

27



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

EVALUACION, SELECCION Y JERARQUIZACION DE PROYECTOS DE I&DT.

TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERO QUIMICO PRESENTA MAURICIO IBARMEA ELIZALDE



MEXICO, D. F.



EXAMENES PROFESIONALES FIC. DE QUIMICA

1999

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

271303



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 esta 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.

P

/

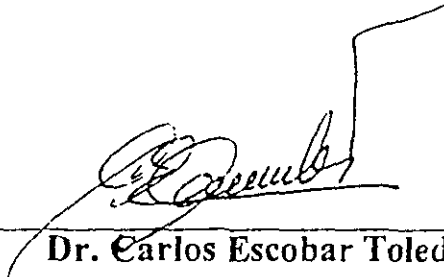
D

JURADO ASIGNADO:

Presidente	<u>Prof. Carlos E. Escobar Toledo.</u>
Vocal	<u>Prof. José Luis Padilla de Alba.</u>
Secretario	<u>Prof. Ma. del Rocío Cassaigne Hernández.</u>
1er. Suplente	<u>Prof. Fernando de Jesús Rodríguez Rivera.</u>
2do. Suplente	<u>Prof. Alejandro Vega Sánchez.</u>

Sitio donde se desarrolló el tema:

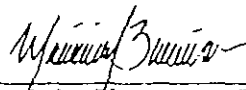
**Departamento de Administración Industrial,
Facultad de Química, UNAM**



Dr. Carlos Escobar Toledo
Asesor del tema



M. en C. Ma. del Rocío Cassaigne Hernández
Supervisor Técnico



Mauricio Ibarnea Elizalde
Sustentante

DEDICATORIA

A Dios:

Por otorgarme la oportunidad
de realizar una carrera universitaria...

A mis Padres:

Porque en su gran amor, ejemplo, esfuerzo y apoyo
se encuentran los fuertes cimientos de lo que ahora soy...

A mi Abuela "Pepa":

Por su ejemplo de tenacidad y amor a la vida...

A Alejandra y Alejandro:

Por todo el cariño que nos une...

A Jenni:

Por compartir juntos los pequeños sacrificios
y las grandes alegrías de estos últimos años...

A mis amigos,

En especial a Jesús, Norma, Marcos, Jorge, Cuauh,

Luis, Verónica, Willy, Ana e Isaías:

Por enseñarme el valor de la amistad...

AGRADECIMIENTOS

Dr. Carlos E. Escobar Toledo.
Por su gran apoyo y asesoría brindada para
la realización de la presente tesis.

M. en C. Ma. del Rocío Cassaigne Hernández.
Por la confianza y oportunidad de participar
y desarrollarme en el proyecto previo a la presente tesis.

A la Facultad de Química de la UNAM.
Por haberme formado profesionalmente...

INDICE

		Página
Introducción		1
Capítulo I	Alineación de la Estrategia Tecnológica con la Estrategia Corporativa	12
	1.1 El proceso de planeación	14
	1.2 La tecnología	19
Capítulo II	El Marco Estratégico de la I&DT	37
	2.1 La I&DT dentro del proceso de innovación tecnológica	39
	2.2 El paradigma de la administración de la tecnología	41
	2.3 El marco estratégico de la I&DT	54
Capítulo III	Métodos de Evaluación y Selección de Proyectos de I&DT	71
	3.1 La selección de proyectos en I&DT	72
	3.2 Clasificación de los modelos	75
	3.3 Utilización de los modelos y límites	78
	3.4 Métodos para la selección de proyectos de I&DT	80
	3.5 Comentarios sobre los métodos de evaluación, selección y jerarquización de proyectos.	94
	3.6 Factores e información relevantes en la evaluación, selección y jerarquización de proyectos de I&DT	96
Capítulo IV	Métodos Multicriterio para la Evaluación, Selección y Jerarquización de Proyectos de I&DT	107
	4.1 Análisis estratégicos: coherencia estratégica y la utilización de métodos multicriterio	108
	4.2 Métodos multicriterio compensatorios	110
	4.3 Métodos multicriterio no-compensatorios	112
	4.4 Ejemplos de aplicación de las técnicas multicriterio	129
Capítulo V	Ejemplo de Aplicación	144
	5.1 Características de la empresa estudiada	145
	5.2 Marco de referencia	145
	5.3 Desarrollo del ejercicio	146
	5.4 Análisis de resultados	165
	5.5 Memoria de cálculo	168
Capítulo VI	Conclusiones y Recomendaciones	186
Apéndice Matemático		A-1
Anexo 1		
Bibliografía		

INTRODUCCIÓN

La presente introducción tiene por objeto crear un marco de referencia para analizar las diferentes metodologías que se utilizan para evaluar, jerarquizar y optimizar una cartera de proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico (I&DT).

Este marco de referencia consta de dos objetivos, el primero se refiere a analizar y comparar el comportamiento de ciertos indicadores que muestran la evolución y el desarrollo de la Ciencia y Tecnología en México, considerando este macrosistema como parte del suprasistema económico y social de nuestro país.

El segundo objetivo consiste en tomar como finalidad que la construcción de una cartera de proyectos de I&DT sólo puede darse en el marco de una Planeación Tecnológica dentro de una empresa, sea esta pública o privada. Esta Planeación Tecnológica debe a su vez alinearse a la estrategia global de la empresa, que tal como su nombre lo indica nace de su planeación estratégica y por lo tanto, de su misión, sus objetivos y metas de corto y largo plazo.

En efecto, la mayoría de las empresas que han sobrevivido a la apertura económica y a las rescisiones recurrentes, han realizado desde la década de los 80's grandes esfuerzos para modernizar sus sistemas administrativos y financieros. Sin embargo, a largo plazo las industrias deberán modernizar también los aspectos tecnológicos de sus procesos de producción para ser más competitivas en un entorno globalizado.

Esta modernización es la más costosa y con tiempos de la recuperación de la inversión a más largo plazo. Sin embargo, el no hacerla conduce, inevitablemente, a la pérdida de competitividad y en consecuencia de los mercados, con la obvia desaparición de las empresas.

Por otra parte, para que una empresa de cualquier sector económico dedique recursos a la investigación y desarrollo, tiene que percibir que la inversión que realizará es al menos, económicamente rentable y que, por lo tanto, se traducirá en un incremento futuro de las utilidades. La percepción de la productividad de la Investigación y Desarrollo, no es, sin embargo, solamente la rentabilidad.

En efecto, otros factores que analizaremos en esta tesis y que tienen que ver con el concepto de *atributos*, son igualmente importantes para el análisis de una cartera de I&DT ya que provocan una sinergia de competitividad a través de la empresa. Es cierto que la empresa tiene que evaluar los costos en que incurriría si desarrolla o adquiriera una nueva tecnología, comparando éstos con el incremento en los flujos de ingreso que se derivarían de haber introducido esta nueva tecnología. Dentro de estos costos será siempre necesario tomar en consideración el costo de oportunidad de los recursos dedicados a la I&DT.

En las economías modernas, el conocimiento científico y tecnológico se ubica como uno de los factores que favorecen, a través de la innovación tecnológica, a la competitividad y el crecimiento económico y por tanto, a la generación de empleos y mayor bienestar en la sociedad.⁽¹⁾

En este mismo sentido, uno de los recursos que juega un papel fundamental dentro de las empresas para llevar a cabo su misión, objetivos y estrategias es la tecnología.⁽²⁾

La tecnología, como factor importante de generación de la ventaja competitiva a la que las empresas aspiran en la actualidad, es una herramienta útil para poder crecer en un ambiente con una tendencia cada vez más acelerada y creciente hacia la globalización.

A través de la incorporación de tecnologías en productos nuevos, en la innovación de procesos o en cualquiera de las actividades de la cadena de valor agregado como la mercadotecnia, calidad de servicios, etc., es posible lograr esta competitividad que ha forzado a las empresas a reconocer la importancia de alinear las estrategias tecnológicas con la estrategia general del negocio.

En el proceso de innovación, se describe el proceso por el cual la tecnología es utilizada para el beneficio del negocio, (ya sea en la innovación de productos o en la innovación de procesos).

La Investigación, como el conjunto de trabajos destinados al descubrimiento de nuevas técnicas en el campo de las ciencias y la actividad más teórica dentro del proceso de innovación, y el Desarrollo como la aplicación a objetivos prácticos específicos de los resultados de la Investigación, juegan un papel determinante en la correcta aplicación del potencial tecnológico a los intereses estratégicos de la organización. Sin la suficiente inversión en Investigación y Desarrollo (IyD), los productos de las empresas no pueden irrumpir con calidad y precios competitivos en los mercados internacionales.

A pesar de que no es posible establecer una relación de causa directa, existe una alta evidencia de correlación entre la intensidad de los esfuerzos realizados para la promoción de actividades científicas y tecnológicas y el nivel de desarrollo de los países.

Así, existe la evidencia empírica de que la búsqueda constante de la competitividad soportada por la aplicación sostenida de la investigación y el desarrollo tecnológico contribuye sensiblemente al establecimiento de empresas fuertes, con capacidad de innovar, preparadas para participar en la competencia por los mercados en un contexto internacional.⁽¹⁾

Por otra parte, se ha observado que las organizaciones altamente productivas son aquellas que utilizan su capital, trabajo y recursos materiales para crear productos de valor en forma más efectiva que otras. Una medida utilizada por los economistas de esta efectividad es el "Factor Total de Productividad" (TFP por sus siglas en Inglés).⁽⁷⁾

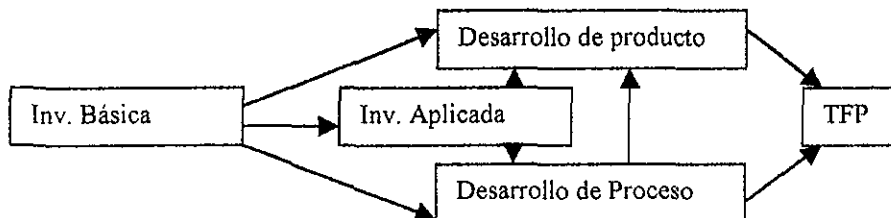
El índice del TFP es la relación de las entradas a las salidas. Las salidas son medidas por el valor real de las ventas netas, mientras que las entradas son medidas por la combinación de los factores de producción utilizados para producir las salidas.

$$TFP = \frac{\text{ventas netas}}{[\text{trabajo}]^{\alpha} [\text{capital}]^{\beta} [\text{material}]^{\gamma}}$$

El TFP de crecimiento en el tiempo (ΔTFP) es medido en términos de diferencias en valores de entradas y salidas. El "exceso" en crecimiento de las salidas en relación a las entradas medidas es causado por el cambio tecnológico, o para ser más precisos, al conocimiento tecnológico adquirido. Cuando los esfuerzos en la IyD son utilizados como una variable para determinar el grado de cambio tecnológico y se añade a otros factores de la producción, se ha encontrado que puede determinar ganancias según datos estimados estadísticamente desde un 30 hasta más del 100% de los recursos invertidos en IyD.

Una investigación realizada en 15 empresas de la Industria Químico-Farmacéutica (Bean 1995) demostró que las ganancias en el factor total de productividad de la organización están directamente relacionadas a la intensidad de sus investigaciones en IyD, principalmente a la investigación para el desarrollo de productos y procesos.

Se encontró que el TFP no está directamente relacionado a la Investigación Básica o a la Investigación Aplicada. Sin embargo, sí se encuentra directamente relacionado a las inversiones en el desarrollo de productos y de procesos. Análisis posteriores revelaron una fuerte relación entre la Investigación Básica y el desarrollo de productos y procesos y una fuerte relación entre la Investigación Básica y la Investigación Aplicada. Esto último nos parece indicar que la Investigación Básica contribuye fuertemente a las actividades de desarrollo de productos y procesos que conllevan directamente a un crecimiento de la productividad.



Es interesante mencionar que como conclusiones a la investigación realizada en este ejemplo de las empresas químico farmacéuticas⁽⁷⁾, se encontró que:

- La intensidad en la IyD no es la única respuesta al mejoramiento del desempeño, es necesario acoplarla hacia el desarrollo de producto y de proceso.
- A mayor nivel de investigación básica y aplicada incluida en los programas de IyD, mayor será la contribución del desarrollo de productos y procesos en el crecimiento anual del TFP.
- Mientras mayor sea la complejidad de la estructura organizacional de la IyD, menor es el crecimiento del TFP.

- Entre mayor sea el horizonte de planeación de las empresas así como el intervalo entre la revisión de los programas estratégicos, mayor es el crecimiento del TFP.
- Entre más altas sean las expectativas de los administradores acerca de la contribución de los conocimientos técnicos a los objetivos de la empresa, mayor es el crecimiento del TFP.

Por otra parte, la experiencia mexicana en la innovación e introducción de nuevas tecnologías de producción o servicio ha sido muy pobre. Como más adelante especificaremos, menos del 1% del producto interno bruto (PIB) se dedica al gasto en desarrollo e introducción de éstas nuevas tecnologías. En comparación con varias otras economías, el desarrollo tecnológico se ha constituido como la principal fuente de crecimiento. La introducción de nuevas tecnologías en los procesos productivos se traduce en un incremento de la productividad de los factores utilizados y por lo mismo, en un mayor nivel de producción y calidad incluso para la misma cantidad de factores utilizados. Así mismo, en un contexto en el cual los niveles de competencia, tanto en los mercados internos como en el exterior, son cada vez más intensos, la inversión en Investigación y Desarrollo es, a mediano y largo plazo, la única forma de conservar los niveles de competitividad de las empresas y, por lo tanto es un factor indispensable para la sobrevivencia de las mismas.

El cambio tecnológico ha sido uno de los determinantes más importantes del desarrollo económico y social de los países desarrollados. Para tales naciones, varios estudios han demostrado (*Baily y Chakrabarty*⁵, 1988; *Bhalla*⁸, 1987), que más del 50% de crecimiento del largo plazo proviene de los cambios tecnológicos, los que a su vez mejoran la productividad o llevan a la creación de nuevos productos, procesos, inclusive industrias. Por esta razón, se cuestiona la forma en que la ciencia y la tecnología y, por lo tanto la I&DT, deben efectivamente ser usados por países en los que como México es urgente incrementar el desarrollo económico y social. Desde este punto de vista también las instituciones de investigación nacionales, incluidos los Centros de Educación Superior son sujetos del marco de una política tecnológica nacional y deben responder a los requerimientos de la planeación tecnológica de las empresas, e incluso si ésta no existiera promoverla, para que el producto de estas investigaciones tengan consecuencias positivas en su desarrollo en el marco de una política de industrialización que conduzca al país a la competitividad interna y externa ante la globalización de los mercados.

Se tiene ya un conocimiento generalizado sobre la interrelación que existe entre la ciencia y tecnología y los patrones de crecimiento económico y social. A este respecto no hay mucho que ahondar, sino fuera por que ha quedado demostrado que hay una relación directa de causalidad entre la intensidad de la I&DT en un país dado y la importancia de su comercio exterior competitivo (*Escobar y Cassaigne*⁶, 1995).

A partir de la década de los 40 y hasta mediados de la década de los 80, la economía mexicana se desarrolló en un contexto en el cual la política de industrialización adoptada fue la de la sustitución de importaciones. Tal política utilizó como instrumento la protección del sector industrial nacional de la competencia de los productores externos, por medio de aranceles y restricciones cuantitativas y subsidios internos de carácter fiscal, financiero, y los otorgados a los precios de los insumos, principalmente energéticos. Es así

que tal política contó con una base industrial en donde los costos fueran muy altos. Otros efectos negativos derivados del proceso de sustitución de importaciones son los altos costos sedentarios de producción; utilidades extranormales de las empresas; uso de tecnologías de producción poco productivas e intensivas en capital; baja generación de empleos permanentes, pero tal vez el más importante por su trascendencia a largo plazo fue el reducido cambio tecnológico. Por otra parte la misma política se orientó primordialmente a la sustitución de bienes de consumo volviendo dependientes del exterior a la gran mayoría de las empresas.

Así, al operar en un contexto de mercados internos cautivos, las empresas del sector industrial no consideraron necesario destinar recursos al desarrollo de tecnologías modernas, a costa de sacrificar utilidades, terminando por utilizar técnicas obsoletas de producción.

En la década de los 80 la misma política se había traducido en un significativo atraso tecnológico de la industria nacional frente a los países desarrollados y los nuevos industrializados, los cuales optaron por una política de apertura global, o por una de desarrollo basada en el fomento de las exportaciones con apoyo gubernamental a la investigación y desarrollo de tecnología.

La entrada de México al GATT (Acuerdo General sobre Aranceles y Comercio) en 1986 y posteriormente el TLC en 1994 dieron la pauta a nuevos paradigmas tecnológicos a los cuales se debió responder con estrategias y políticas distintas a las que anteriormente se venían utilizando.

Como ejemplo de estas nuevas estrategias, el Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994, el programa para la Modernización Educativa para el mismo periodo y el programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica 1990-1994, ponen énfasis en la necesidad de utilizar la investigación científica y tecnológica como palanca de desarrollo.⁽³⁾

El Comité Nacional de Concertación Tecnológica, creado en 1992 por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) propuso tres objetivos fundamentales que bosquejan los elementos principales en los cuales se tendrá que basar la política tecnológica gubernamental:

1. Facilitar el enlace entre empresas que requieren de tecnologías y los centros de enseñanza y de investigación del país que están en posibilidad de satisfacer sus requerimientos en capacitación y asimilación, adaptación y desarrollo tecnológico.
2. Intensificar la comunicación y coordinación entre instancias públicas que comparten responsabilidades y retos en términos de IyD, así como entre éstas e instituciones académicas que permitan la concertación de acciones para la modernización tecnológica.
3. Propiciar el desarrollo de un esquema integral de financiamiento.⁽⁶⁾

Es por ello que, el avance tecnológico sostenido está fundamentado principalmente en una política de formación de recursos humanos especializados en todos los campos del

conocimiento y de inversión en actividades de Investigación y Desarrollo experimental (IDE) apoyada por la prestación de Servicios Científicos y Tecnológicos (SCyT).⁽¹⁾

Sin embargo, de acuerdo con los datos presentados por la Secretaría de Educación Pública (SEP) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), 1996, se observa que en el periodo comprendido entre 1980 y 1996, el 94.3% de las patentes registradas en México fue de origen extranjero.

En el periodo comprendido en el inicio de los ochenta y 1994, la calidad de los resultados científicos de mexicanos fue decayendo a una tasa anual del 2.5%⁽³⁾, mientras que, incluso en países como Nueva Guinea creció a razón del 6% anual (Science, 1997).

El Gasto Federal en Ciencia y Tecnología (GFCyT) que describe los recursos que el Gobierno Federal destina para el financiamiento de las actividades científicas tecnológicas observa un comportamiento similar al de la actividad económica nacional, presentando variaciones más acentuadas en algunos años. A pesar de las fluctuaciones registradas en dicho periodo, la tendencia a largo plazo de este indicador ha sido creciente, la relación de la intensidad del GFCyT con respecto al PIB en 1997 presenta un valor de 0.42%, cifra que resulta mayor a la de años anteriores. Sin embargo, hasta ahora el nivel de los recursos que se asignan a estas actividades, medido como proporción del producto interno bruto se encuentran en un nivel por debajo de lo deseable.⁽⁵⁾

GASTO FEDERAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA 1980-1997

Años	GFCyT ¹ (Miles de pesos)		Relación GFCYT/PIB %
	A precios corrientes	A precios de 1993	
1980	19,193	3,838,600	0.41
1985	167,885	3,497,604	0.34
1990	2,035,173	3,142,154	0.28
1991	3,156,053	3,953,467	0.33
1992	3,612,937	3,955,915	0.32
1993	4,587,643	4,587,643	0.37
1994	5,766,182	5,325,743	0.41
1995	6,483,656	4,342,994	0.35
1996	8,839,640	4,570,651	0.35
1997	13,379,927	5,812,305	0.42

Fuente: SEP- Conacyt. 1998. Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas. México

Por otra parte, al referirnos al Gasto Interno en Investigación y Desarrollo Experimental (GIDE) que señala las erogaciones realizadas por los diferentes sectores de la economía en la ejecución de actividades de investigación y desarrollo experimental, al ser analizado con respecto a su relación con el PIB y comparado con las economías de otros países presenta también niveles lejanos con respecto a países líderes como Alemania, E.U.A o Japón e incluso menor que el de Turquía y Grecia.

PARTICIPACIÓN DEL GIDE EN EL PIB, 1995

País	GIDE/PIB
	%
Alemania	2.27
Canadá	1.60
EUA	2.58
España ²	0.82
Grecia ¹	0.49
Japón ²	2.64
México	0.31
Turquía	0.39

Notas: ¹ Datos de 1993

² Datos de 1994

Fuentes: INEGI-Conacyt, Encuesta sobre Investigación y desarrollo experimental 1996
OCDE, Main Science and Technology Indicators, 1996

En cuanto a Recursos Humanos en Ciencia y Tecnología, México se encuentra muy por debajo de los países más desarrollados como se puede apreciar en la tabla que se presenta a continuación.

