I=1,NP
2 115 DO 2300 J=1,NP
2 116 IF(I.EQ.J)GOTO 2300
2 117 IF((CONPRO(I,J).GE.RANCON).AND.(DISPRO(I,J).LE.RANDIS))THEN
2 118 SELPRO(I,J)=1

```

```

D Line# 1 7
2 119 ELSE
2 120 SELPRO(I,J)=0
2 121 ENDIF
2 122 2300 CONTINUE
123 C
124 C CONSTRUCCION DE LA TRANSPUESTA DE LA MATRIZ DE SELECCION
125 C
126 DO 2400 I=1,NP
127 DO 2400 J=1,NP
2 128 2400 SELTRA(J,I)=SELPRO(I,J)
129 C
130 C CONSTRUCCION DE LA MATRIZ DE UNION
131 C
132 DO 2500 I=1,NP
133 DO 2500 J=1,NP
2 134 IF(I.EQ.J)GOTO 2500
2 135 UNIPRO(I,J)=SELPRO(I,J)+SELTRA(I,J)
2 136 2500 CONTINUE
137 C
138 C IMPRIME RESULTADOS
139 C
140 IF(IMP.EQ.0)WRITE(6,*)' PESOS DE LOS ATRIBUTOS '
141 IF(IMP.EQ.0)WRITE(*,*)' PESOS DE LOS ATRIBUTOS '
142 IF(IMP.EQ.0)WRITE(6,20)(J,PEATR(J),J=1,NA)
143 IF(IMP.EQ.0)WRITE(*,20)(J,PEATR(J),J=1,NA)
144 20 FORMAT(5X,'NO. ',15,5X,'PESO ',F10.3)
145 IF(IMP.EQ.0)WRITE(6,*)' MATRIZ DE CALIFICACIONES PROYECTO-ATRIBUT
146
147 20 IF(IMP.EQ.0)WRITE(*,*)' MATRIZ DE CALIFICACIONES PROYECTO-ATRIBUT
148 20 '
149 DO 2600 I=1,NP
150 IF(IMP.EQ.0)WRITE(6,30)(CALPRO(I,J),J=1,NA)
151 IF(IMP.EQ.0)WRITE(*,30)(CALPRO(I,J),J=1,NA)
152 30 FORMAT(20(2X,FB.3))
153 2600 CONTINUE
154 IF(IMP.EQ.0)WRITE(6,*)' MATRIZ DE CONCORDANCIA DE PROYECTOS '
155 IF(IMP.EQ.0)WRITE(*,*)' MATRIZ DE CONCORDANCIA DE PROYECTOS '
156 DO 2700 I=1,NP
157 IF(IMP.EQ.0)WRITE(6,40)(CONPRO(I,J),J=1,NP)
158 IF(IMP.EQ.0)WRITE(*,40)(CONPRO(I,J),J=1,NP)
159 40 FORMAT(30(1X,FB.3))
160 2700 CONTINUE
161 IF(IMP.EQ.0)WRITE(6,*)' MATRIZ DE DISCORDANCIA DE PROYECTOS '
162 IF(IMP.EQ.0)WRITE(*,*)' MATRIZ DE DISCORDANCIA DE PROYECTOS '
163 DO 2800 I=1,NP
164 IF(IMP.EQ.0)WRITE(6,40)(DISPRO(I,J),J=1,NP)
165 IF(IMP.EQ.0)WRITE(*,40)(DISPRO(I,J),J=1,NP)
166 2800 CONTINUE
167 IF(IMP.EQ.0)WRITE(6,50)DENDOM,DENDIS
168 IF(IMP.EQ.0)WRITE(*,50)DENDOM,DENDIS
169 50 FORMAT(2X,'DENDOM = ',F10.3,2X,'DENDIS = ',F10.3)