PERSONAL DEDICADO A IDE POR PAÍS

Número de personas en Equivalente a Tiempo Completo.

País	Personal total	
	Miles	Por cada 10,000 de Fuerza laboral
Alemania(1993)	475	120
Canadá(1993)	127	86
EUA(1993)	n.d.	n.d.
España(1994)	81	51
Francia(1994)	315	124
Italia(1994)	144	63
Japón(1994)	828	125
México(1995)	33	9
Reino Unido(1993)	279	98
Suecia(1993)	56	130

Nota: n.d. no disponible

Fuentes: INEGI-Conacyt, Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Experimental, 1996.
OECD, Main Science and Technology Indicators, 1996/2

Al observarse como proporción de la Población Económicamente Activa (PEA), en 1995, por cada 10 mil habitantes 9 se dedican a esa actividad. Este indicador refleja niveles claramente inferiores a los de otros países miembros de la OCDE, como Francia (124), Alemania (120) o el Reino Unido (98). El único país de la OCDE que mantiene un nivel similar al de México es Turquía, en donde 8 personas laboran en IDE por cada 10 mil habitantes de la PEA.

De la misma manera, al comparar el número de investigadores del país, se ve que en el caso de México, 5 de cada 10 mil habitantes de la PEA están clasificados en esta categoría. Este número es superior en otros países de la OCDE, como E.U.A (74), Francia (59), Suecia (68). Nuevamente, el único país al cual se le aproxima México es Turquía con 7 por cada 10 mil habitantes de la PEA.⁽¹⁾

Por último, un indicador del bajo nivel de I&DT en la economía mexicana es el número de patentes solicitadas y concedidas en el país. Cifras de 1980 a 1997 indican que las empresas mexicanas presentan un bajo número de solicitudes de patentes tal y como se observa en el cuadro siguiente.

PATENTES SOLICITADAS Y CONCEDIDAS EN MÉXICO, 1980-1997

Año	Solicitadas		Concedidas	
	Nacionales	Extranjeras	Nacionales	Extranjeras
1980	665	4,132	165	1,831
1981	704	4,624	188	2,022
1982	526	4,280	197	2,386
1983	699	3,396	162	2,085
1984	642	3,361	138	1,599
1985	612	3,253	100	1,072
1986	629	3,071	41	946
1987	742	3,509	67	1,089
1988	652	3,748	256	2,902
1989	757	3,817	194	1,947
1990	661	4,400	132	1,487
1991	554	4,707	129	1,231
1992	565	7,130	268	2,892
1993	553	7,659	343	5,840
1994	498	9,446	288	4,079
1995	432	4,961	148	3,390
1996	386	6,365	116	3,070
1997	420	10,111	112	3,832
Total	10,707	91,970	3,044	43,700

Fuente: SEP- Conacyt. 1998. Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas. México

PATENTES CONCEDIDAS EN MÉXICO POR NACIONALIDAD DE LOS TITULARES, 1980-1996

Año	México	Alemania	E.U.A	Francia	Italia	Japón	Reino Unido	Suiza
1980	165	176	1,140	94	52	55	48	64
1981	188	168	1,125	116	61	59	73	59
1982	197	170	1,524	134	59	88	85	59
1983	162	175	1,222	131	52	101	69	64
1984	138	109	981	69	58	88	61	46
1985	100	85	646	66	26	52	37	25
1986	41	73	605	58	21	43	26	20
1987	67	78	625	63	33	69	40	44
1988	256	229	1,697	186	90	183	88	91
1989	194	156	1,237	110	67	84	55	44
1990	132	111	957	69	33	72	49	50
1991	129	95	801	49	30	67	44	34
1992	268	51	2,567	26	22	52	28	36
1993	343	458	3,714	251	138	220	206	256
1994	288	395	2,367	210	99	175	175	228
1995	148	205	2,198	162	83	123	136	109
1996	116	214	2,084	108	51	101	70	101
1997	112	227	2,873	120	44	98	90	112
Total	3,044	3,175	28,463	2,022	1,019	1,730	1,380	1,442

Fuente: SEP- Conacyt. 1998. Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas. México

Al observar la Relación de Dependencia definida como el número de solicitudes de patentes hechas por extranjeros entre el número de solicitudes de nacionales, nuestro país presenta niveles comparables a los de otros países.

Sin embargo, con respecto al Coeficiente de Inventiva que corresponde al número de solicitudes de nacionales por cada 10 mil habitantes y que muestra una clara idea de la proporción de la población que se dedica a actividades tecnológicas, México posee un coeficiente muy bajo en relación al de otros países, superando únicamente a Turquía.

PROMEDIOS DE LA RELACIÓN DE DEPENDENCIA Y COEFICIENTE DE INVENTIVA PARA VARIOS PAISES DE LA OCDE, 1988-1994

País	Relación de Dependencia	Coeficiente de Inventiva
Alemania	1.84	4.7
Bélgica	49.39	0.8
Canadá	13.16	1.0
España	19.19	0.5
E.U.A.	0.95	3.6
Finlandia	5.44	4.2
Francia	4.99	2.2
Grecia	63.40	0.4
Holanda	21.99	1.5
Islandia	4.82	0.9
Italia	7.26	1.4
Japón	0.14	26.4
Luxemburgo	n.d.	1.7
México	10.18	0.1
Noruega	12.34	2.2
Portugal	161.20	0.1
Reino Unido	3.55	3.4
Suecia	12.13	4.0
Suiza	12.11	5.0
Turquía	6.47	0.0

Fuente: SEP- Conacyt. 1997. Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas. México

La Relación de Autosuficiencia que es el número de solicitudes de nacionales entre el número de solicitudes en el país, observa una tendencia decreciente que se estabiliza en un valor alrededor de 0.07 en los últimos cinco años.⁽¹⁾

A pesar de que se han realizado acciones concretas para fomentar el desarrollo de las actividades científico tecnológicas en nuestro país y en particular de la Investigación Básica y la Aplicada, las comparaciones internacionales hacen aparecer el concepto de modernidad tecnológica como dramáticamente no competitivo con los países miembros de la OCDE.⁽⁶⁾

El análisis realizado pretende subrayar la importancia de que la I&DT realizada en nuestro país debe encontrar soluciones tecnológicas al concepto de productividad, dado que en la actualidad, la presión de la competencia internacional cada vez impone retos más difíciles para las empresas. Es fundamental que estos esfuerzos aseguren los objetivos básicos, metas y resultados que la empresa pretende alcanzar. Es por ello que toma impulso el desarrollo de los métodos de la planeación estratégica.

En este mismo sentido, una de las tareas más difíciles para aquellos que tienen en sus manos la misión de conducir el rumbo de las empresas, es la adecuada administración de la tecnología siendo una de sus actividades críticas la correcta selección de los programas de I&DT. Esta actividad puede ser la diferencia de mantener un nivel competitivo o la inestabilidad y quiebra de la empresa.

A través de la presente introducción, hemos querido proporcionar un marco de referencia para los capítulos que siguen. Es menester dar una importancia primordial a las actividades de I&DT tanto a nivel nacional como a nivel de la industria Química y dentro de ésta a las empresas que forman sus diferentes sectores, tanto para aumentar su competitividad en una economía globalizada, como para solucionar las problemáticas tecnológicas creando una cultura de innovación y de planeación nacionales que permitan seleccionar, adaptar e implantar tecnologías más acordes con las necesidades básicas del país y de la sociedad.

La presente tesis está dividida en tres partes fundamentales, a saber:

La primera estará dedicada a definir las características de la planeación tecnológica y de la importancia con que ésta soporte la estrategia corporativa, definiendo algunos conceptos y realizando algunas proposiciones para el proceso de toma de decisiones que servirán como base teórica y analítica de las dos partes subsecuentes.

La segunda parte, estará dedicada a describir las metodologías para evaluar, jerarquizar y seleccionar proyectos de I&DT aisladamente o en conjunto, cuando se trate de una cartera de dichos proyectos. Para ello, conscientemente nos dedicaremos a describirlas y formularlas, sin que forzosamente nos preocupemos por su implantación; es decir, describiremos los métodos y modelos existentes, que se encuentren en la literatura especializada, incluyendo su solución a través de ejemplos simples de aplicación, utilizando en algunos casos la herramienta computacional, aunque la teoría subyacente de cada metodología será claramente expuesta.

La última parte estará dedicada a la aplicación específica de estas metodologías para algunos casos que puedan generalizarse, abordando las características de cada proyecto, i.e. sus *atributos*, en el proceso de evaluación, jerarquización y selección de proyectos de I&DT, puesto que para éstas ya se conocerán sus alcances y posibles soluciones, incluyendo las base teóricas de donde provienen así como la información de la que debe disponerse para iniciar el proceso de toma de decisiones a este respecto.

Al finalizar esta parte propondremos el estudio de un caso, específicamente el de una empresa paraestatal consolidada dentro de la industria de los energéticos, que aborde los principios de la planeación tecnológica, la constitución de una cartera de proyectos de I&DT y su correspondiente evaluación, jerarquización y selección, aplicando alguna de las metodologías expuestas durante el desarrollo de la segunda parte de la presente tesis.

Terminaremos dando nuestras conclusiones respecto de todo el trabajo realizado y algunas recomendaciones extensibles a las empresas que requieran aumentar su competitividad.

CAPÍTULO I.-

**ALINEACIÓN DE LA ESTRATEGIA
TECNOLÓGICA
CON LA ESTRATEGIA CORPORATIVA.**

En la actualidad, los administradores de las empresas han aprendido a conducirse bajo un nuevo esquema de reglas. Las Compañías deben ser más flexibles para responder más rápidamente a los cambios del mercado y de la competencia.

La rápida evolución y sustitución de las tecnologías, el rápido cambio en los hábitos de los consumidores, una competencia cada vez más global y variada, las presiones operacionales, organizacionales, técnicas y ambientales representan algunas de las problemáticas, y su ágil y adecuada resolución, algunos de los mayores retos a los cuales se enfrentan las empresas de hoy en día. La conjunción de estos factores con otros del entorno empresarial, conducen a la reducción en el ciclo de vida de los productos dentro de los mercados y tienden a estrechar las ventanas de oportunidad de éstos últimos para la introducción de nuevos productos. Lo anterior provoca la necesidad de reducir el tiempo requerido para el desarrollo e introducción de productos de innovación y nuevas tecnologías, la adopción ágil de otras y la precisa anticipación de necesidades nacientes de los mercados.

Es por ello que la aplicación de la tecnología, como recurso de la competitividad de las empresas, representa mayores oportunidades estratégicas pero a su vez, también mayores riesgos para la organización. Es necesario que se desarrolle un sistema (formal o informal, dependiendo de la cultura y capacidades de la compañía) para determinar, planear, desarrollar e implementar las tecnologías esenciales que podrán resultar de impacto en el futuro de la compañía resultando primordial la administración de la adquisición de la tecnología ya sea de manera interna a través de la I&DT dentro de la propia empresa o de manera externa a través de convenios en I&DT con otras empresas.

La administración de la tecnología requiere de la atención de los niveles superiores de la estructura funcional dentro de las empresas y debe ser desplegada a través de su organización en forma estratégica para que contribuya con efectividad a su éxito en los mercados internacionales.⁽²⁾ Por esta razón, en el presente capítulo se pretende exponer un marco conceptual de los principios de la administración moderna que directa o indirectamente se relacionan con el objetivo de coordinar las estrategias y la administración de la tecnología de una empresa.

Para ello, será necesario revisar el proceso de planeación y los conceptos básicos de la Planeación Estratégica, posteriormente la Planeación Tecnológica de las empresas y la Alineación de la Estrategia Tecnológica con la Estrategia Corporativa de la empresa. De esta forma será posible desarrollar y presentar un esquema que permita introducirnos en una forma más clara y sólida en los siguientes capítulos de la presente tesis.

1.1 El Proceso de Planeación.

La planeación es por definición una actividad orientada hacia el futuro. Según *Hax y Majluf* ⁽²³⁾, “la planeación es la organización disciplinada de las tareas que la empresa identifica como prioritarias para mantener su eficiencia en los negocios en que participa para dirigirse hacia un futuro mejor.”

Por otra parte, *Porter*⁽²⁴⁾ afirma que “toda empresa que compite en una determinada industria tiene una estrategia competitiva que ha desarrollado explícitamente a través de un proceso formal de planeación, o implícitamente a través de la organización particular de las actividades de sus departamentos funcionales. La esencia de la formulación de una estrategia empresarial es relacionarse en forma coherente con su medio ambiente.”

Un sistema de planeación efectivo debe atender dos dimensiones fundamentales para la empresa: (1) Responder a los cambios del medio ambiente y (2) Desplegar creativamente sus recursos para mejorar su posición competitiva.

Una capacidad vigilante hacia los cambios externos es una fuerza mayor detrás de la capacidad de las empresas para sobrevivir. La respuesta interna de las empresas a los retos del ambiente debe conformarse en términos de un conjunto claramente definido de programas de acción dirigidos a mejorar la posición a corto y largo plazo de la empresa frente a sus competidores.

La planeación incorpora todos los esfuerzos que determinan lo que una organización quiere ser, a donde va y cual es su trayectoria. Su propósito no es el de producir planes, sino producir resultados con bases consistentes. La planeación es un medio y no un fin, los planes por sí solos tienen poco valor. Más aún, la planeación debe ser vista como una actividad continua, no como un evento anual. Consecuentemente, los responsables de la toma de decisiones deben observar a la planeación como una de las prioridades fundamentales que validan sus decisiones y acciones.

Por otra parte, un proceso sugiere la existencia de distintas habilidades que deben ser aplicadas, que existe un cuerpo de conocimientos a ser impartidos y que además, existe una secuencia de eventos que deben llevarse a cabo. El proceso es un concepto distinto al procedimiento y debe ser diferenciado. El procedimiento es una secuencia que debe seguirse en forma estricta. La planeación no es un procedimiento, es un proceso que requiere de una mezcla balanceada de flexibilidad y el ejercicio de un adecuado juicio administrativo. Habrá momentos en los cuales los ejecutivos podrán juzgar ciertas partes del proceso que no son críticas para el cumplimiento de las metas y será válido, a través de un análisis profundo, determinar si algunas partes del proceso es necesario eliminarlas o posponerlas.⁽¹⁸⁾

Un proceso de planeación adecuado debe reflejarse en la respuesta competitiva de todas las funciones de la empresa: La Manufactura, la Distribución, las Ventas, la Investigación y el Desarrollo, la Ingeniería, la Administración del Personal, las Finanzas y todas las funciones de la empresa deben adaptarse y prepararse constantemente para responder a los retos competitivos y lograr una creciente excelencia.⁽²⁾

1.1.1 La Planeación Estratégica

Ackoff ⁽²⁶⁾ menciona que “la planeación estratégica se refiere a la utilización ‘del conocimiento y capacidad del ser humano para diseñar el futuro deseado, indispensable cuando se pretende involucrar a un conjunto de decisiones que corresponden a las características de una misión, y a la interrelación de ésta con los objetivos y metas de la propia organización y determina hacia dónde la organización debe dirigirse para que todos los esfuerzos puedan apuntarse hacia esa misma dirección.” La planeación estratégica es la función más importante de aquellos que están designados como los responsables de tomar las decisiones clave.

Kotler ⁽²¹⁾ por su parte define a la planeación estratégica como “el proceso administrativo para desarrollar y mantener una armonía viable entre los objetivos y recursos de la organización y sus cambiantes oportunidades de mercado.” La meta de la planeación estratégica es dar forma y cambiar cuantas veces sea necesario a los negocios de una empresa y a sus productos de manera que se combinen para generar rentabilidad y crecimiento satisfactorios.

El propósito básico de la Planeación Estratégica se centra en la formulación y desarrollo de la mejor estrategia que conduzca al logro de las metas de la organización. (el crecimiento en la rentabilidad y ganancias, penetración de mercado, productividad, satisfacción del cliente y el empleado, imagen, etc) y de sus programas de acción que las soporten. El proceso clásico de Planeación Estratégica obedece a una metodología simple y lógica de seis pasos:

1. Descripción de la misión y los alcances en el negocio de la empresa, sus metas y objetivos.⁽¹⁸⁾

La visión se refiere a la categoría de intenciones generales que describen las aspiraciones para el futuro sin especificar los medios para alcanzar los fines deseados.

La misión identifica los conceptos básicos de la organización y lo que la distingue de otras. Provee un punto focal para identificar los propósitos de la organización, la razón de su existencia. La misión debe desarrollar una filosofía común en la que toda la gente dentro de la organización pueda identificarse.

Las metas son aquellos fines que se esperan alcanzar dentro del periodo de tiempo que se representa por el horizonte de planeación. Una definición operacional es una explicación de algún concepto que es lo suficientemente concreto como para permitir realizar una acción específica. *Los objetivos* son las definiciones operacionales de las metas, describen en términos precisos lo que debe de ser realizado para alcanzar las metas. Los objetivos poseen las siguientes características: Deben ser cuantificables e incorporar la dimensión del tiempo y deben de reducir los conflictos y malos entendidos en los miembros de la organización.

2. Análisis del ambiente externo (mercado y tendencias tecnológicas, dinámica del comportamiento de los competidores, etc.) para la determinación de las amenazas y oportunidades de la empresa.

En este punto, es necesario realizar un análisis estratégico que forma la base de datos del plan estratégico. Es un análisis profundo de los factores del medio tanto externos como internos que puedan resultar de impacto en el futuro de la organización

Este análisis es el elemento de mayor consumo de tiempo dentro de la planeación estratégica. Sin embargo, el tiempo y el esfuerzo consumido en esta área entregará grandes dividendos para la integración de los factores que aseguren la calidad del plan estratégico. De hecho, este análisis debe ser constantemente revisado y actualizado.

Comprenden elementos del ambiente externo los siguientes:

Determinación de las oportunidades y amenazas externas: Esto representa las perspectivas cuantitativas y cualitativas que los responsables de la planeación han percibido acerca de los retos a los cuales se enfrenta la empresa.

Segmentación del Mercado: así llamado el análisis tanto del presente como de las tendencias futuras en relación a aspectos como la demografía, dispersión geográfica, identificación de los mayores consumidores y canales de distribución.

Industria y Competencia: Esto cubre un análisis de la industria o industrias en las cuales la organización se sitúa primordialmente. Examina el número y tipos de competidores, la penetración en el mercado, las capacidades de producción y mercadeo, las posturas de precio y otros factores relacionados.

Tecnología: Es el análisis del impacto de la tecnología relacionada, tanto presente como futura, en la organización, así como el proceso de innovación. Entre otras cosas comprende el desarrollo del estado del arte mundial, las obsolescencias técnicas, nuevas aplicaciones y las tendencias de simplificación en los productos.

3. Análisis de los recursos disponibles (humanos, financieros, tecnológicos), el ambiente interno de la organización .

Comprenden elementos del ambiente interno los siguientes:

Determinación de las fuerzas internas y debilidades de la empresa: Nuevamente consiste en la representación de las perspectivas personales de los responsables de la Planeación acerca de los puntos en los cuáles es necesaria una fuerte o significativa mejora en áreas de importancia estratégica dentro de la organización como el departamento técnico, ventas, producción y control de calidad, en la capacidad de producción e imagen en el mercado.

Finanzas: Esto incluye tanto el desempeño financiero pasado como los requerimientos financieros futuros para soportar el plan estratégico, incluyendo tanto el capital y las necesidades operacionales y alternativas disponibles para el aseguramiento de los fondos apropiados.

Productos/Servicios: Se identifican aquí los productos presentes y potenciales y/o las categorías de líneas de servicios. Esto debe ser compatible con los datos generados en las diversas categorías del análisis externo.

Capacidades Internas: Debe incluir una identificación de las funciones presentes y de las funciones potenciales realizadas por las personas en distintas áreas como la Manufactura, Ingeniería, I&DT, Sistemas de Administración de la Información, Mercadeo, etc.

4. Formulación y evaluación de posibles estrategias que conduzcan al cumplimiento de los objetivos organizacionales y la selección de la mejor estrategia.

La estrategia, según *Masse*, “es una conducta y una trayectoria que debe seguirse para convertirse en el antiazar.” *Mintzberg* sostiene que “la estrategia es un plan unificado, comprensible e integrado para asegurar los objetivos básicos, metas y resultados que la empresa pretende alcanzar.”

En estas circunstancias, una estrategia cuidadosamente estudiada puede ayudar a la organización a explotar las ineficiencias del mercado y mucho más aún, juega un papel esencial para maximizar sus ganancias y beneficios.

La estrategia cumple con dos propósitos:

El primero es el posicionamiento externo de la empresa en relación a sus competidores en una determinada industria, a través de una adecuada relación de las fuerzas y debilidades de la empresa con las amenazas y oportunidades del mercado.

El segundo propósito de la estrategia es la alineación interna de todas las actividades e inversiones de la empresa. Debido a que la estrategia claramente articula la posición de los productos en el mercado, las actividades de la organización en todas sus funciones, desde la I&DT hasta el mercadeo, deben ser consistentes entre cada una de ellas. De la misma manera, las inversiones pueden ser elegidas para que se refuercen entre ellas y proporcionen un cúmulo sobre el tiempo en la creación de nuevas y mejores ventajas competitivas.⁽¹⁹⁾

Sin embargo es importante resaltar que la elección de cualquier estrategia trae de forma implícita un riesgo inherente. El riesgo se compone no solo de la probabilidad de éxito o efectividad de la estrategia seleccionada, sino también del número de recursos que la compañía debe asignar a esa estrategia, así como el tiempo en el cual dichos recursos no se encontrarán disponibles para otros usos.

5. Determinación de los recursos necesarios para implantar la estrategia y la obtención de los recursos faltantes.
- 6 Si los recursos requeridos no se pueden obtener o si éstos implican un riesgo demasiado alto, será necesaria la revisión de los objetivos generales del negocio y se repite el proceso entero.

1.1.2 La Estrategia Corporativa

Originalmente el término fue utilizado para describir los patrones de decisión que determinan las metas de la compañía, produciendo, a partir de los niveles superiores de la empresa, las políticas principales para alcanzar dichas metas y define el rango de negocios que la compañía desea alcanzar. Tomado literalmente, esto significaría que la estrategia corporativa marca todos y cada uno de los puntos estratégicos a los cuáles se enfrenta una compañía, considerada como la suma de unidades estratégicas de negocios de la empresa.

El principal objetivo de la Estrategia Corporativa es lograr una ventaja sobre sus competidores que sea sostenible a largo plazo e implica la selección de los negocios en los que la empresa ha de participar, la adquisición y distribución de recursos entre los negocios seleccionados para crear valor para los diferentes elementos constitutivos de la organización. Ayuda a unificar direcciones corporativas, a segmentar efectivamente a la organización, a introducir disciplinas para promover un pensamiento a largo plazo dentro de la firma.

Este marco teórico determina estrategias funcionales basándose en tres factores primordiales: ⁽²⁾

- a) El estado de evolución de la industria.
- b) El nivel de importancia estratégica relativa de cada negocio para la empresa.
- c) Las capacidades actuales de la organización en las áreas de la mercadotecnia y de la tecnología.

Con el tiempo ha sido necesario realizar la distinción entre la estrategia a nivel de negocios que es el concepto de cómo construir una ventaja competitiva sostenible en un identificable y discreto mercado -y la estrategia a nivel corporativo- “ los planes generales para una compañía diversificada”⁽¹⁸⁾.

1.2 La Tecnología

La Tecnología es la aplicación de los conocimientos científicos, empíricos y de ingeniería para alcanzar resultados prácticos.

Existen varias actividades técnicas que contribuyen al desarrollo de estos conocimientos en diversas formas específicas como son: ⁽¹⁾

La Investigación Básica: Trabajo experimental o teórico realizado principalmente con el objeto de generar nuevos conocimientos sobre los fundamentos de fenómenos y hechos observables, sin prever ninguna aplicación específica inmediata.

La Investigación Aplicada: Investigación original realizada para la adquisición de nuevos conocimientos, dirigida principalmente hacia un fin u objetivo práctico, determinado y específico.

El Desarrollo: Es la creación de aplicaciones prácticas comerciales a través de una serie de etapas partiendo de los resultados de la Investigación. Transforma el conocimiento en formas de prototipo prácticas.

La Ingeniería: Refina el conocimiento para la explotación comercial u otros fines de uso prácticos. Es la aplicación de una tecnología a un problema específico. Dentro de muchas organizaciones el término también es utilizado para describir las actividades de desarrollo de productos y procesos.

Operaciones tales como la producción y las ventas ponen a la tecnología finalmente en uso.

La Ciencia, Tecnología e Ingeniería son formas organizadas de conocimientos pero su organización está encaminada hacia distintos fines:

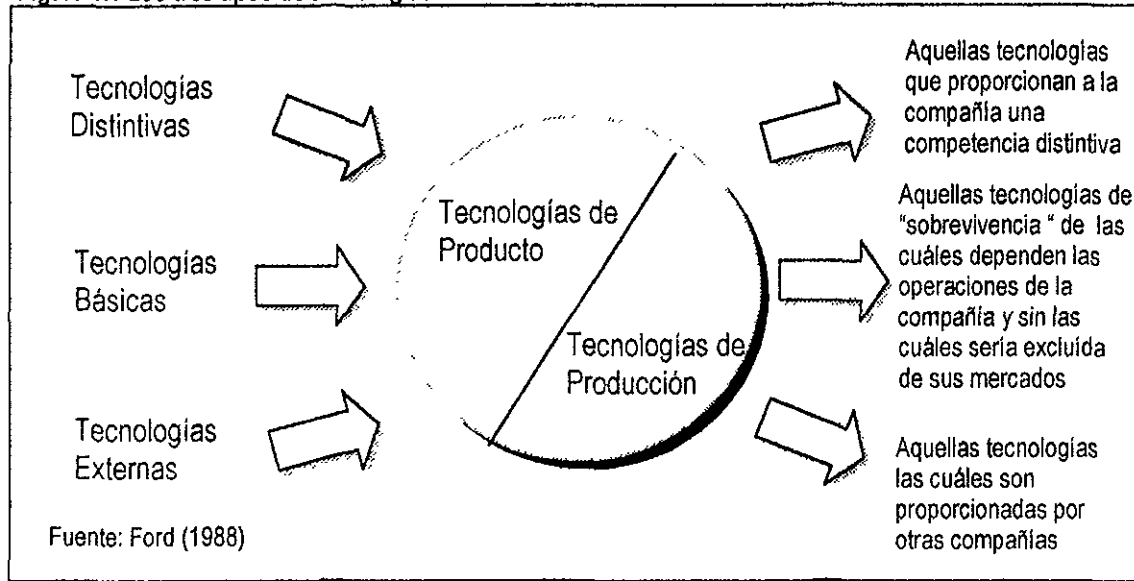
CIENCIA	SABER PORQUÉ
TECNOLOGÍA	SABER CÓMO
INGENIERÍA	SABER APLICAR

Dentro de las tecnologías de producto y las tecnologías de producción, se pueden distinguir tres tipos de tecnologías:⁽⁹⁾

- Tecnologías básicas
- Tecnologías distintivas
- Tecnologías externas

En la figura 1.1 se muestra su significado y las diferencias entre cada una de ellas:

Figura 1.1 Los tres tipos de tecnologías

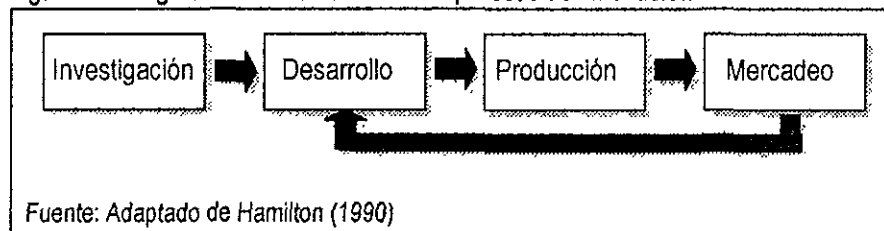


Es importante enfatizar la importancia del cambio tecnológico y la innovación como determinantes en la estructura de las industrias, su posición competitiva y sus respectivas estrategias. Para poder adentrarnos en los conceptos de la administración de la tecnología y la planeación tecnológica de las empresas es necesario revisar el concepto de innovación.

El concepto de innovación describe el proceso de evolución tecnológica para la implantación de nuevos productos y/o procesos significativamente mejorados.

En la figura 1.2 se muestra la progresión de las actividades en el proceso de innovación, el cual abarca todos los pasos comprendidos desde el reconocimiento de una idea hasta su comercialización.

Figura 1.2 Progresión de actividades en el proceso de innovación



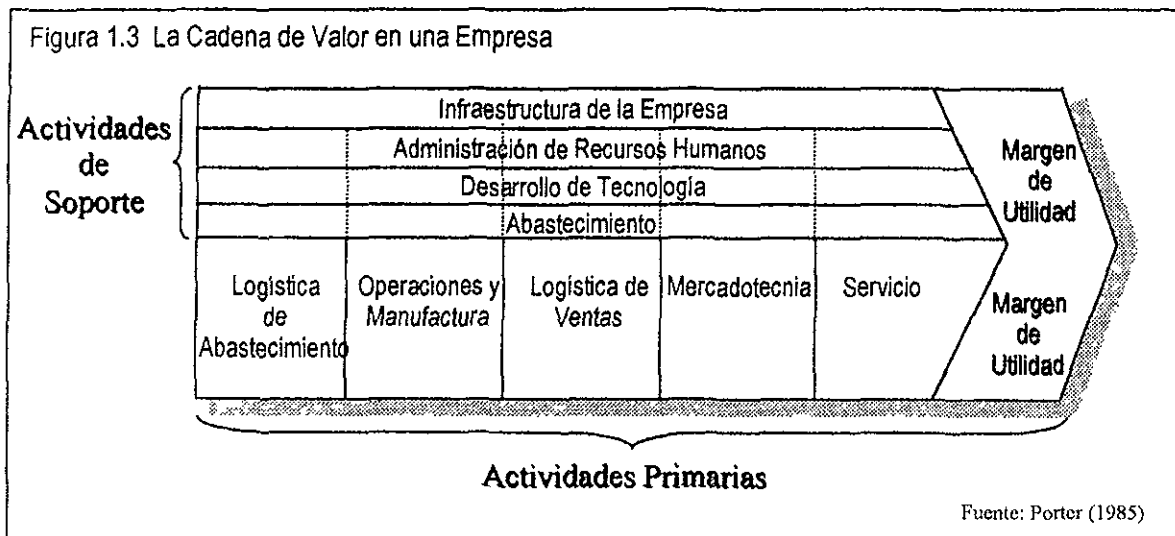
La innovación tecnológica de producto y de proceso comprende nuevos productos y procesos, y los cambios tecnológicos significativos de los mismos. Una innovación tecnológica de producto y proceso ha sido introducida en el mercado (innovación de producto) o usada dentro de un proceso (innovación de proceso).

Las innovaciones tecnológicas de producto y de proceso involucran una serie de actividades tanto científicas y tecnológicas como organizacionales, financieras y comerciales.

Un producto tecnológicamente nuevo es aquél cuyas características tecnológicas o del uso para el cual está destinado difiere significativamente de otros productos previamente manufacturados. Estas innovaciones pueden involucrar tecnologías radicalmente nuevas, o pueden estar basadas en el uso de una combinación de tecnologías nuevas y de uso corriente.

Un producto tecnológicamente mejorado es aquél que ha sido aumentado o actualizado significativamente. Un producto simple puede ser mejorado (en términos de mejora en el desempeño o menor costo), por medio del empleo de materiales y componentes modificados, o un producto complejo que consiste de una variedad de subsistemas técnicos integrados, que pueden ser mejorados por cambios en uno de sus subsistemas⁽¹⁾.

En este mismo contexto, Porter⁽²²⁾ (1985) propuso un esquema al cual le llamó *la cadena de valor de una empresa*, el cual abarca todas las etapas en el desarrollo de un producto, desde su planeación hasta su entrega al mercado (Ver figura 1.3). Dicho concepto se considera como la piedra angular del análisis para identificar las posibles oportunidades para compartir recursos y crear sinergias dentro de la empresa.⁽²⁾



La selección de las tecnologías a lo largo de la cadena de valor sobre las que deban concentrarse los esfuerzos de desarrollo de la empresa está gobernada por las relaciones entre el cambio tecnológico en su industria (y en otras que le puedan afectar) y las ventajas competitivas que ésta persiga.⁽²⁾

De acuerdo con Porter⁽²²⁾, el cambio tecnológico es uno de los principales motores de la competencia industrial y un factor determinante de las barreras de entrada a una industria, sin embargo es necesario considerar que no es importante por sí mismo, sino que es importante sólo si afecta la ventaja competitiva de las empresas y/o la estructura de las empresas, es decir, no todo cambio tecnológico es estratégicamente benéfico, de hecho en algunos casos puede perjudicar la posición competitiva de la empresa y restar atractivo a la industria. El cambio tecnológico puede elevar o disminuir la dimensión o masa crítica

necesaria para hacer viable la entrada de nuevos participantes que dictan las economías de escala.

La economía de escala es un fenómeno observado de reducción de los costos implicados cuando se incrementa la escala o magnitud de una determinada operación en una empresa, ya sea en actividades tan diferentes como son la producción, la distribución o la I&DT. La magnitud de estas economías está directamente relacionada con las tecnologías empleadas. La curva de aprendizaje resulta siempre modificada en el cambio de una a otra tecnología.

La Curva de aprendizaje describe una tendencia comúnmente observada en las organizaciones en la que los costos unitarios de una operación o de todo un sistema productivo disminuyen conforme la empresa gana experiencia en la actividad. Los costos declinan porque la organización mejora sus métodos de trabajo y se vuelve más eficiente con la experiencia porque la distribución del sistema se mejora y/o porque se desarrollan y mejoran los equipos y procesos.

Por otra parte, la tecnología avanzada no garantiza la buena rentabilidad del negocio, el nivel de sofisticación tecnológica necesario para competir en una industria depende de la estructura de esa misma industria. Es un hecho que muchas industrias con tecnología avanzada son menos rentables que algunas industrias con más baja capacidad tecnológica debido a una estructura más desfavorable y esto se debe a que en ellas existe un nivel de competencia mucho más elevado. Por esta razón, la tecnología debe verse envuelta en un proceso de planeación que identifique estratégicamente la mejor adecuación entre la empresa y su entorno, concretamente su entorno de competencia.

La administración de la tecnología puede afectar cualquier actividad de la empresa para crear a su favor ventajas sobre sus competidores en cualquiera o todas las funciones de la cadena de valor: Abastecimientos, Operaciones y Manufactura, I&DT e Ingeniería, Mercadotecnia, Ventas, Servicio, Desempeño del producto o su Costo.

1.2.1 La Administración Tecnológica

La administración de la tecnología cumple con las siguientes funciones: ⁽²⁾
(SRI International, 1988)

- Relaciona la Ciencia y la Ingeniería con la Administración de las Empresas.
 - Planear, desarrollar e implantar las tecnologías relevantes para lograr los objetivos estratégicos y operacionales de una empresa.
 - Abarca el desarrollo y la explotación efectivas de las tecnologías como un activo de la empresa para:
 - Desarrollar y mantener ventajas competitivas,
 - Mantener el uso de tecnologías en forma consistente con los objetivos y metas generales de la empresa.
- Su enfoque es la Administración Estratégica de la Tecnología
Sus objetivos son:
- (a) Minimizar o neutralizar los impactos negativos para la organización que provengan de su entorno
 - (b) Lograr que la empresa se encuentre a la par con sus competidores, si esto se considera apropiado dentro de la estrategia general de la empresa.
 - (c) Colocar a la empresa en una posición líder en su industria por sobre sus competidores.
 - (d) Soportar y/o maximizar la Estrategia de la Empresa y de cada uno de sus Negocios.
 - (e) Perseguir el desarrollo de Estrategias de Competencia Basadas en la Tecnología.
 - (f) Reforzar la contribución de cada una de las funciones operativas y de soporte a la cadena de valor de la empresa a través del monitoreo sistemático del estado del arte de las tecnologías y subtecnologías relevantes y de su desarrollo y aplicación por parte de los competidores.

1.2.2 La Estrategia Tecnológica.

Porter⁽¹⁷⁾ (1996) define a la estrategia de la tecnología como el modo en el cual una empresa atiende el desarrollo y el uso de su tecnología. Así la estrategia tecnológica es el enfoque en el cual se desarrolla la adquisición o el uso de la tecnología considerando la influencia de las fuerzas del medio ambiente con el propósito de lograr su misión y objetivos.

Un punto inicial adecuado para el claro entendimiento de la estrategia tecnológica es mencionar que el factor central y primordial de la organización es lo que la compañía sabe y lo que puede hacer, mas allá de los productos que ofrece o los mercados en los cuales compete. La estrategia tecnológica se centra en estos conocimientos y habilidades. Consiste en las políticas, planes y procedimientos para adquirir el conocimiento y habilidades, administrando y explotando ese conocimiento para lograr los máximos beneficios. Está relacionado con el desarrollo y mantenimiento del inventario total del conocimiento y habilidades de la empresa.⁽⁹⁾

1.2.3 La Estrategia de la I&DT

La Estrategia de la I&DT no es el mismo concepto que la Estrategia Tecnológica. Como veremos más adelante y a profundidad, la estrategia de I&DT parte de la Estrategia Tecnológica desarrollada por la empresa.

Administrar estratégicamente la I&DT significa primero y antes que nada la integración de la I&DT en la estrategia del negocio y la estrategia tecnológica.⁽¹⁶⁾

La I&DT tiene tres propósitos estratégicos:

- a) Defender, soportar y expandir los negocios de la empresa existentes
- b) Conducir a nuevos negocios
- c) Ampliar y profundizar las capacidades tecnológicas de la organización

Por otra parte, y como ya hemos mencionado anteriormente, existen diversos estudios que demuestran los beneficios al invertir en la I&DT. Existe una correlación positiva entre el crecimiento en el gasto en I&DT y:

- *El crecimiento en las ventas*; los negocios en mercados de rápido crecimiento presentan una tendencia a destinar una mayor inversión en I&DT para mantener o mejorar su penetración de mercado.
- *La calidad de producto*, que a su vez produce un mayor retorno de la inversión.
- *El grado de introducción de nuevos productos*, que a su vez conduce a mejorar la penetración de mercado y las ganancias de la empresa.

Roussel, Saad y Erickson proponen bajo la filosofía de Tercera Generación en I&DT⁽¹⁶⁾ un esquema de administración que implica generar un ambiente integral, coherente y consistente entre la I&DT y todas las funciones del negocio, es decir, que las estrategias de I&DT se encuentren alineadas con la estrategia corporativa y con todas las demás unidades funcionales de la organización para asegurar que los esfuerzos dedicados en I&DT cuenten con el mismo nivel de importancia y sobre todo apunten en la misma dirección para el éxito y alcance de ventajas competitivas en los mercados.

La Tercera Generación en I&DT posee las siguientes metas:

- A. Crear una cartera de proyectos en I&DT balanceada que ayude a definir y alcanzar las necesidades presentes y futuras de la organización
- B. Generar un esquema integrado entre la administración general y la de I&DT para integrar las estrategias corporativas, divisionales, tecnológicas y de I&DT e identificar las oportunidades existentes en los nuevos negocios que la I&DT pueda explorar y explotar. Bajo este esquema realizar las decisiones del qué, cuándo, porqué, y el nivel de esfuerzos a emplear en I&DT
- C. Que la estrategia global de la empresa dicte las elecciones críticas en los proyectos, para que se vea reflejado en la cartera de proyectos de I&DT una cuidadosa evaluación de los costos y beneficios de los distintos proyectos que lo conforman, el tiempo necesario

para completarlos, sus contribuciones a los objetivos generales de la organización y los riesgos que implica.

Este concepto de tercera generación provee una metodología útil para centrar los esfuerzos de la I&DT y sus estrategias a las necesidades reales de la empresa. Sin embargo es necesario considerar otros elementos dentro de la estrategia tecnológica de la empresa para poder garantizar la adecuada alineación en la Planeación de la I&DT con la estrategia corporativa.

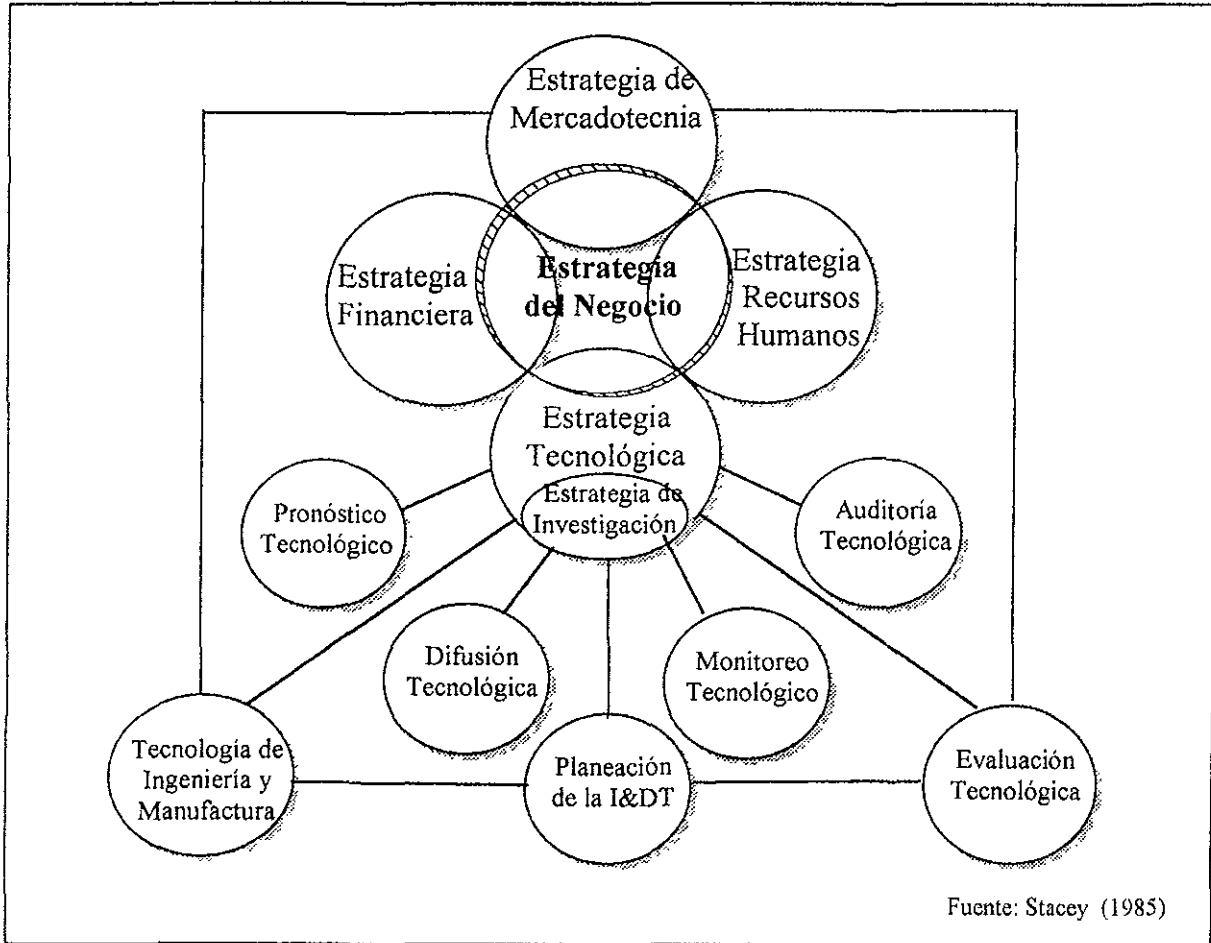
1.2.4 Modelos propuestos para la Alineación de la Estrategia Tecnológica con la Estrategia Corporativa.