170 IF(IMP.EQ.0)WRITE(6,60)RANCON,RANDIS
171 IF(IMP.EQ.0)WRITE(*,60)RANCON,RANDIS
172 60 FORMAT(2X,'RANCON = ',F10.3,2X,'RANDIS = ',F10.3)
173 WRITE(6,*)' MATRIZ DE SELECCION '
174 WRITE(*,*)' MATRIZ DE SELECCION '
175 DO 2900 I=1,NP
176 WRITE(6,70)(SELPRO(I,J),J=1,NP)
177 WRITE(*,70)(SELPRO(I,J),J=1,NP)

```

```

D Line# 1 7
1 178 70 FORMAT(30(2X,15))
1 179 2900 CONTINUE
180 WRITE(*,*) ' TRANSPUESTA DE LA MATRIZ DE SELECCION '
181 WRITE(*,*) ' TRANSPUESTA DE LA MATRIZ DE SELECCION '
182 DO 3000 I=1, NP
183 WRITE(6,70)(SELTRA(I,J),J=1, NP)
1 184 WRITE(*,70)(SELTRA(I,J),J=1, NP)
1 185 3000 CONTINUE
186 WRITE(6,*) ' MATRIZ DE UNION '
187 WRITE(*,*) ' MATRIZ DE UNION '
188 DO 3100 I=1, NP
1 189 WRITE(6,70)(UNIPRO(I,J),J=1, NP)
1 190 WRITE(*,70)(UNIPRO(I,J),J=1, NP)
1 191 3100 CONTINUE
192 C
193 C IMPRIME LOS PROYECTOS SELECCIONADOS
194 C
195 WRITE(6,90)RANCON,RANDIS
196 WRITE(*,90)RANCON,RANDIS
197 90 FORMAT(2X,'PARA VALORES DE RANCON = ',F10.3,2X,'Y RANDIS = ',
198 2F10.3,'/ 2X,'LOS PROYECTOS SELECCIONADOS SON: ',/)
199 DO 3200 I=1, NP
1 200 INSEL=0
1 201 DO 3150 J=1, NP
1 202 IF(UNIPRO(I,J).EQ.-1)INSEL=1
2 203 3150 CONTINUE
1 204 IF(INSEL.EQ.0)WRITE(6,B0)I
1 205 IF(INSEL.EQ.0)WRITE(*,B0)I
1 206 B0 FORMAT(2X,'EL PROYECTO NO. ',I5,' FUE SELECCIONADO')
1 207 3200 CONTINUE
208 C
209 C PREGUNTA POR NUEVA CORRIDA
210 C
211 WRITE(*,*) ' DESEAS CAMBIAR VALORES DE RANCON Y RANDIS? 1 = SI, 0
212 2 = NO '
213 READ(*,*)INTER
214 IF(INTER.EQ.1)THEN
215 WRITE(*,*) ' DESEAS IMPRESION DE RESULTADOS INTERMEDIOS? 1 =NO, 0
216 2= SI '
217 READ(*,*)INP
218 WRITE(*,*) ' DAME EL NUEVO VALOR DE RANCON '
219 READ(*,*)RANCON
220 WRITE(*,*) ' DAME EL NUEVO VALOR DE RANDIS '
221 READ(*,*)RANDIS
222 WRITE(6,100)RANCON,RANDIS
223 WRITE(*,100)RANCON,RANDIS
224 100 FORMAT(//,2X,'NUEVA CORRIDA CON VALORES DE:',/,2X,'RANCON = ',F10.