Modelo B-Tech

Diversos autores han propuesto modelos para la estrategia de Tecnología y las interacciones con las estrategias de las funciones básicas de una empresa. *Stacey*⁽²³⁾ del Batelle Memorial Institute propone el modelo B-Tech para dichas interacciones (Ver figura 1.4). Como se puede observar, *Stacey* eleva la estrategia de la tecnología a la categoría de función, similar al de las estrategias funcionales de Finanzas, Mercadotecnia y de la Organización de los Recursos Humanos de la empresa, yuxtaponiendo parcialmente el dominio de la estrategia del negocio con el de la tecnología para significar la necesaria integración y congruencia que deben guardar entre ellas.

Por otro lado, en lo que respecta a la tecnología, este modelo se centra en la I&DT y enfatiza el paralelismo con que debe realizarse el desarrollo del proceso de planeación estratégica de la tecnología con la del negocio, no porque su valor estratégico sea equivalente, ya que el eje central será la estrategia de la empresa, sino porque la tecnología es un recurso que se encuentra en toda la organización mas que un fin en sí mismo.

Figura 1.4.- Modelo B-Tech de las Interacciones entre la Estrategia del Negocio y la Estrategia Tecnológica



Dentro de la Estrategia Tecnológica se desprenden otras actividades necesarias para el funcionamiento de esta actividad fundamental de la empresa.

A continuación se describe en que consiste cada una de estas actividades

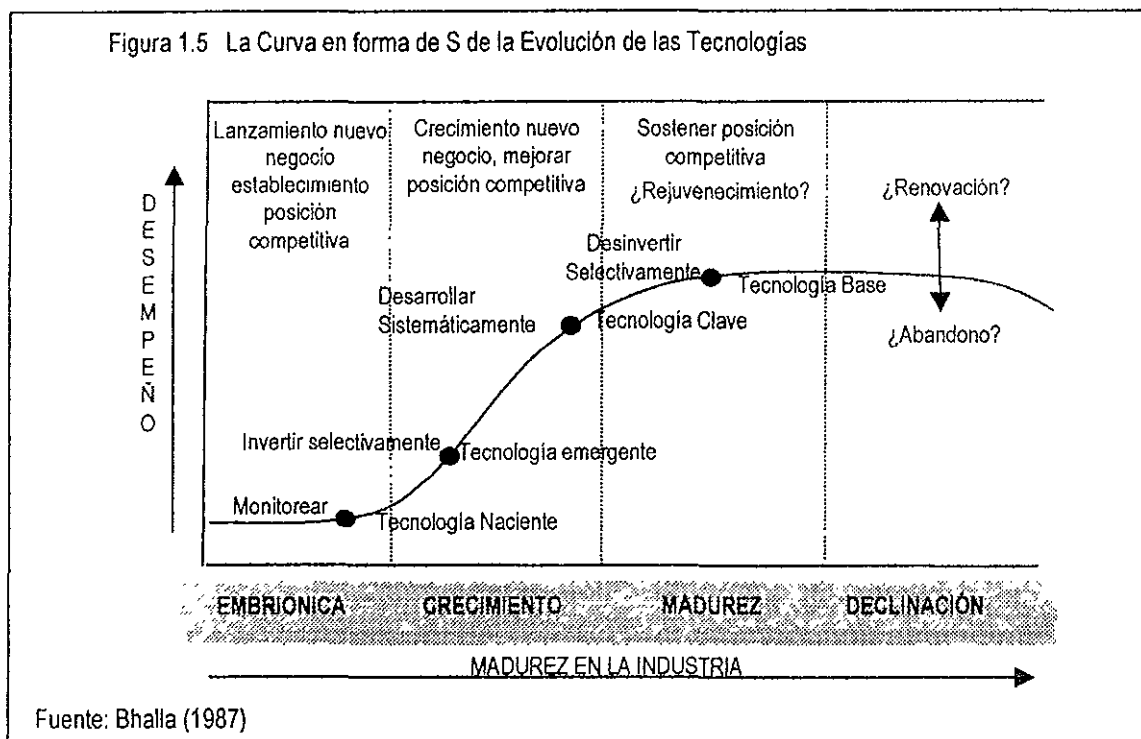
La Auditoría Tecnológica.

Ford ⁽⁹⁾ sostiene que el logro y alcance de una adecuada estrategia tecnológica depende de que tan bueno sea el análisis en el cual se encuentre basada dicha estrategia, por esta razón la auditoría tecnológica es una actividad de vital importancia para el desarrollo de la planeación tecnológica.

La auditoría tecnológica es un diagnóstico tecnológico de dónde se está, a dónde se quiere llegar y con qué recursos tecnológicos se cuenta para ello.

Para poder clarificar el propósito de la auditoría tecnológica será necesario definir previamente el concepto de ciclo de vida de las tecnologías.

Las tecnologías, al igual que los productos, se determinan a través de ciclos de vida y son reemplazados tarde o temprano por tecnologías superiores.⁽¹²⁾ La Curva de Pearl estudiada por *Foster* (1986) y *Twiss* (1988) describe la relación entre el desempeño de una determinada tecnología y el esfuerzo invertido para su desarrollo a lo largo del tiempo y propone que conforme una tecnología va madurando casi invariablemente tiende a aproximarse a un límite natural determinado por los principios físicos en los que se basa. De esta manera se puede describir la evolución y ciclo de vida de las tecnologías como una curva que adquiere una forma de S.



En la figura 1.5 se puede apreciar que en la etapa inicial en donde se aplica esa tecnología, se logran bajos resultados a pesar de cualquier esfuerzo sostenido por mejorarlos, en seguida de esa etapa de progreso lento, se empiezan a lograr resultados de forma exponencial respecto al esfuerzo invertido durante un período de tiempo relativamente corto (a condición de que ese esfuerzo se conserve constante), finalmente conforme el límite físico natural se alcanza el crecimiento exponencial de la tecnología se frena y gradualmente presenta un comportamiento asintótico con respecto al límite físico.⁽²⁾ De esta manera es posible identificar en dicha curva la posición en el ciclo de vida de las tecnologías con respecto a la industria.

Definido el concepto de ciclo de vida es posible adentrarnos con mayor claridad a la exposición de la Auditoría tecnológica, la cuál se basa en la respuesta a las siguientes preguntas:⁽⁹⁾

1. ¿Cuáles son las tecnologías y conocimientos de los que depende el negocio?
2. ¿Cuál es el "status" de la empresa en estas tecnologías?
3. ¿Cuál es la posición tecnológica de la organización con respecto a la competencia?
4. ¿Cómo se adquieren estas tecnologías?, ¿Son desarrolladas en la propia empresa o provienen de fuentes externas?
5. ¿Cómo ha sido la respuesta histórica del mercado acerca de las tecnologías desarrolladas internamente?
6. Si se ha tenido un bajo desempeño como respuesta a la pregunta anterior, ¿Se debe a un desentendimiento entre la investigación y los objetivos de la empresa o se debe al desarrollo o a la comercialización?
7. ¿Qué pasos se deben tomar para mejorar este desempeño?, ¿Se deben adquirir nuevas tecnologías de otras fuentes?
8. ¿Cómo se encuentra la posición y conocimiento tecnológico de la empresa con respecto al de sus consumidores?
9. ¿En que posición se encuentran en el ciclo de vida las tecnologías de las cuales depende la organización?
10. ¿La empresa depende de un número reducido de tecnologías maduras las cuales se puedan convertir en tecnologías obsoletas?
11. ¿Se realiza una I&DT para todas las tecnologías de la compañía o se mantiene un balance racional entre la adquisición de la tecnología de manera interna como externa?
12. ¿Cuáles son las tecnologías en desarrollo o emergentes tanto internas como externas que pueden afectar los mercados presentes y potenciales de la compañía?
13. ¿En dónde radican las fuerzas de la compañía, en las tecnologías de producto, en las tecnologías de producción o en ambas?
14. ¿La organización alcanza la óptima explotación de las tecnologías que posee?
15. ¿Tiene la empresa bienes tecnológicos, los cuáles ya no le son útiles para ella, pero sí pueden ser de valor para otras empresas?

La auditoría tecnológica no sólo se realiza para los tecnólogos y por los tecnólogos, en ella se debe asegurar la inclusión de la opinión de todo el personal, tanto técnico como administrativo, que pueda aportar elementos para el desarrollo de un análisis completo en el diagnóstico tecnológico de la compañía. Asimismo, es recomendable la participación de gente externa a la organización para que el diagnóstico se realice bajo una visión más objetiva de la realidad de la empresa.

El Pronóstico Tecnológico:

Casi toda la literatura acerca de la planeación menciona la importancia de realizar pronósticos precisos. Debido a la escasa posibilidad de controlar el ambiente de las empresas, la planeación depende de la habilidad para predecir la forma del entorno durante la ejecución de los planes. El pronóstico tecnológico, lejos de ser una ciencia, es una actividad necesaria para determinar el futuro económico y tecnológico de las empresas. Dentro del pronóstico tecnológico se pueden identificar dos situaciones: ⁽²⁰⁾

La primera situación es pronosticar el momento preciso y oportuno en el cual se adoptará ampliamente un nuevo producto o proceso.

La segunda situación requiere de un enfoque cualitativo para pronosticar cuales serán los nuevos desarrollos y descubrimientos realizados en un área específica; por ejemplo, para las empresas les resulta de gran utilidad pronosticar nuevos procesos y tecnologías que serán desarrollados en la industria dentro de 15 o 20 años. Esto conduce a las organizaciones a incluir los pronósticos dentro de la planeación de los programas de expansión y el desarrollo del mercado a largo plazo.

La base de todas las técnicas de pronóstico cualitativo es la participación de expertos en la realización del pronóstico. Las diversas técnicas simplemente presentan procedimientos de alternativas para la ayuda de los expertos a expresar sus propios juicios subjetivos del futuro.

Dentro de los métodos cualitativos se pueden distinguir dos subclases: Los métodos exploratorios y los normativos. Los métodos exploratorios comienzan con el conocimiento de la situación actual, su orientación y tendencias, posteriormente buscan predecir lo que pasará en el futuro y cuando pasará. Los métodos normativos, por otra parte, se basan en las metas y objetivos de la empresa para posteriormente identificar las nuevas tecnologías y desarrollos que puedan guiar al alcance de dichas metas y objetivos. Por ello, los métodos exploratorios buscan solo describir lo que puede pasar, mientras que los normativos colocan a la organización en un papel de liderazgo para el desarrollo de lo que pueda ocurrir.

A continuación se presenta una tabla con un resumen de métodos para el pronóstico tecnológico:

Técnicas cualitativas		Técnicas cuantitativas	
Métodos exploratorios	Curvas S o método logístico	Métodos causales	Regresión simple
	Método de las comparaciones tecnológicas independientes del tiempo		Regresión múltiple
Métodos normativos	PATTERN (Planning Assistance Through Technical Evaluation or Relevance Numbers)		Modelos econométricos
Tanto exploratorios como normativos	La investigación morfológica		Matriz Insumo-producto
	Método Delphi Analogía histórica Estudios de mercado Prospectiva y escenarios	Métodos de series cronológicas	Media estadística Media móvil Suavizamiento exponencial simple Doble media móvil Doble suavizamiento exponencial Regresión Simple Suavizamiento exponencial múltiple Descomposición clásica Búsqueda de fenómenos armónicos. Regresión múltiple

Fuente: Recopilación de Ibarnea Mauricio

El Monitoreo Tecnológico

La identificación de las tecnologías emergentes que pueden reemplazar a las tecnologías de nodo o básicas es una tarea que no se debe dejar pasar de largo en las empresas. Es necesario detectar las señales de alarma de que una tecnología está alcanzando la madurez y por lo tanto su curva de costo/beneficio está declinándose. Esta identificación se realiza a través del proceso de monitoreo y pronóstico tecnológico, donde se pretende proyectar y comparar las curvas S de las tecnologías en cuestión.

La finalidad del monitoreo tecnológico es la obtención de información oportuna acerca de las actividades presentes y potenciales tanto técnicas como comerciales de los competidores con el objeto de realizar ajustes en los programas técnicos y comerciales. Tal actividad puede proveer (de manera ética y legal) información valiosa para la I&DT.

Actualmente existe un concepto conocido como "Inteligencia Tecnológica" que además de otras actividades abarca al conjunto de los procesos de monitoreo y pronóstico tecnológico. La inteligencia tecnológica es el desarrollo de la capacidad para explorar desarrollos tecnológicos en el mundo para identificar aquellas áreas que representan oportunidades o amenazas para la empresa o para sus clientes. (*Batelle Memorial Institute*).

Consta de los siguientes elementos:

- Servicios de informática ("On-Line").
- Redes de expertos.
- Acervo técnico.
- Y como insumo las prioridades derivadas de la estrategia tecnológica.

Con estos elementos se realiza un análisis de tendencias que determina las oportunidades y amenazas para la empresa así como los planes de acción según estas tendencias.

La Difusión Tecnológica

El cambio tecnológico reconoce que una nueva tecnología crea problemas tanto organizacionales y técnicos para su introducción y en esta etapa uno de los factores críticos a considerar es sobre todo el aspecto humano. Los trabajadores dentro de una empresa deben tener informes de los cambios y de las repercusiones que crea esta nueva tecnología sobre su propio trabajo y sobre la sociedad.

La difusión de la tecnología se puede clasificar en 2 niveles: la difusión interna (para otras áreas de la empresa) y la difusión externa (a otras empresas). Es un proceso que mantiene en comunicación a todos los elementos que integran a la empresa sobre los cambios tecnológicos dentro de la misma empresa y en la industria.

Las razones por la cual es también un proceso de suma importancia para el correcto desarrollo de las empresas son diversas. Como ejemplo de la difusión externa se puede mencionar el hecho de que muchas nuevas tecnologías desarrolladas o adquiridas son raramente utilizadas por un solo producto o proceso, por lo tanto al introducir estas tecnologías, si todas las áreas funcionales de la organización cuentan con el conocimiento de ello, es posible aprovecharla en conjunto, de esta forma los altos costos de I&DT son amortizados por la aplicación de la tecnología a múltiples fines. También es necesario señalar que para las empresas con departamentos diversificados de I&D, es un elemento de suma importancia que elimina problemas de “retrabajo”, porque mantiene informado a otros laboratorios sobre los resultados alcanzados. Por otra parte, la difusión externa permite identificar entre otros puntos lo siguiente: a) El estado tecnológico actual de otras empresas, b) La posición tecnológica de la propia empresa con respecto a la industria, c) Oportunidades de venta y adquisición de tecnologías desarrolladas, d) Posibles oportunidades de colaboración con otras empresas.

La Evaluación Tecnológica

El profundo entendimiento de los recursos organizacionales de la empresa y de su ambiente es esencial para el desarrollo de una efectiva estrategia del negocio. En parte, este entendimiento requiere del análisis de los recursos tecnológicos y del ambiente tecnológico que lo rodea para:

- Determinar qué recursos tecnológicos pueden ser utilizados para crear ventajas competitivas para la empresa y qué recursos son necesarios para soportar la estrategia del negocio. Estas capacidades y requerimientos deben ser analizadas a la luz de los criterios de evaluación tecnológica que la empresa considere pertinentes.
- Determinar qué tendencias futuras pueden tener influencia importante en las capacidades de la empresa para poner en práctica sus estrategias.

Flores⁽²⁾ propone en la siguiente tabla una lista exhaustiva de criterios de evaluación comparativa de tecnologías para efectuar el análisis comparativo entre las tecnologías actuales y las de potencial adquisición de una empresa.

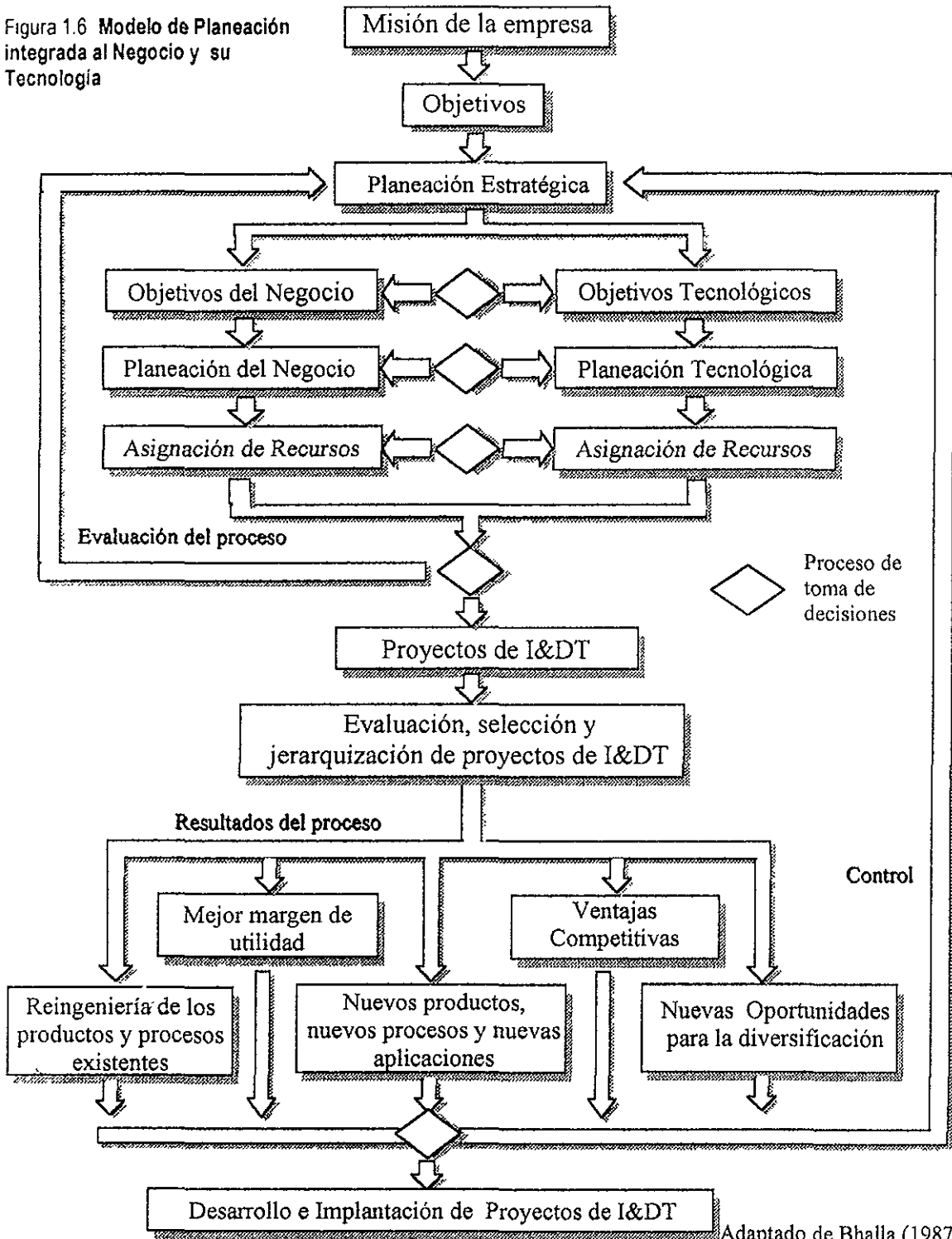
CRITERIOS DE EVALUACIÓN TECNOLÓGICA		
Estructurales y Funcionales	Flexibilidad	(Alta-Media-Baja ó Delicada-Flexible-General)
	Complejidad	(Baja- Media- Alta)
	Compatibilidad	(Compatible-Con problemas-Incompatible)
Financieros	Nivel de inversión	(Bajo-Medio-Alto)
	Riesgo	(Bajo-Medio-Alto)
	Rentabilidad	(Alta-Media-Baja)
	Productividad	(Alta-Media-Baja)
Organizacionales y Sociales	Familiaridad	(Muy Dominada-Familiar-Poco Dominio-Desconocida)
	Seguridad para el personal	(Muy Segura-Riesgosa-Muy Riesgosa)
	Nivel de Resistencia Social a la Tecnología	(Nulo-Bajo-Medio- Alto)
De Congruencia Estratégica	Con la Estrategia Funcional	(Positiva-Neutra-Negativa)
	Con la Estrategia del Negocio	(Positiva-Neutra-Negativa)
	Con la Estrategia de la Empresa	(Positiva-Neutra-Negativa)
De Mercado y Competitividad	Madurez	(Estado del Arte-Madura-Naciente-Obsoleta)
	Economías	(de Escala, de Enfoque, y de Integración)(Alta-Media-Baja)
	Exclusividad	(Exclusiva- Difusión Incipiente -- Difundida -- Propiedad Común)
	Comercialización	(Alta-Media-Baja-Incierta)
	Efecto sobre la imagen institucional	(Positivo-Neutro-Nulo)
Del Entorno	Efectos sobre la Estructura de la Industria	(Positivos-No previsible-Negativos) (Sobre la Rivalidad, el Poder de Negociación, las Barreras de Entrada y Salida, la Reacción de los Competidores, los Clientes, los Sustitutos, los Participantes Potenciales, los Proveedores y el Gobierno).
	Efectos sobre la Ecología	(Benéfica-Inocua-Dañina)
	Aspectos Legales	(Regular- Con Requerimientos Especiales - Muy Regulada - Problemática)

Fuente: Flores Luna Antonio (1991)

Modelo de Planeación Integrada al Negocio y su Tecnología

Otro modelo propuesto es el modelo de *Bhalla*⁽⁸⁾, que como el anterior enfatiza el paralelismo entre la planeación estratégica de la tecnología y la del negocio. (Ver figura 1.6). Dichos modelos proponen que una administración efectiva de la tecnología debe antes que nada soportar a la estrategia general de la empresa y de sus negocios, así los administradores de la tecnología deben antes que nada conocer las estrategias de la empresa, del negocio y de sus funciones administrativas.