225 23,/,2X,'RANDIS = ',F10.3)
226 C
227 C REINICIALIZA VALORES
228 C
229 DO 3400 I=1, NP
1 230 DO 3400 J=1, NP
2 231 SELPRO(I,J)=1
2 232 3400 UNIPRO(I,J)=2
233 GOTD 3300
234 C
235 C TERMINA EL TRABAJO
236 C

```

```

D Line# 1 7
237 ELSE
238 WRITE(*,*) NO SE SELECCIONO UNA NUEVA CORRIDA
239 WRITE(6,*) NO SE SELECCIONO UNA NUEVA CORRIDA
240 WRITE(*,*) FIN DEL TRABAJO
241 WRITE(6,*) FIN DEL TRABAJO
242 ENDDIF
243 END
  
```

Name	Type	Offset	P	Class
ABS				INTRINSIC
ARCENL CHAR*30		15842		
ARCSAL CHAR*30		15872		
CALPRO REAL		8562		
COMPRO REAL		10962		
DENDIS REAL		15986		
DENDOM REAL		15974		
DISATR REAL		15762		
DISPRO REAL		13362		
I	INTEGER*4	15926		
IMP	INTEGER*4	15942		
INDSEL	INTEGER*4	16364		
INTER	INTEGER*4	16420		
J	INTEGER*4	15918		
M	INTEGER*4	15962		
NA	INTEGER*4	15914		
NP	INTEGER*4	15910		
NUMDIS REAL		16010		
NUMDOM	INTEGER*4	15974		
PEATR	REAL	2		
RANCOM REAL		16018		
RANDIS REAL		16030		
SELPRO	INTEGER*4	162		
SELTRA	INTEGER*4	2562		
UNIPRO	INTEGER*4	4962		
VENATR	REAL	82		

Name	Type	Size	Class
ELECTR			PROGRAM

Pass One No Errors Detected
 243 Source Lines

APENDICE 3

EJEMPLO DE APLICACION: MATRICES DE CONCORDANCIA Y DISCORDANCIA

**EJEMPLO DE APLICACION
MATRIZ DE CONCORDANCIA
JUEGO DE ATRIBUTOS DE ADECUACION A OBJETIVOS DE LA EMPRESA**

PROYECTO DOMINANTE	PROYECTO DOMINADO											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	---	0.70	0.20	0.35	0.60	0.30	0.70	0.45	0.70	0.60	0.05	0.30
2	0.90	---	0.15	0.25	0.85	0.60	1.00	0.75	1.00	0.90	0.00	0.30
3	0.95	1.00	---	0.60	0.85	0.60	1.00	1.00	1.00	0.90	0.85	0.30
4	0.95	1.00	0.75	---	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	0.70	0.65
5	0.95	0.95	0.15	0.40	---	0.65	1.00	0.75	1.00	1.00	0.10	0.40
6	0.70	0.75	0.40	0.05	0.65	---	1.00	1.00	1.00	1.00	0.30	0.10
7	0.55	0.30	0.05	0.00	0.30	0.25	---	0.75	1.00	0.60	0.00	0.05
8	0.55	0.30	0.30	0.00	0.25	0.25	0.95	---	1.00	0.60	0.25	0.05
9	0.30	0.05	0.05	0.00	0.00	0.25	0.70	0.70	---	0.30	0.00	0.00
10	0.65	0.70	0.15	0.00	0.55	0.65	0.95	0.75	1.00	---	0.00	0.05
11	1.00	1.00	1.00	0.75	1.00	0.75	1.00	1.00	1.00	1.00	---	0.45
12	0.95	0.95	0.70	0.85	0.85	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	0.60	---

**EJEMPLO DE APLICACION
MATRIZ DE DISCORDANCIA
JUEGO DE ATRIBUTOS DE ADECUACION A OBJETIVOS DE LA EMPRESA**

PROYECTO DOMINADO	PROYECTO DOMINANTE											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	---	0.40	0.60	0.60	0.60	0.40	0.20	0.20	0.20	0.40	0.60	0.80
2	0.40	---	0.20	0.60	0.60	0.60	0.00	0.20	0.00	0.20	0.60	0.60
3	0.40	0.00	---	0.60	0.60	0.60	0.00	0.00	0.00	0.20	0.60	0.60