Figura 1.6 Modelo de Planeación integrada al Negocio y su Tecnología



Adaptado de Bhalla (1987)

Modelo Japonés del Arbol “Bon Sai”

Por otra parte *Abetti* ⁽¹²⁾ propone que dentro del proceso global de la planeación, la tecnología puede desarrollarse bajo tres papeles distintos para el aumento significativo del proceso de la planeación estratégica empresarial.

La tecnología puede:

- a) Ser un elemento de la planeación reactiva.
- b) Conducir proactivamente el proceso de planeación.
- c) Convertirse en el factor directivo de la Estrategia Corporativa

En la Planeación reactiva, la tecnología es utilizada como cualquier otro recurso de la organización para capitalizar las oportunidades y hacer frente a las amenazas de la empresa.

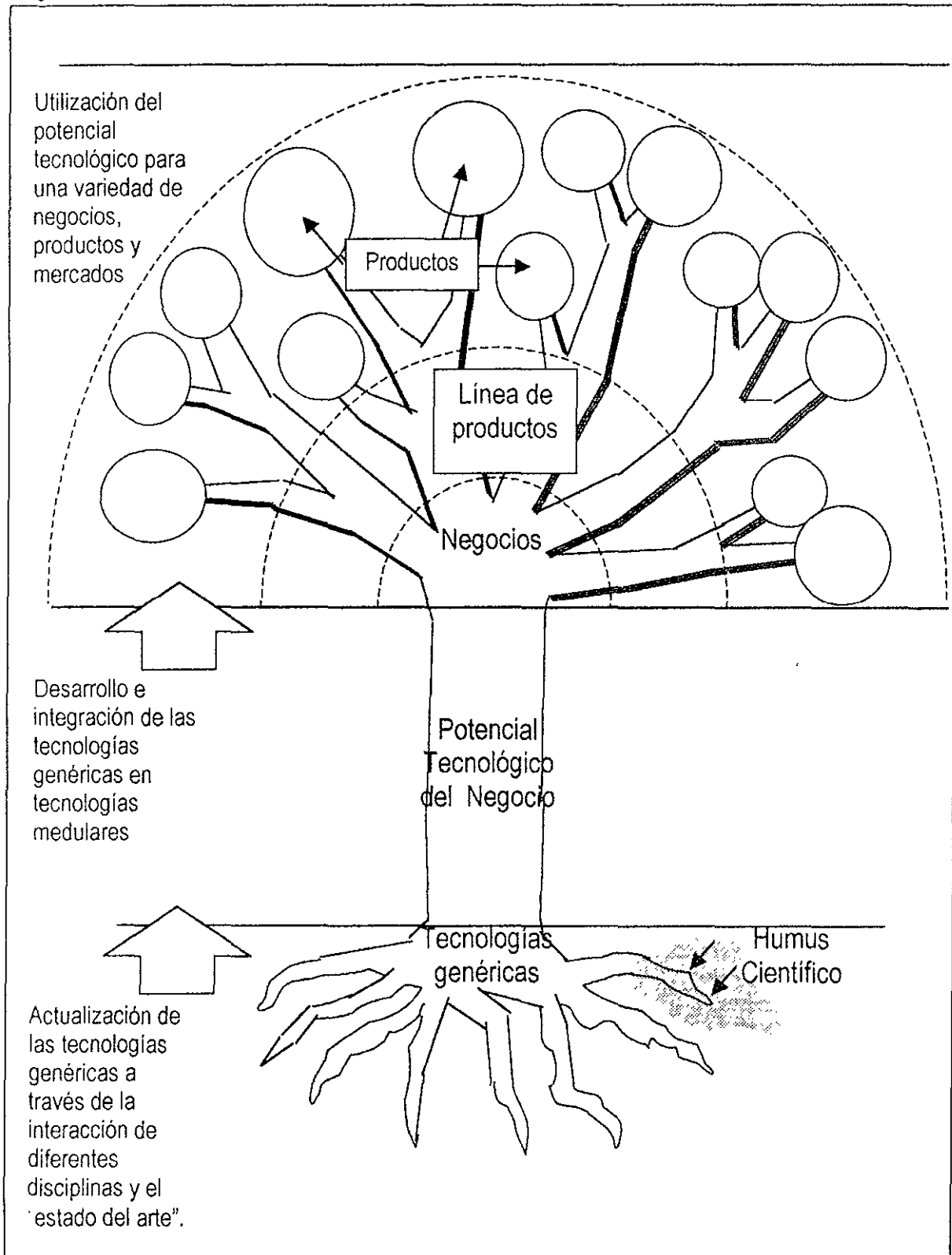
En contraste de la planeación reactiva, la planeación proactiva, la tecnología es utilizada por la organización como base específica de las ventajas competitivas. Obviamente debe de haber un mercado existente y potencial que la empresa debe conectar a la tecnología en forma creativa.

Existe una tercer forma, en la cual la tecnología, o dicho de una mejor manera, el “Knowhow” (saber como) técnico de la compañía determina y conduce la estrategia corporativa. *Abetti* describe este modelo originado en Japón y que ha sido estudiado en Francia y en otros países llamado: Modelo del árbol “Bon Sai” Japonés (Ver figura 1.7) y que recientemente ha sido utilizado para describir la forma en que las empresas Japonesas representan el papel de la tecnología para el desarrollo de sus estrategias corporativas. Para poder estudiar dicho modelo, será necesario revisar el concepto Japonés del árbol “Bon sai”, que es un árbol (sai) que crece cuidadosamente dentro de una maceta (Bon). En la antigua cultura Japonesa, los árboles fueron considerados como la morada de los Dioses “Shinto” y su imagen es a menudo utilizada para representar a la sociedad humana e incluso a las organizaciones y a las compañías.

En este modelo, aplicado al concepto empresarial, las raíces de este árbol simbolizan la interacción de la organización con el mundo de la ciencia y tecnología. Estas raíces extraen del “humus” científico las tecnologías genéricas necesarias para la organización y las transfieren como esencia vital que permite al árbol producir frutos, como productos de utilidad, y que serán cosechados por los consumidores. Las funciones de la Investigación básica y la Selección de tecnologías genéricas residen en las raíces.

El tronco del árbol simboliza el potencial del negocio y tecnológico de la compañía. Representa el “Knowhow” (saber como) y las capacidades específicas de la empresa que son incorporadas posteriormente en sus líneas de productos: tecnologías de nodo, competencias administrativas y el “Knowhow” (saber como) del mercado y del negocio. Mientras existan nuevas raíces y las viejas desaparezcan el tronco del árbol tendrá una larga vida. Su papel es desarrollar e integrar las tecnologías genéricas en tecnologías de nodo que representan las fuerzas técnicas específicas de la empresa. Las funciones de la Investigación aplicada y el desarrollo residen en el tronco.

Figura 1.7 Modelo Japonés de Arbol "Bon Sai"



Las ramas simbolizan la utilización del potencial tecnológico y de negocios de la organización en los diferentes sectores en los cuales se desarrolla así como sus líneas de productos. Su papel es el obtener los insumos necesarios del medio y producir frutos que puedan ser consumidos. Las funciones del diseño, la aplicación de la Ingeniería, la producción y el mercadeo residen en las ramas.

Con este concepto, la empresa puede ser definida como la combinación de diferentes actividades conectadas en conjunto por un conocimiento técnico, común e integrado. La implicación estratégica de este concepto es momentánea: La compañía podrá desarrollar un amplio espectro de productos, mercados e industrias en aquellos lugares en donde el conocimiento tecnológico pueda ser convertido en ventajas competitivas.

Como ejemplo del modelo anterior, podemos mencionar a la compañía Japonesa “Toray”, líder mundial en la producción de fibras de carbón y que utiliza el modelo “Bon Sai” para el desarrollo y comercialización de sus productos. Dicha compañía está verdaderamente diversificada en varias industrias (mecánica, automotriz, marina, espacio aéreo, transportación, energía e incluso la del deporte) y sus productos se pueden contar desde raquetas de tenis hasta celdas solares, frenos de disco y motores, pero la tecnología determina la estrategia y mantiene a la compañía integrada. El proceso de Planeación Estratégica es utilizado en este caso para la selección de la nueva combinación mercado/producto más atractiva y para su implantación, siempre maximizando la utilización de los conocimientos técnicos y específicos de la compañía.

La presentación de estos tres modelos ejemplifican algunos de los diversos enfoques a través de los cuales las empresas, según su cultura y su entorno competitivo, utilizan para asegurar la alineación de la estrategia tecnológica con la estrategia corporativa.

Hoy en día es necesario que las empresas nacionales reconozcan que para lograr ventajas competitivas que permitan su existencia y permanencia dentro de sus propias industrias tanto a nivel nacional como internacional se debe considerar al desarrollo tecnológico como una herramienta eficaz y como una inversión de mediano plazo en cuanto a productividad se refiere. Esto implica una evolución de la cultura tecnológica que permita una planeación estratégica basada en el análisis de las fuerzas con las cuales deberá competir y ganar su posición tecnológica y de mercado. Por esta razón los conceptos desarrollados a lo largo del capítulo pretenden subrayar sobre todo la importancia de ubicar a la tecnología y su planeación como una función administrativa nueva y de alta prioridad, así como la necesidad de asegurar la congruencia de la estrategia tecnológica con las estrategias generales de la empresa.

Sin embargo, aún queda la incógnita del enfoque necesario para dirigir los esfuerzos de la I&DT en el alcance de ventajas competitivas sostenibles en el largo plazo, por esta razón en el siguiente capítulo se presenta con mayor profundidad los elementos y conceptos necesarios para resolver dicha incógnita.

**CAPÍTULO II.-
MARCO ESTRATÉGICO
DE LA I&DT**

En el capítulo anterior se revisaron los conceptos y los principios básicos de la administración moderna que permiten la formulación de la administración tecnológica alineada con la estrategia corporativa. En el presente capítulo pretendemos profundizar los conceptos de la I&DT dentro del marco estratégico de las empresas y dirigir la atención a los problemas específicos de su función: la organización, planeación, control y de manera especial a la adecuada toma de decisiones con respecto a proyectos de I&DT.

Si revisamos nuevamente la definición de la I&DT podemos encontrar que ésta tiene como único objetivo el de generar un sólo aspecto: *conocimientos*. En efecto, son conocimientos con un propósito, pero siguen siendo únicamente conocimientos. La I&DT, por sí sola, no produce ventas, ni ganancias, ni reducción de costos. No genera un producto físico para vender ni tampoco un proceso operativo, ni mucho menos nuevos negocios o mejora la calidad. La I&DT produce el “saber como” (Know how) como base para alcanzar todas las características arriba mencionadas. En casi todas las compañías en todo el mundo, el “saber como” desarrollado por la I&DT debe ser traducido por una acción administrativa en productos, procesos, reducciones de costos, mejoramiento de la calidad, cumplimiento con las normas ambientales, desarrollo de productos y otros objetivos.⁽¹⁶⁾

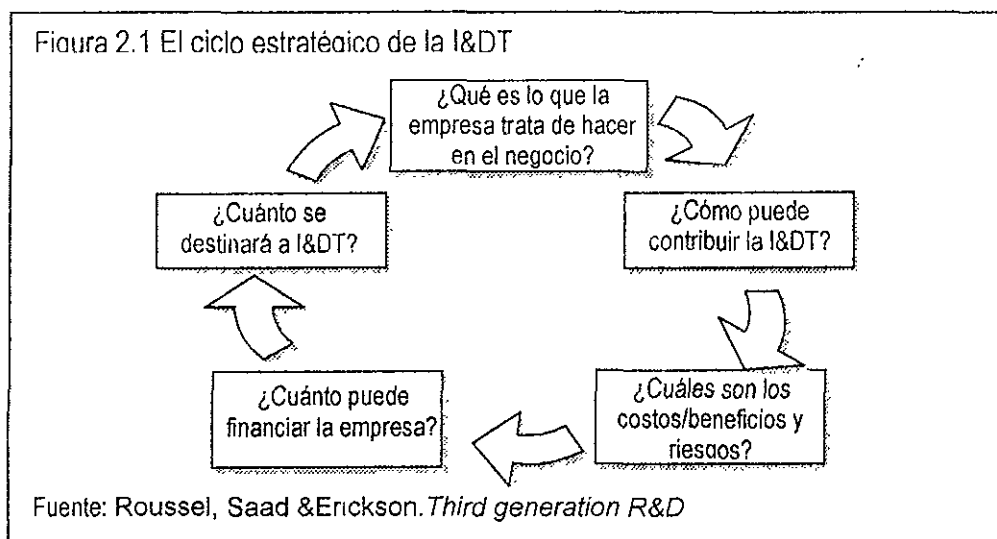
Por esta razón presentamos a lo largo del capítulo un esquema que establece un enfoque del proceso estratégico de la administración de la tecnología y la I&DT. Dicho esquema representa esta acción administrativa como razón de ser de la I&DT para que pueda alcanzar su papel potencial dentro de las empresas. Previamente, será necesario revisar algunos otros temas que se encuentran involucrados alrededor de las funciones de la I&DT y son claves para su adecuado desarrollo. Su análisis y entendimiento nos permitirá asimilar de una mejor manera este marco estratégico en cada uno de sus puntos.

2.1 LA I&DT DENTRO DEL PROCESO DE INNOVACION TECNOLÓGICA

La innovación tecnológica constituye, como se indicó en el capítulo anterior, una actividad a lo largo de toda la empresa. Por ello influyen en su realización tanto los aspectos del entorno de la empresa como los aspectos de gestión interna de la empresa.

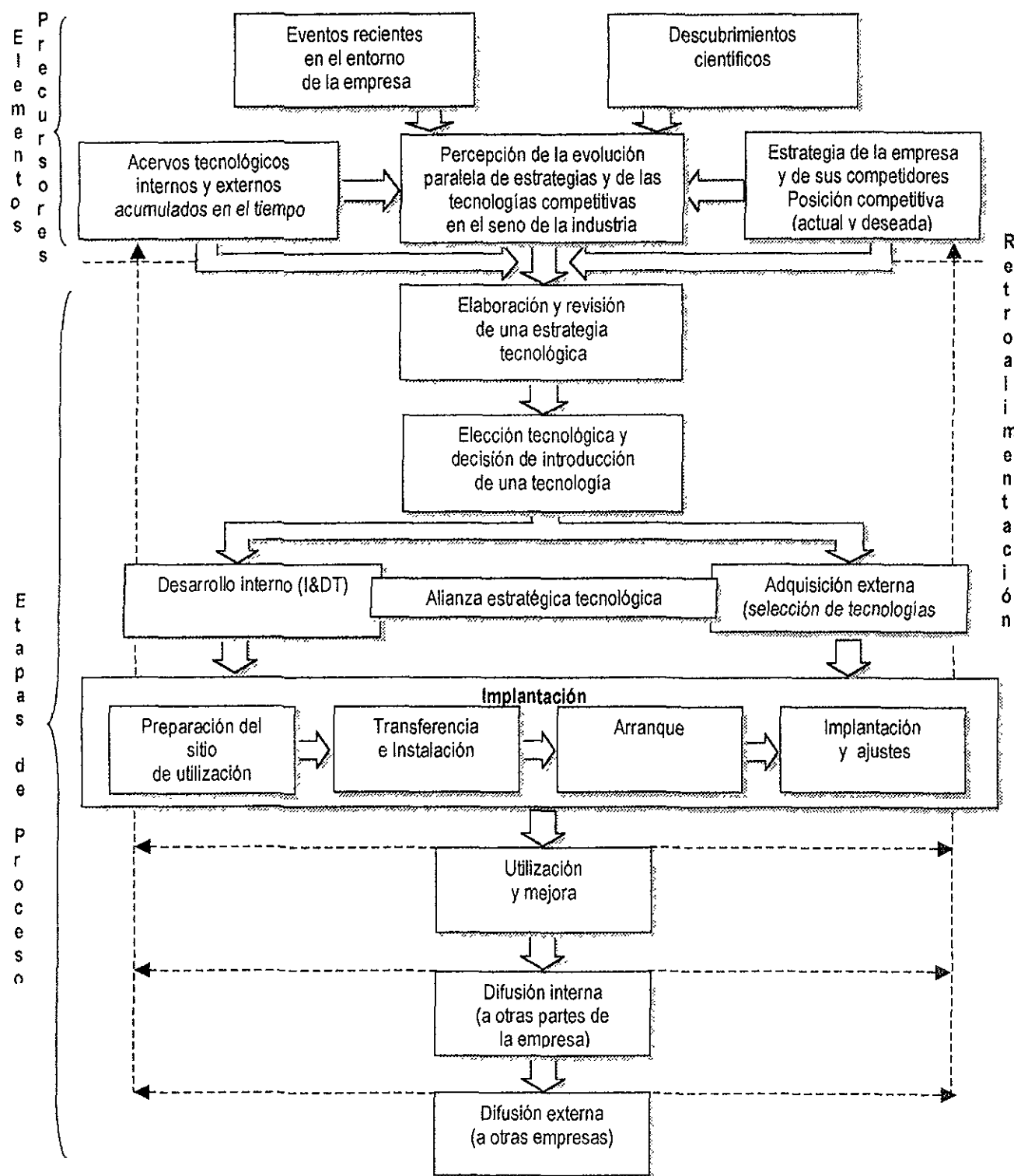
Actualmente un gran número de empresas y organizaciones han comprendido cabalmente el significado del comentario realizado por *Charles Kettering*, el cual afirma que: “por su misma naturaleza la investigación representa una empresa arriesgada... pero el único riesgo mayor que realizar la investigación es no realizarla”. Esto no significa que todas las empresas deben realizar investigación; en cambio, implica que toda empresa se debe preocupar por incorporar el proceso de innovación tecnológica dentro de sus planes y programas corporativos.

Partiendo de este enfoque podemos mencionar que el desarrollo de la I&DT es un proceso sistemático y cíclico que debe integrarse dentro de la organización para así poder explotar potencialmente sus beneficios. La figura 2.1 ilustra dicho ciclo estratégico.



En la figura 2.2 podemos encontrar un modelo que describe el proceso de innovación tecnológica que ejemplifica adecuadamente ambos aspectos. Dicho modelo presenta después de la percepción y evolución de las tecnologías en el seno de las industrias una etapa de elaboración, revisión y elección de tecnologías para su introducción que posteriormente se divide en dos ramas que son el desarrollo interno de I&DT y/o la adquisición externa de tecnología. La elaboración y elección de una estrategia tecnológica no es un proceso fácil ni tampoco un punto que las organizaciones pueden pasar por alto, sino por el contrario, es el factor determinante para el alcance de las aspiradas ventajas competitivas que permitan alcanzar crecimiento y utilidades a la empresa. De esta forma la administración de la I&DT y/o la adquisición externa de tecnología o conocimientos son la base y significados para el sostenimiento de dicha elección.

Figura 2.2 El proceso de innovación tecnológica y sus elementos precursoros



Fuente: Adaptado de Nolle Jean, Kélada Joseph & Mattio O. Diorio (1994)

2.2 EL PARADIGMA DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Un paradigma es un modelo de interpretación básica de la realidad física que permite la incorporación de nueva información a un esquema general para la resolución de problemas.

Dentro de la tecnología se puede hablar de la existencia de paradigmas universales que guían el desarrollo progresivo y las innovaciones tecnológicas. Un cambio paradigmático implica una transformación radical del sentido común en la tecnología y la administración con respecto a las prácticas más productivas y rentables. El periodo de transición entre un paradigma y otro se caracteriza por un profundo cambio estructural en la economía y la sociedad. Este cambio puede ejercer una poderosa influencia sobre los patrones de liderazgo y competencia en la industria. ⁽²⁾

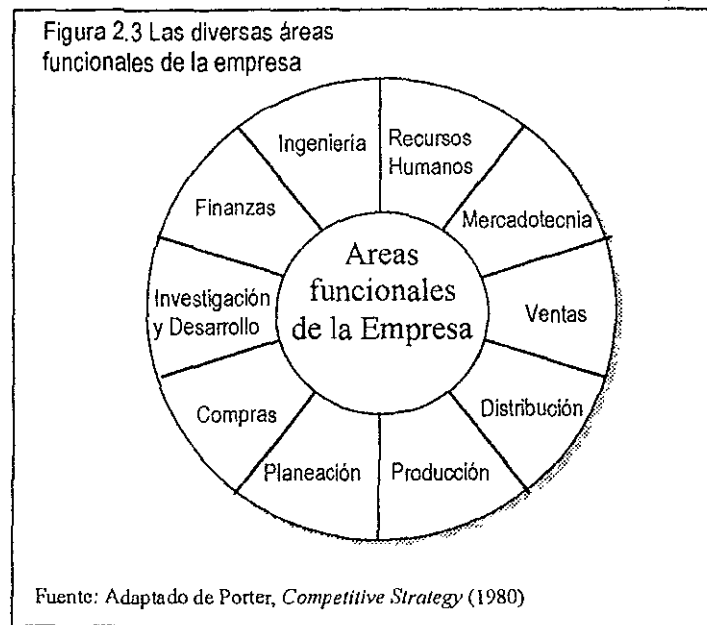
La I&DT ha demostrado ser un factor crítico e importante dentro del ámbito tecnológico que repercute en el cambio paradigmático de las industrias, sin embargo dentro de este cambio se ha observado al menos en la industria petrolera algunos factores que han conducido a la reducción de los gastos en I&DT en los últimos años como son:

- a) Tendencia hacia la reducción de costos.
- b) Mayor inclinación hacia la integración y aplicación de tecnologías externas y menor hacia la innovación y desarrollo intelectual propio de las empresas.
- c) Dificultades y problemáticas en las patentes.
- d) Mejoramiento en la capacidad de los proveedores.
- e) Mayor disposición hacia la contratación externa de servicios (“Outsourcing”).

Estos puntos han creado un nuevo paradigma dentro de la administración tecnológica de la industria petrolera. El análisis de la reducción de gastos en I&DT dentro de esta industria nos lleva a pensar que no sólo el claro entendimiento y aplicación del ciclo estratégico de la I&DT influye en la administración tecnológica, sino que es necesario tomar en cuenta otros diversos aspectos.

2.2.1 LA RELACIÓN DE LA I&DT CON OTRAS ÁREAS FUNCIONALES DE LA EMPRESA

En las compañías ampliamente diversificadas, la I&DT tiene su lugar junto con otras áreas funcionales o departamentos de la empresa. Cada una de estas áreas se encuentra estructurada para atender los distintos aspectos de la empresa como lo podemos encontrar en la figura 2.3.



Sin embargo, en cada una de estas áreas funcionales de la empresa existe una diferencia tanto organizacional y cultural que influye en la forma en la cual el personal que labora en cada una de ellas resuelve los retos y se enfrenta a su trabajo cotidiano. Esto conduce en ocasiones a diferencias y obstáculos debido a una adecuada incomprensión de la naturaleza de las otras disciplinas.

Por ejemplo, el personal de I&DT y el personal dedicado a las funciones de mercadotecnia (marketing) dependen uno del otro para la creación de nuevos productos y procesos. Su cooperación y colaboración son vitales para el éxito de los procesos de innovación. Sin embargo comúnmente entre ellos se presentan algunos conflictos y malos entendidos.

El personal de mercadotecnia frecuentemente no comprende porqué el personal de I&DT no puede cambiar inmediatamente sus diseños de producto en respuesta a las cambiantes necesidades de los consumidores, sin entender la causa del porqué no pueden ser flexibles y versátiles en sus actividades. Como resultado, el personal de mercadotecnia tiene la idea del otro departamento como inflexible, excesivamente sofisticado e incluso exuberante productor de ideas totalmente imprácticas. En contraparte, el departamento de I&DT tampoco puede comprender a menudo porqué las necesidades de los consumidores no pueden ser siempre predichas en forma precisa o porque las especificaciones de los diseños no pueden estar rígidamente establecidas desde el inicio de del trabajo. Como resultado, el

personal de I&DT encuentra a menudo al otro departamento como simplista, superficial e incluso corto de ideas. En resumen, ambos lados a menudo no comprenden los papeles, propósitos y la naturaleza de la otra disciplina

En este sentido, *Souder*⁽²⁹⁾ como conclusión a un estudio realizado en varias organizaciones en las cuales existía una fuerte dependencia entre estos departamentos menciona que se pueden encontrar lo que él llamó estados de desarmonía (disharmony states), clasificándolos como estados de desarmonías leves y severas. Los estados de desarmonías leves lo constituyen tres tipos de estados: el estado en donde existe una falta de interacción, otro de falta de comunicación y otro llamado “de demasiada laxitud” (too good friends). En la siguiente tabla se muestra en resumen el comportamiento y las actitudes de cada uno de estos estados:

Estados leves de desarmonía.	Comportamientos	Actitudes
<i>Falta de interacción.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Existen pocas reuniones de información entre el personal de I&DT y mercadotecnia • Pocas juntas de toma de decisiones entre I&DT y mercadotecnia • Ninguno de ambos departamentos atiende las juntas del otro • Los documentos y reportes no circulan entre el personal de ambos departamentos 	<ul style="list-style-type: none"> • El Depto. de mercadotecnia no tiene el tiempo suficiente para meterse en detalles con I&DT • I&DT cree que es de poco valor estar íntimamente relacionado con mercadotecnia. • Ambas partes están profundamente involucradas con sus propias especialidades y no aprecian ninguna razón para aprender mas del otro departamento. • Ninguna entidad distingue la necesidad de interacción. I&DT espera que mercadotecnia utilice cualquier cosa que se le proporcione y mercadotecnia espera de I&DT la creación de productos útiles para sus clientes
<i>Falta de comunicación</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Existe cierta comunicación entre ambas partes, pero no es una comunicación realmente profunda. • Mercadotecnia no está completamente informada de las nuevas tecnologías en las cuales está trabajando I&DT o se entera en las últimas etapas del ciclo de vida de las tecnologías. • I&DT no está completamente informada de las necesidades del mercado ni de las razones para nuevos productos 	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas entidades no distinguen razón alguna para informar a la otra. • Ninguna de ambas partes cree que la otra posea información de valor especial. • Ninguna entidad encuentra necesidad alguna para proporcionar a la otra cualquier información detallada o explicaciones
Demasiada laxitud	<ul style="list-style-type: none"> • Ninguna de ambas partes proporciona reto alguno a las otra ni la cuestiona sobre sus juicios o criterios • Ambas entidades evitan entrar en conflicto o argumentar sobre detalles. • Los individuos de I&DT y mercadotecnia parecen ser "buenos amigos" -- incluso realizan visitas juntas a los clientes y se encuentran socialmente de manera frecuente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ninguna de ambas partes quiere dañar o herir los sentimientos de la contraparte. • Cada una siente que las otra parte tiene su propio campo y se deben limitar a su propia especialidad. • I&DT se basa exclusivamente en el personal de mercadeo para juicios e información acerca de aspectos de mercadotecnia. • Ambas entidades toman el consejo de la otra de manera siempre precisa y sin reproches. • Ambas partes poseen un alto aprecio por la otra.

Estados severos de desarmonía.	Comportamientos	Actitudes
Falta de Apreciación	<ul style="list-style-type: none"> • Mercadotecnia en algunas ocasiones compra el trabajo de I&DT fuera de la empresa más que utilizar el grupo interno de I&DT. • En vez de consultar las ideas de nuevos productos de mercadotecnia, I&DT opera independientemente con sus propias ideas. • Mercadotecnia tiene la intención de ejercer un estricto control sobre I&DT en lugar de trabar en conjunto. • I&DT en algunas ocasiones no toma en cuenta al grupo de mercadotecnia y directamente realiza el mercadeo de sus nuevas ideas. 	<ul style="list-style-type: none"> • El grupo de mercadotecnia tiene la sensación de que el grupo de I&DT es demasiado sofisticado en sus enfoques • I&DT siente que mercadotecnia es demasiado simplista en sus enfoques. • Mercadotecnia piensa que I&DT no debe visitar a los clientes porque “pueden hablar sobre sus cabezas”. • I&DT piensa que mercadotecnia no tiene realmente una buena idea del tipo de productos que se necesitan. • I&DT piensa que las funciones de mercadotecnia son generalmente innecesarias
Desconfianza	<ul style="list-style-type: none"> • El grupo de mercadotecnia tiene la intención de dictar exactamente qué, cuándo, en dónde y cómo realizar el proyecto sin permitir ni tolerar sugerencias de I&DT. • I&DT inicia muchos proyectos y los mantiene en secreto al personal de mercadotecnia. • Mercadotecnia sólo le permite a I&DT conocer el proyecto hasta que sabe perfectamente qué es lo que quiere realizar, de esta manera, I&DT no tendrá ninguna oportunidad de argumentar sus propias ideas. • El personal de I&DT y mercadotecnia se evitan a propósito, algunas veces incluso se rehusan a sentarse juntos a la mesa 	<ul style="list-style-type: none"> • El grupo de mercadotecnia siente que puede perder el control cuando I&DT se encuentra involucrado; el proyecto arranca y no se vuelven e encontrar hasta que éste se ha finalizado. • Mercadotecnia piensa que I&DT no es confiable al hacer aquello para lo cual está capacitado. • I&DT teme que mercadotecnia lo quiera eliminar organizacionalmente. • Mercadotecnia no siente la confianza en I&DT para decirle precisamente lo que el cliente realmente necesita. • I&DT teme que sean culpados si el producto falla, pero mercadotecnia se llevará los créditos si el producto es exitoso

Generalmente se pueden encontrar que el personal involucrado en operaciones tiene enfoques totalmente opuestos al personal involucrado en la generación de tecnología e I&DT como se observa en el siguiente esquema:

Operaciones		Generadores de Tecnología/ I&DT
De corto a mediano plazo	<i>Dimensión de tiempo en el cual se trabaja</i>	De mediano a largo plazo
Baja	<i>Tolerancia a la incertidumbre</i>	Alta
Interés Económico	<i>Motivación</i>	Interés en la Innovación
Negocios	<i>Educación y Experiencia</i>	Científica

Todo estos problemas se ven disminuídos cuando en las organizaciones se logra una administración integrada. Por administración integrada se debe entender como aquellas organizaciones en donde la administración general instituye un esquema de administración que implica generar un ambiente tanto estratégico como operacional, coherente y consistente entre la I&DT y todas las diversas áreas funcionales de la empresa trabajando en armonía con los objetivos de la empresa.

Se ha observado que en una administración integrada se incrementan los beneficios de la I&DT y se pueden reconocer las siguientes características dentro de este tipo de administración:

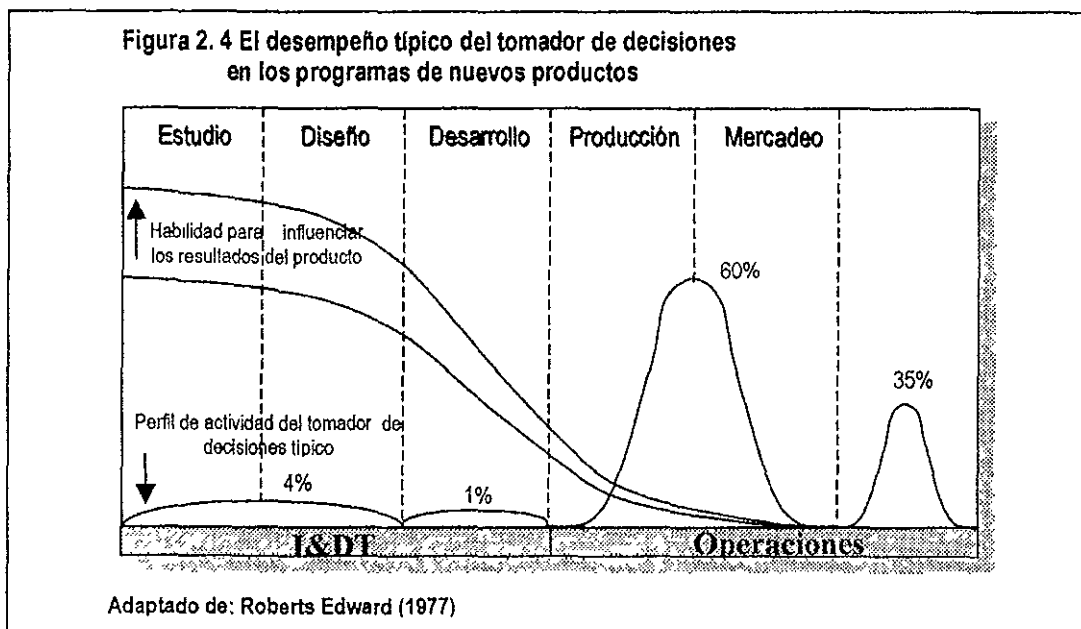
- a) Una I&DT fuertemente alineada con los objetivos del negocio.
- b) Una I&DT que enriquece y motiva a las decisiones de los negocios.
- c) Mejora en la calidad de la administración a través de esfuerzos sinérgicos.
- d) Se evitan en forma más eficiente los contratiempos y turbulencias externas e internas del medio y de la industria en la cual participa la empresa
- e) El personal que labora en la I&DT trabaja mejor motivado.
- f) Se reducen los costos de I&DT(por unidad de producto).

2.2.2 EL PAPEL DE LOS TOMADORES DE DECISIONES DENTRO DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Un estudio realizado por *McKinsey y Compañía* entre varias organizaciones activas en la labor de la I&DT reveló que aquellas empresas en las cuales se obtuvieron resultados exitosos en cuanto a I&DT correspondían a aquellas en las cuales se encontraban profundamente involucrados los altos niveles de tomadores de decisiones. Más aún, el estudio encontró que casi la mitad de las ideas creativas de investigación en las industrias de la química, electrónica y farmacéutica fueron sugeridas originalmente por los altos niveles de tomadores de decisiones. (*Hertz, 1965*)

Es durante las etapas tempranas de los programas de desarrollo de nuevos productos (estudio, diseño, y desarrollo) el momento para que la experiencia de los tomadores de decisiones pueda influenciar y provocar mejoras significativas en el proceso de innovación y sobre todo en los resultados. Sin embargo, se ha observado en otros estudios (*Roberts B Edward, 1977*) que los tomadores de decisiones actualmente dedican una parte mínima de su tiempo y atención a estas etapas primarias de los programas de nuevos productos dándole mayor importancia a las etapas de producción y mercadotecnia, cuando ya es demasiado tarde para realizar cualquier acción que pueda influenciar y mejorar los resultados.⁽²⁷⁾ En la figura 2.4 se pueden distinguir estas etapas y el perfil de actividad de los tomadores de decisiones durante el proceso de innovación.

Resulta evidente que el papel de los tomadores de decisiones debe estar enfocado en la mayor parte de su tiempo a las etapas iniciales dentro del proceso de desarrollo de nuevos productos.



2.2.3 LA INCERTIDUMBRE Y EL RIESGO

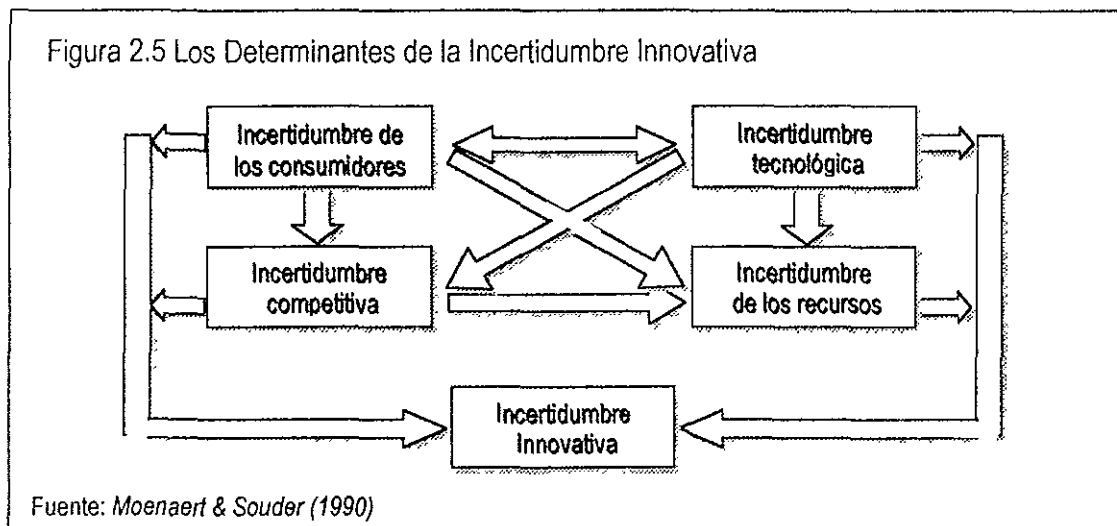
Dentro de la planeación estratégica de la I&DT es necesario realizar una distinción clave entre la incertidumbre y el riesgo. La incertidumbre es una situación con objetivos, acciones, mediciones y control no definidos. La incertidumbre por lo tanto no puede ser administrada por las empresas, pero sí a menudo puede ser reconceptualizada como riesgo, el cual sí puede ser cuantificado e incluso ser administrable.

Cuantificar el riesgo de la I&DT es una función de la probabilidad de varios sucesos multiplicados por el desembolso (generalmente financiero). Un riesgo aceptable depende individualmente de la compañía, industria, así como de la cantidad y calidad del potencial de recompensa.

Moenaert & Souder⁽²⁸⁾ mencionan que dentro de la innovación tecnológica es posible distinguir cuatro fuentes de incertidumbre:

- a) *Incertidumbre de los consumidores*. Son los requerimientos no identificados de los usuarios.
- b) *Incertidumbre tecnológica*. Se refiere a la falta de conocimientos acerca de soluciones tecnológicas.
- c) *Incertidumbre competitiva*. Es la ausencia de información acerca de los competidores.
- d) *Incertidumbre de los recursos*. La ausencia de información necesaria para crear innovaciones.

En la siguiente figura (figura 2.5) se observan estas fuentes de incertidumbre y sus interrelaciones.



A continuación, presentamos una tabla que describe la relación entre el riesgo y la recompensa en las inversiones de I&DT. La magnitud del riesgo aceptable para una empresa está determinada según la naturaleza de cada organización y de la industria en la cual compite y claro está, de la cantidad y calidad de recompensa o utilidades a las cuales la compañía aspira alcanzar si los resultados son favorables.⁽¹⁶⁾

Tabla 2.2.-La relación entre el riesgo y la recompensa en las inversiones de I&DT

Recompensa Potencial	Alto	Excelente Inversión en I&DT	Buena-Excelente Inversión en I&DT	(Posible) Buena-Excelente Inversión en I&DT
	Moderado	Buena Inversión en I&DT	Aceptable-Buena Inversión en I&DT	
	Bajo	Aceptable Inversión en I&DT		
		Bajo	Moderado	Alto
		Riesgo		

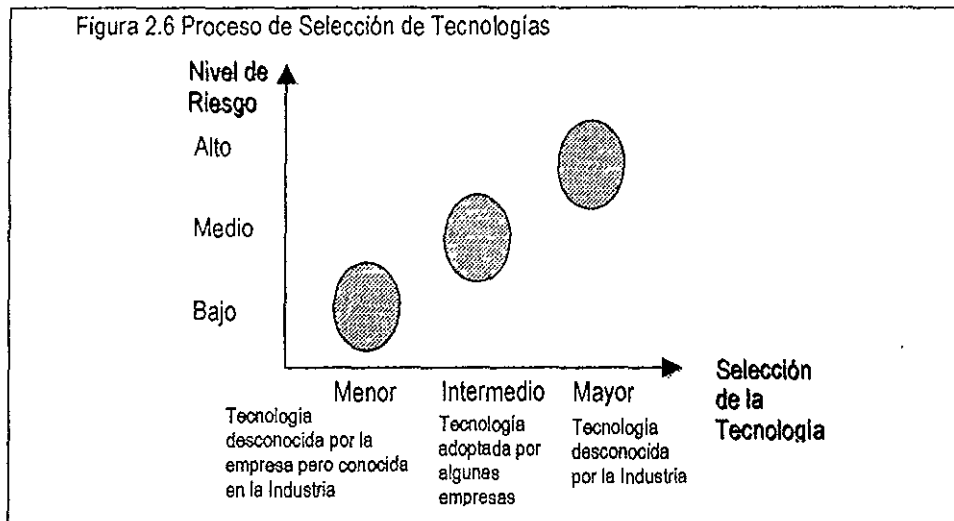
No existe una definición rigurosa en los conceptos de “Alto”, “Moderado” o “Bajo” nivel de recompensa. Cada uno está determinado por las condiciones específicas y particulares de la empresa, sus estrategias, la industria así como por las condiciones competitivas.