4	0.20	0.00	0.20	---	0.20	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.40
5	0.40	0.20	0.40	0.60	---	0.40	0.00	0.20	0.00	0.00	0.40	0.60
6	0.40	0.40	0.60	0.40	0.40	---	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.40
7	0.40	0.40	0.60	0.80	0.80	0.60	---	0.20	0.00	0.40	0.80	0.60
8	0.60	0.40	0.60	0.80	0.80	0.60	0.20	---	0.00	0.40	0.80	0.60
9	0.80	0.60	0.80	0.80	0.80	0.60	0.40	0.40	---	0.40	0.80	0.80
10	0.60	0.40	0.60	0.60	0.40	0.60	0.20	0.20	0.00	---	0.60	0.60
11	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	---	0.40
12	0.60	0.40	0.60	0.60	0.20	0.40	0.20	0.00	0.00	0.00	0.60	---

**EJEMPLO DE APLICACION
MATRIZ DE CONCORDANCIA
JUEGO DE ATRIBUTOS DE DESEMPEÑO ESTIMADO DEL PROYECTO**

PROYECTO DOMINANTE	PROYECTO DOMINADO											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	---	0.32	0.32	0.05	0.34	0.25	0.85	0.57	0.62	0.30	0.22	0.10
2	0.85	---	0.75	0.38	0.85	0.61	0.85	0.93	1.00	0.48	0.78	0.78
3	0.95	0.42	---	0.50	0.92	0.50	0.85	0.85	0.95	0.55	0.50	0.20
4	1.00	0.62	0.60	---	0.75	0.85	0.85	0.90	0.95	0.82	0.55	0.57
5	0.76	0.25	0.28	0.40	---	0.58	0.66	0.55	0.70	0.45	0.10	0.20
6	0.90	0.57	0.50	0.27	0.60	---	0.85	0.82	0.90	0.39	0.35	0.45
7	0.75	0.22	0.42	0.15	0.34	0.15	---	0.42	0.42	0.30	0.27	0.15
8	0.70	0.22	0.50	0.18	0.60	0.35	0.85	---	0.80	0.27	0.48	0.10
9	0.63	0.27	0.38	0.05	0.42	0.25	0.73	0.63	---	0.20	0.33	0.05
10	0.95	0.80	0.60	0.63	0.70	0.80	0.85	1.00	0.80	---	0.58	0.58
11	0.90	0.52	0.90	0.60	0.90	0.65	1.00	1.00	1.00	0.52	---	0.52
12	1.00	0.90	0.80	0.60	0.90	0.73	1.00	0.90	1.00	0.60	0.90	---

**EJEMPLO DE APLICACION
MATRIZ DE DISCORDANCIA
JUEGO DE ATRIBUTOS DE DESEMPEÑO ESTIMADO DEL PROYECTO**

PROYECTO DOMINADO	PROYECTO DOMINANTE											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	---	0.80	0.60	0.80	0.40	0.60	0.60	0.40	0.40	0.80	0.80	0.80
2	0.20	---	0.60	0.40	0.60	0.20	0.80	0.20	0.00	0.40	0.80	0.80
3	0.20	0.60	---	0.40	0.20	0.60	0.20	0.40	0.40	0.60	0.40	0.60
4	0.00	0.40	0.40	---	0.20	0.40	0.40	0.20	0.20	0.40	0.40	0.40
5	0.20	0.40	0.20	0.60	---	0.60	0.20	0.40	0.40	0.60	0.60	0.60
6	0.40	0.60	0.60	0.60	0.40	---	0.60	0.20	0.20	0.40	0.60	0.60
7	0.60	0.80	0.80	0.80	0.60	0.80	---	0.60	0.60	0.80	0.80	0.80
8	0.20	0.80	0.60	0.40	0.60	0.60	0.80	---	0.40	0.40	0.80	0.80
9	0.20	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.80	0.40	---	0.60	0.80	0.80
10	0.20	0.80	0.60	0.40	0.40	0.60	0.40	0.00	0.40	---	0.80	0.80
11	0.20	0.20	0.40	0.40	0.20	0.40	0.00	0.00	0.00	0.40	---	0.20
12	0.00	0.40	0.40	0.20	0.20	0.20	0.00	0.20	0.00	0.40	0.40	---