Dentro de la evaluación apropiada del riesgo relativo presente en la adopción de una tecnología de entre varias alternativas, como ya hemos mencionado, las tecnologías pueden ser oportunidades o riesgos para una empresa y el reto consiste en identificar cuáles representan oportunidades y cuales representan riesgos. Así mismo es necesario determinar cómo aumentar el valor de las tecnologías que la organización ya posee.

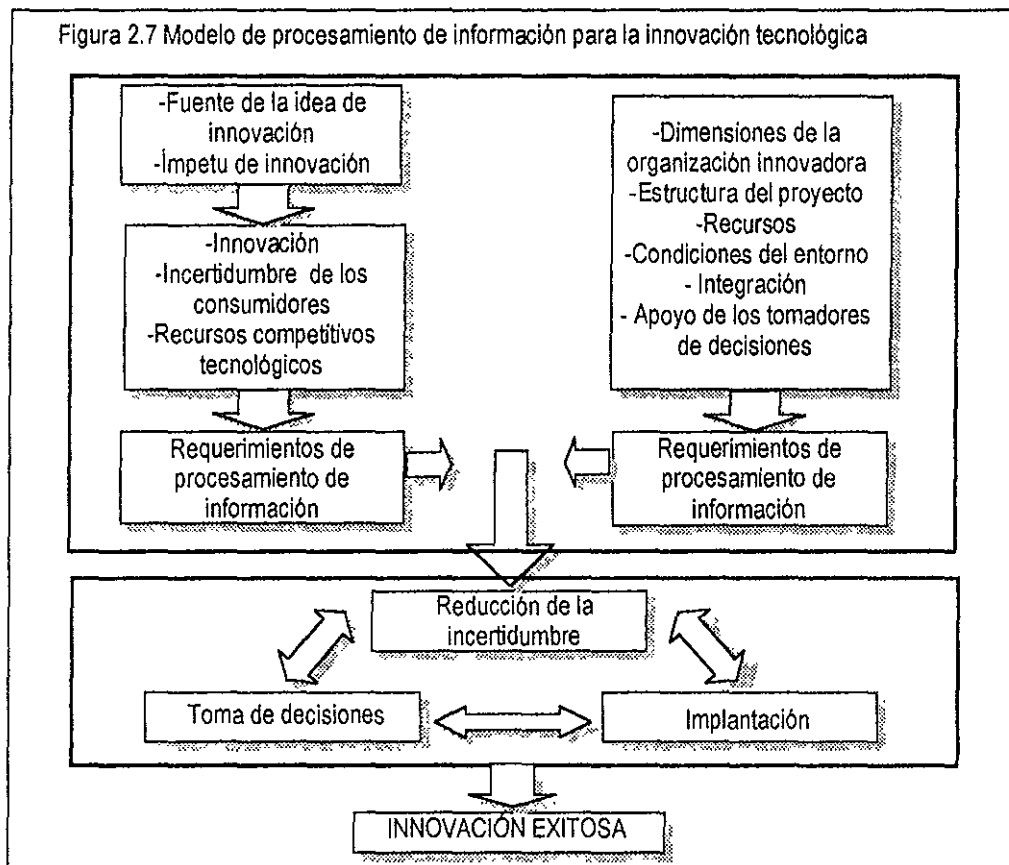
En cualquiera de ambos casos, se deben identificar los siguientes factores:

- Las áreas de incertidumbre asociadas con dicha tecnología
- El nivel de incertidumbre en cada una
- El número de enfoques potenciales para resolver una incertidumbre (mientras mayor sea el número menor será el riesgo)
- El riesgo de aplicación de esa tecnología en cuanto al tiempo de asimilación
- Los riesgos generados tras la venta (en cuestión a la capacidad de servicio tecnológico)
- El riesgo de abandonar una industria (desprestigio ante los clientes insatisfechos)

La incertidumbre en los proyectos es generalmente mayor en las fases iniciales cuando los costos son relativamente bajos. Si el departamento de I&DT conoce el potencial de recompensa o utilidad de un proyecto, pero no conoce los riesgos de ubicarse en ese punto, se recomienda la realización de un estudio de factibilidad que ayudará a cuantificar el riesgo y proporcionará las bases para decidir la dirección a tomar en la fase de desarrollo. (Ver figura 2.6)



Las cinco fuentes de la incertidumbre arriba mencionadas determinan el procesamiento de información requerida para el resultado exitoso de la innovación. El nivel y tipo de incertidumbre estará influenciado por el ímpetu de la innovación y de la fuente de la idea de innovación. La capacidad de procesamiento de información de la organización estará en función de la efectividad en la estructura adoptada en el proyecto, el apoyo de los altos niveles de los tomadores de decisiones, las condiciones del entorno de la organización y de la integración interfuncional. Es de esperarse que en la medida en que la empresa logre cerrar la brecha entre la información requerida y la que posee, mejor será la toma de decisiones y su implantación.⁽⁴⁾ Esto se encuentra representado en la figura 2.7



2.2.4 LOS TIPOS DE I&DT

Antes de revisar los aspectos fundamentales involucrados dentro de la administración de proyectos de I&DT, es necesario saber los tipos de I&D existentes.

Los términos “Investigación” y “Desarrollo” se han convertido bajo la expresión de I&DT en un concepto tan estrechamente relacionado dentro del pensamiento administrativo que generalmente los tomadores de decisiones no distinguen las diferencias entre ellos ni las clasificaciones existentes. Por ello en la siguiente tabla se exponen los tres tipos de I&DT existentes y sus características:

Características de los tres tipos de I&DT

Tipo de I&DT	Características
<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Incrementalista</i> (Bajo nivel de “I” y un alto nivel de “D”). 	Normalmente se refiere a la explotación inteligente de los conocimientos científicos y de ingeniería en nuevas formas, caracterizadas por riesgos de bajo nivel y utilidades moderadas
<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Radical</i> (Alto nivel de “I” y a menudo también un alto nivel de “D”). 	La creación de nuevos conocimientos para la compañía (e incluso de innovación total en el mundo) para el alcance de objetivos específicos del negocio, caracterizados por riesgos y utilidades de alto nivel
<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Fundamentalista</i> (Alto nivel de “I” y nada de “D”). 	La creación de nuevos conocimientos para la compañía (y probablemente de innovación total en el mundo) para ampliar y profundizar el entendimiento de las áreas científicas y de ingeniería de la empresa, caracterizadas por riesgos de alto nivel, cierto grado de incertidumbre en cuanto a la aplicación sobre las necesidades de la organización. Probabilidad de costos altos y altamente especulativos, resultados comerciales altamente inciertos y periodos de tiempo a largo plazo.

Fuente: Roussel, Saad & Erickson. 1991. *Third generation R&D*.

Operar dentro del estado del arte es equivalente a lo que comúnmente se conoce como I&DT Incrementalista. La I&DT Radical, por definición, demanda el desarrollo de un conocimiento del cual las compañías aún no poseen. Está representado por el área cercana a la línea simbólica de frontera llamada “estado del arte”. Este tipo de investigación presenta como características un alto riesgo y altas inversiones pero a la vez una alta rentabilidad así como una ventaja de liderazgo en cuanto a la elección de insumos, patrones de consumo, estandarización y normalización. Por otra parte, las organizaciones con una I&DT de carácter fundamentalista a menudo muestran alguna de las siguientes características:

- 1 *Utilización de especificaciones de diseño indefinidas.* Cuando los tomadores de decisiones en éste tipo de organizaciones pueden identificar las problemáticas pero no pueden especificar la solución deseada, se dedican a descubrir y evaluar soluciones alternas, más que a implantar una única solución.

- 2 *Tendencia a transmitir en forma incierta los objetivos y datos de mercado entre el personal técnico, más que difundir información específica hacia el personal.* Al ser éste tipo de organizaciones incapaces de presentar requerimientos específicos para la investigación, utilizan formas de comunicación inciertas para estimular la generación de alternativas que sean consistentes con los objetivos corporativos.
- 3 *Asignación indirecta de responsabilidades.* Debido a que las especificaciones de diseño no se encuentran claramente definidas y que la penetración técnica y la contribución potencial son individuales, los tomadores de decisiones deben permitir una libertad para la iniciativa individual y el progreso más que asignar a los individuos a partes específicas de una solución bien definida.
- 4 *Mantenimiento de un proceso continuo de evaluación y selección de proyectos.* La investigación en estas organizaciones se encuentra basada en un cambiante proceso de soluciones alternas de valor. Por ejemplo, una estrategia de los competidores o incluso los resultados alcanzados por otro proyecto puede volver obsoleto una pieza de la investigación o cambiar sus prioridades.
- 5 *Enfoque hacia resultados significativos.* En donde existe un problema de investigación que no ha sido firmemente estructurado, las soluciones (si es que se encuentran) no siempre son obvias. En este tipo de organizaciones se estimula al tomador de decisiones para desarrollar habilidades para reconocer resultados técnicos o comerciales significativos. La historia de las invenciones se encuentra repleta de ejemplos, como por ejemplo el descubrimiento del nylon, en donde una chispa de visión en las posibilidades de los resultados experimentales guiaron a grandes descubrimientos que de otra manera se hubieran perdido.
- 6 *Mayor valor hacia la innovación que hacia la eficiencia.* La economía en los resultados de investigación es menos importante que el alcance de mejores soluciones con claras ventajas de mercado y/o de utilidades. De esta forma se pone precio a la innovación aún cuando esto implique sacrificios en la eficiencia en la estructura organizacional, en su planeación o control.

En contraste, las organizaciones con una I&DT de tipo incrementalista se pueden reconocer por las siguientes cuatro características:

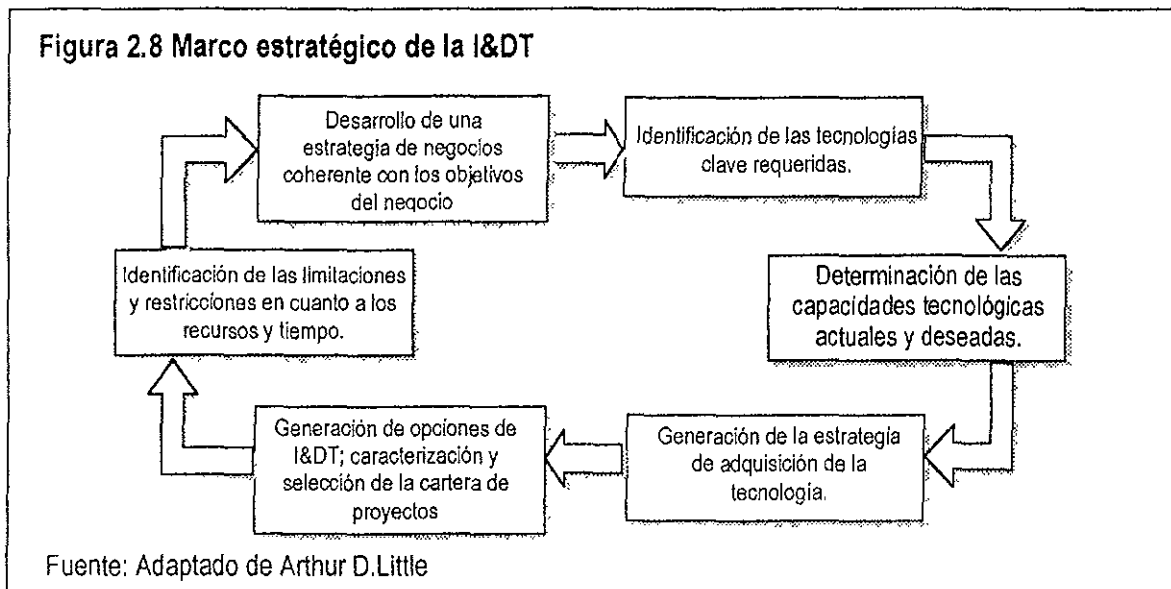
- 1 *Especificaciones de diseño bien definidas.* Con la investigación esencialmente completa, el objetivo del desarrollo es razonablemente claro y las pruebas de desempeño se pueden especificar tempranamente durante el diseño. La tarea técnica no es crear nuevas alternativas sino reduce las alternativas disponibles a una solución única para su implantación.
- 2 *Supervisión de los niveles superiores de la estructura organizacional.* El trabajo a realizar está altamente interrelacionado desde el comienzo del diseño hasta las pruebas, los administradores tienden a especificar objetivos, dar órdenes, y medir cuidadosamente el desempeño. El gran número relativo de personal en éste tipo de organizaciones (diseñadores, ingenieros de pruebas, ingenieros de producción) necesitan de un enfoque de administración más estructurado que el que se requiere en las organizaciones con una intensa investigación.
- 3 *Arreglo secuencial de tareas.* En forma opuesta a las organizaciones de investigación intensa en donde mucha gente puede trabajar en paralelo, la organización de desarrollo intenso requiere de una disciplinada secuencia de actividades, con sofisticados controles para asegurar que los objetivos técnicos son alcanzados dentro de los tiempos planeados y los límites de costos. En esta organización existe una tendencia hacia la eficiencia y los resultados.
- 4 *Vulnerabilidad a los cambios.* Estas organizaciones pueden ser severamente afectadas por cambios de última hora en las especificaciones.

2.3 EL MARCO ESTRATÉGICO PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA I&DT

El marco estratégico para la administración de la I&DT comprende los siguientes puntos:

1. *Desarrollo de una estrategia de negocios coherente con los objetivos del negocio.*
2. *Identificación de las tecnologías clave requeridas.*
3. *Determinación de las capacidades tecnológicas actuales y deseadas.*
4. *Generación de la estrategia de adquisición de la tecnología.*
5. *Generación de opciones de I&DT; caracterización y selección de la cartera de proyectos.*
6. *Identificación de las limitaciones y restricciones en cuanto a los recursos y tiempo.*

En la figura 2.8 podemos encontrar representado este marco estratégico de la I&DT que nos permite distinguir que los seis puntos arriba mencionados se encuentran involucrados en un proceso cíclico iterativo que permite a las organizaciones alcanzar sus objetivos de tecnología e I&DT.



1. *Desarrollo de una estrategia de negocios coherente con los objetivos del negocio*

El punto inicial de este marco es el desarrollo de una estrategia de negocios coherente con los objetivos del negocio.

En este marco estratégico se debe asegurar que los objetivos del negocio satisfagan los siguientes tres criterios:

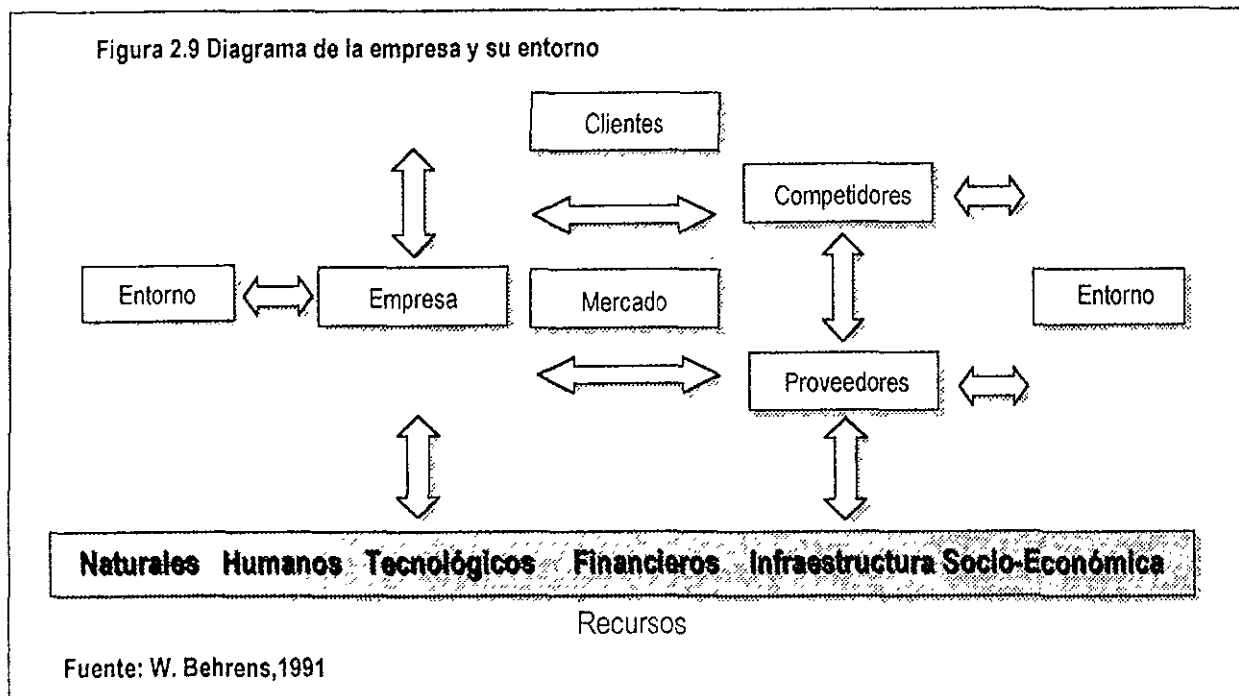
- Deben ser lo suficientemente específicos y cuantitativos.
- Deben contener un grado de mejora en el desempeño.
- Debe existir un balance entre los objetivos a mediano, corto y largo plazo.

En el actual ambiente de cambios tanto económicos, ecológicos, políticos y tecnológicos cada vez más dramáticos y mayores dentro de los negocios, son cada vez más necesarios instrumentos de administración más efectivos. Desde este plano surge la orientación estratégica de planeación de negocios para hacer frente a los riesgos asociados con la toma de decisiones.

La planeación de negocios ha sido definida en varias formas. Sin embargo *Peter Drucker* ⁽⁷⁴⁾ aportó una de las definiciones más consistentes en la cual menciona que “la planeación de negocios es un proceso continuo y emprendedor de toma de decisiones en forma sistemática con el mayor conocimiento posible de su futuro, organizando también sistemáticamente, los esfuerzos necesarios para llevar a cabo estas decisiones bajo la medición de los resultados a través de un organizado sistema de retroalimentación.”

La orientación estratégica de planeación de negocios se caracteriza por lo siguiente:

- A) *Búsqueda de adecuadas estrategias de inversión.* Una decisión de inversión adecuada es aquella que pueda alcanzar económicamente sus objetivos básicos sobre su horizonte de planeación. Es determinante comprender que los objetivos básicos de la inversión de proyectos no son la maximización del valor de los productos, ni la minimización de los costos de los insumos, ni tampoco la eficiencia técnica del proyecto o la maximización de las utilidades, sino la combinación de todos estos aspectos técnicos y económicos los cuales forman parte de las exigencias de la planeación de negocios a largo plazo. Esta orientación hacia la óptima combinación implica que el objetivo principal se basa en la minimización de riesgos dentro del desarrollo de las estrategias de la empresa.
- B) *Comprensión de los elementos que constituyen el proceso de cambio.* Los tomadores de decisiones son los encargados de identificar dichos elementos y desarrollar las habilidades esenciales para determinar las estrategias de inversión, por ello, cualquier empresa o proyecto de inversión debe ser entendido como una parte integral de un sistema tanto socio-económico como ecológico donde existe una relación de interdependencia entre el sistema y la empresa.



En la figura 2.9 se puede distinguir que los requerimientos y los objetivos de la empresa o del proyecto de inversión en particular dependen del sistema, el cual es superior a la misma empresa, de la misma manera la empresa o el proyecto tendrá cierto impacto en el sistema. Este sistema superior se denomina generalmente como el entorno de inversión el cual consiste de dos medios estrictamente interrelacionados: el socio-económico y el natural. Dentro de este entorno la empresa o el proyecto de inversión en estudio puede ser visto como una entidad social y económica que se encuentra como mediador entre los clientes y los recursos. Como parte de este entorno, se opera dentro de un mercado competitivo, en el cual se encuentran los proveedores y otros consumidores.

La interdependencia entre el entorno y la empresa presenta dos consecuencias:

En primer lugar, la empresa debe adaptarse a los cambios del entorno cuando y donde sea requerido.

En segundo lugar, la organización debe tratar de influenciar o controlar dichos cambios.

De esta forma los proyectos de inversión deben estar diseñados para enfrentar a los cambios del entorno futuros.

C) Desarrollo de habilidades específicas. Para poder sobrevivir en un entorno competitivo la empresa necesita ciertas habilidades que la distingan de sus competidores las cuáles permiten a la empresa ganar ventajas competitivas y, en el largo plazo, alcanzar mejores resultados que sus competidores. Las empresas deben desarrollar y mantener las habilidades específicas centradas en el diseño de productos, reducción de costos de producción, control de los canales de distribución, etc.

Una característica de la toma de decisiones estratégica es que está orientada al alcance y mantenimiento de una posición óptima de la empresa en el entorno competitivo. Para ese fin, se deben determinar objetivos de planeación a corto y mediano plazo específicos y bien definidos, así como las estrategias con las cuales se alcanzarán dichos objetivos.

Principios estratégicos básicos

El desarrollo de estrategias de éxito se basa en tres principios universalmente aceptados que se pueden considerar válidos independientemente del tipo de industria y del tipo o tamaño del proyecto

a) **Concentración de fuerzas.**

Este aspecto es presumiblemente uno de los principios más importantes de la planeación estratégica. Desde el punto de vista de la planeación de inversiones significa que los proyectos deben formularse para evitar debilidades tanto como sea posible, así como para desarrollar las fuerzas necesarias para centrarse en áreas de posible éxito.

b) **Balance de riesgos.**

Cada estrategia representa riesgos que deben ser identificados para poder determinar como administrar y minimizar dichos riesgos. Si el estudio no lo considera factible, la decisión de inversión no debe llevarse a cabo. El balance de riesgos significa que los recursos no se encuentran completamente concentrados en una sola estrategia y que el diseño del proyecto requiere una balance entre varios riesgos, incluyendo a aquellos relacionados con el mercado, abastecimiento, tecnología y cuestiones políticas.

c) **Cooperación**

Identificar y establecer programas de cooperación con otras empresas puede resultar extremadamente benéfico para ambas partes, subsanando debilidades por efecto de sinergias tecnológicas y económicas.

Los medios de éxito de la competitividad

Los medios de éxito de la competitividad, utilizables por la empresa, son múltiples por las diferentes combinaciones posibles; estos medios están, sin embargo, limitados cuando se analiza su contenido. Así es posible identificar tres medios de éxito para la competitividad, que son: los costos, el valor y el tiempo. Dependiendo del acento que la empresa ponga en uno de éstos, se efectuará la elección de una estrategia y de un posicionamiento competitivo específicos. Sin embargo, esta elección y, de una manera más general, el conjunto de las elecciones estratégicas, se lleva a cabo con relación al entorno más o menos conocido dentro del cual evolucionan otros actores.

Explotación de los medios de éxito de la competitividad.

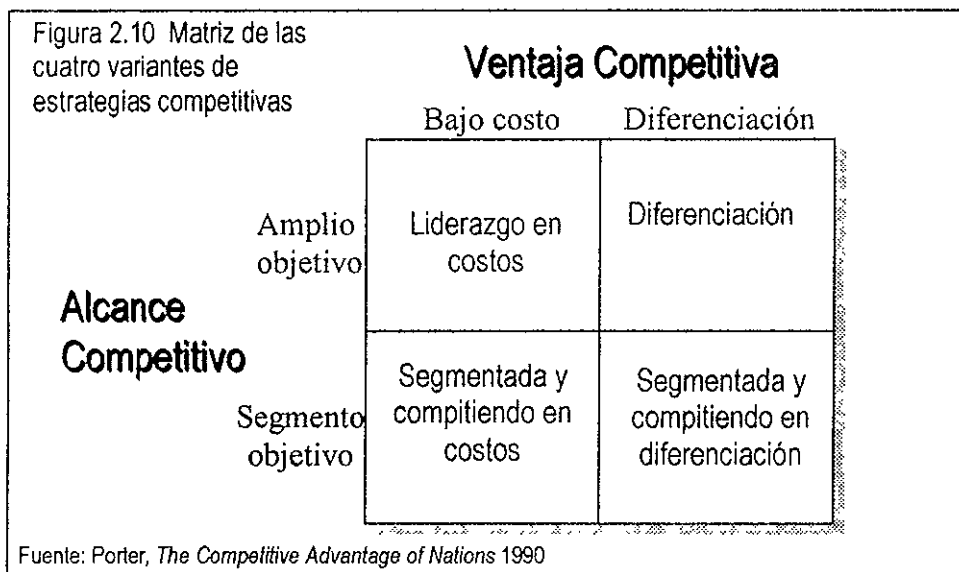
La competitividad de la empresa resulta siempre de una combinación de los medios de éxito para lograr la competitividad, los que se pueden sintetizar por los costos, el valor y el tiempo. No obstante, parece ser que la efectividad y el desempeño de la empresa resultarán

finalmente de la ponderación de estos tres medios y de sus consecuencias sobre la gestión y sobre la organización en las cuales la empresa se apoyará. Es conveniente realizar una síntesis de las estrategias para cada medio de éxito.

Porter⁽²²⁾, autoridad en el tema, propone para el desarrollo de estrategias funcionales el modelo de *estrategias competitivas genéricas*, el cual se basa en dos principales estrategias para la competitividad de las organizaciones en una determinada industria: La estrategia de bajo costo y la estrategia de diferenciación.

La estrategia de bajo costo radica en la habilidad de la organización para diseñar, producir y ofrecer un producto que en comparación a la competencia resulte más eficiente. En contraste, la estrategia de diferenciación es la habilidad para ofrecer un valor único y superior al comprador en términos de calidad de producto, características especiales o servicio posventa. Estas estrategias son llamadas genéricas porque pueden ser alcanzadas por cualquier tipo o tamaño de empresa. Porter⁽²⁴⁾ además menciona que la ventaja competitiva de la empresa en una industria estará determinada por su alcance competitivo, es decir, la amplitud de su objetivo de mercado. En otras palabras, se puede escoger un amplio objetivo (enfocado a una gran masa de mercado) o un segmento objetivo (la segmentación del mercado en nichos específicos). Al combinar estos dos tipos de objetivos de mercado con las dos estrategias competitivas resulta la matriz de las cuatro variaciones de estrategias genéricas que se muestra en la figura 2.10.

Cuando las estrategias de bajo costo y diferenciación tienen un amplio objetivo de mercado, se llaman liderazgo en costos y diferenciación, respectivamente. Cuando se encuentran centradas en un nicho de mercado (segmento objetivo) se llaman concentrada o segmentada y compitiendo en costos y concentrada o segmentada y compitiendo en diferenciación.



Estrategia de liderazgo en costos.

Es la estrategia competitiva enfocada a amplios sectores de mercado que consiste en alcanzar y mantener costos más bajos que los que ofrecen los competidores utilizando la curva de aprendizaje. Debido a esto, el líder en costos es capaz de imponer precios más bajos en sus productos que sus competidores con márgenes satisfactorios de ganancias.

Ofrece una protección contra los competidores porque los precios bajos son una barrera de entrada contra otros competidores, ya que pocos serán capaces de alcanzar esta ventaja. Para ello es necesario poseer una penetración de mercado u otras ventajas importantes como el acceso a insumos o materias primas de menor costo.

Habilidades y recursos comúnmente requeridos	Requerimientos organizacionales comunes
<ul style="list-style-type: none"> • Alta capacidad de inversión, es decir, disponibilidad de capital. ▪ Habilidad en Ingeniería de proceso ▪ Innovación continua y mejora de procesos. • Cuidadosa supervisión de la fuerza laboral. • Productos diseñados para una fácil manufactura. • Sistemas de distribución de bajo costo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Control estricto de costos • Reportes de control frecuentes y detallados • Organización y responsabilidades adecuadamente estructuradas • Incentivos basados en el alcance de metas cuantitativas.

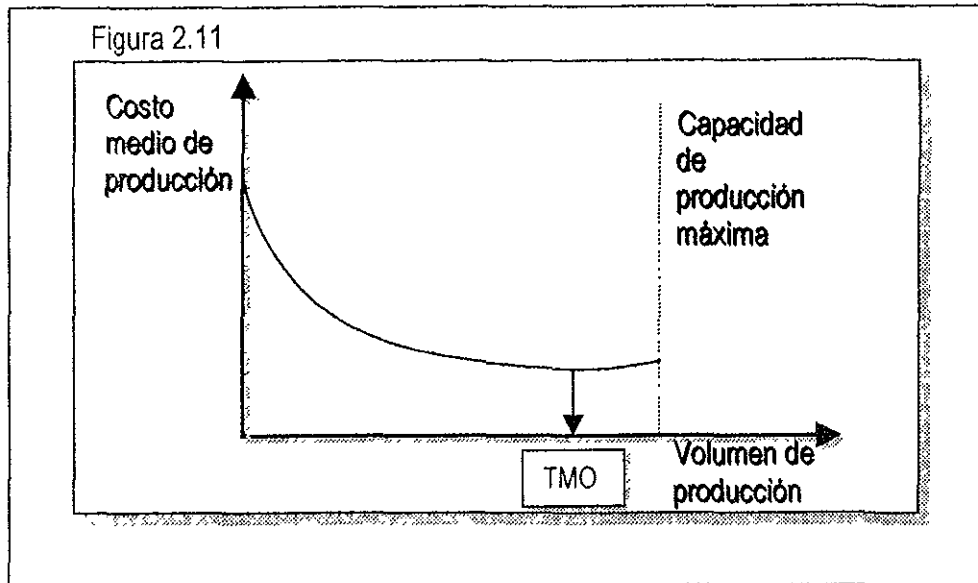
Adaptado de Porter (1980)

La elección de este tipo de estrategia supone ciertas condiciones del entorno industrial y de la organización de la empresa.

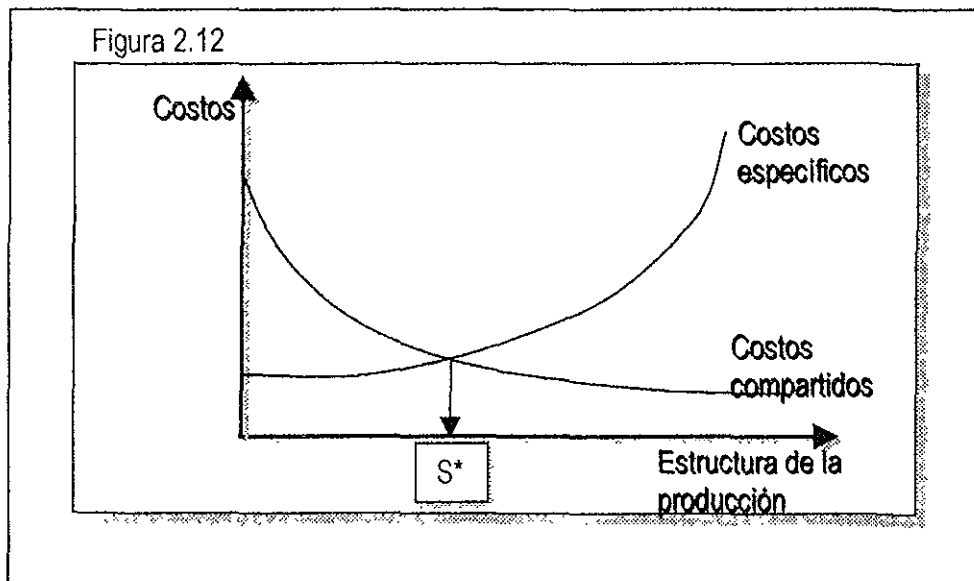
Desde el punto de vista industrial, los costos constituyen el factor clave de éxito de la empresa. Los consumidores del sector industrial concernido son muy sensibles al precio. Desde el punto de vista de la empresa, tanto su sistema de información como sus sistemas de administración se focalizan a la reducción de los costos.

En efecto, la estrategia de dominación por los costos supone que los dirigentes analicen tanto los costos de producción como los inherentes a la organización o todo costo que vincule la empresa con su entorno.

[1] Los costos de producción evolucionan bajo los efectos del volumen de producción, la diversificación (efecto <<abanico>>) y la experiencia. Estos efectos pueden esquematizarse como sigue:



La figura 2.11 ilustra el efecto del volumen. El costo de producción UNITARIO disminuye cuando el volumen aumenta como efecto de las <<economías de escala>> hasta un cierto umbral de producción eficiente que es llamado <<el tamaño mínimo óptimo>> (TMO). En este umbral, el costo de producción es mínimo y la capacidad de producción es la correspondiente a tal punto. Por lo que respecta a la figura 2.12, ilustra el efecto de la diversificación de productos en términos de un <<abanico>>. Cuando la estructura de la producción, es decir, el número de productos, está más diversificado, es necesario distinguir los costos de producción compartidos y los costos de producción específicos. Los primeros se deberán referir a los equipos y la mano de obra que son comunes a los diferentes productos y los segundos, a los equipos y a la mano de obra específicos. Estos dos tipos de costos evolucionan en sentido inverso y la intersección de su evolución determina una estructura (S^+) teóricamente óptima:



Por lo que se refiere a la figura 2.12, ésta ilustra el llamado efecto de la <<experiencia>>. A mayor <<experiencia>>, es decir, a mayor producción acumulada, los costos unitarios de producción disminuyen a través del tiempo

En el caso de la figura 2.13 Se puede explicar por medio de:

$$C_N = C_1 N^{-\lambda}$$

Donde,

C_N = costo unitario de producción, en moneda constante, de la enésima unidad fabricada,

C_1 = costo unitario de producción de la primera unidad fabricada, en moneda constante

N = producción acumulada,

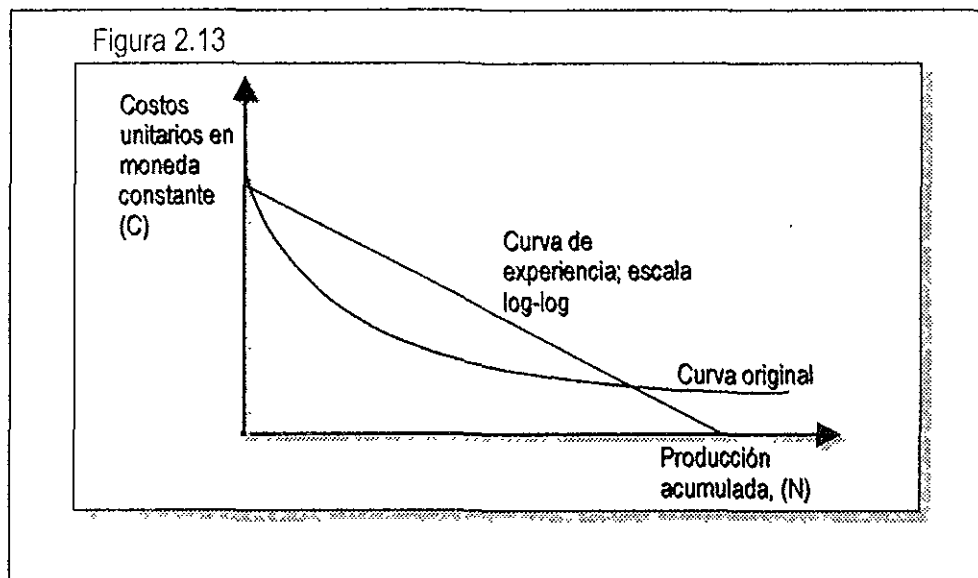
λ = coeficiente de elasticidad que es igual a:

$$-\frac{\ln K}{\ln 2}$$

$\ln 2$

donde K es le coeficiente directriz de la curva de experiencia

$$= \frac{\text{costo de la } 2^{\text{a}}, \text{ o } 20^{\text{ava}}, \text{ o } 200^{\text{ava}}}{\text{costo de la } 1^{\text{a}}, \text{ o la } 10^{\text{a}}, \text{ o } 100^{\text{ava}}}$$



- [2] Los costos de organización se refieren más particularmente al tratamiento de la información, a la gestión de la calidad, a los costos de la estructura organizacional, etc.
- [3] Los costos que se relacionan con el entorno y la empresa, se refieren a los costos asociados a las transacciones hacia origen o hacia destino de la industria y los costos de acceso a las fuentes de financiamiento.

Estrategia de diferenciación.

Esta estrategia está dirigida también a amplios sectores de mercado y se basa en la creación de un producto o servicio que es considerado como único en la industria. La diferenciación protege de la competencia de tal forma que mantiene a los compradores en la preferencia de una marca o empresa y esto reduce sensiblemente los costos. Las características de esta estrategia estriban en lo siguiente:

Habilidades y recursos comúnmente requeridos	Requerimientos organizacionales comunes
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fuerte habilidad de comercialización. ▪ Fuerte capacidad en Investigación y desarrollo. • Habilidad en Ingeniería de producto. • Instinto de creatividad. • Renombrada reputación empresarial de calidad y liderazgo tecnológico. ▪ Tradición en la industria o combinación de habilidades únicas derivadas de otros negocios. • Fuerte cooperación con los proveedores y canales de distribución 	<ul style="list-style-type: none"> • Fuerte coordinación entre las funciones de I&DT, producción y comercialización. • Medición e incentivación subjetiva de resultados mas que mediciones cuantitativas. • Personal altamente capacitado en habilidades científicas, de operaciones y con gran creatividad.

Adaptado de Porter (1980)

Estrategia de segmentación compitiendo en costos

Estrategia de bajo costo que se enfoca en un grupo particular de compradores potenciales o mercado geográfico que tiene como intención servir únicamente a este nicho de mercado, en exclusión a otros. Al utilizar la estrategia de segmentación compitiendo en costos, la organización busca una ventaja de costo en su segmento objetivo. Esta estrategia cobra valor debido a que la compañía que centra sus esfuerzos en un estricto campo específico posee una mejor capacidad de atender a sus clientes que sus competidores.

Estrategia de segmentación compitiendo en diferenciación.

Esta estrategia, al igual que la anterior se concentra en un grupo particular de compradores, una línea de productos o un mercado geográfico. El segmento objetivo debe poseer necesidades inusuales de compra o necesidad de sistemas de producción y entrega con una mejor atención, lo cual distingue a la compañía sobre sus competidores. La organización busca con esta estrategia diferenciarse en su segmento objetivo de sus competidores. El valor de esta estrategia se basa en el enfoque de esfuerzos en un segmento específico para poseer una capacidad de servicio a los clientes más efectiva que la de los competidores.

En un entorno económico cada vez más exigente y analítico, la elección de una estrategia de diferenciación es, *a priori*, muy pertinente. Esta estrategia supone no obstante, una demanda segmentada y la acción de la empresa de una diferencia netamente perceptible para el consumidor y financieramente rentable.

Esta diferencia, puede ser la consecuencia de un análisis muy profundo de la demanda, así como de una innovación tecnológica. Esto significa que la estrategia de diferenciación

puede soportarse sobre la demanda (strategy pull) o emerger de la innovación tecnológica (strategy push).

Entre las variables de diferenciación disponibles, la empresa puede entonces utilizar el producto, a través de la calidad o el valor intrínseco, el precio, la marca y el tiempo.

Cualquiera que sea la variable que se retenga, la segmentación de la demanda es una condición básica de la estrategia de diferenciación. Este análisis toma en cuenta el mercado y/o el producto.

Las habilidades y recursos comúnmente requeridas en estas dos últimas estrategias resultan de la combinación de las políticas de las estrategias de liderazgo en costos y diferenciación sólo que dirigidas al segmento estratégico en particular.

Porter afirma que toda organización debe retomar alguna de estas estrategias competitivas genéricas, de lo contrario la empresa se quedará estancada en el mercado sin ofrecer ninguna ventaja competitiva.

También se ha comprobado que es posible que las estrategias de bajo costo y alta diferenciación se encuentren en conjunto y produzcan resultados exitosos. Incluso esto resulta en concordancia con los principios de W.E. Deming que menciona que la calidad y la productividad (producción a bajo costo) son totalmente compatibles “siendo necesario mejorar constantemente y para siempre los sistemas de producción y servicio, para mejorar la calidad y la productividad *dando como consecuencia un decremento en los costos*”⁽²⁹⁾. (Texto en *italicas* añadido).

Las estrategias de liderazgo en costos y diferenciación, en vez de considerarlas como estrategias separadas, se pueden combinar ambas para formar otras variaciones tal como se muestra en la figura 2.14

Figura 2.14 Matriz de combinaciones de las estrategias competitivas genéricas

		Posición en Diferenciación	
		Bajo	Alto
Posición en Costos	Bajo	Costos puros	Costo y Diferenciación
	Alto	Sin ventaja competitiva	Diferenciación pura

Fuente: White R.E. "Generic Business Strategies, Organizational context and performance" Strategic Management Journal (May-June 1986)

A pesar de que es posible para una compañía alcanzar las estrategias de bajo costo y diferenciación simultáneamente, este estado a menudo es temporal debido a que la diferenciación es generalmente costosa.

2. *Identificación de las tecnológicas clave requeridas*

Para poder cumplir con el propósito de identificar las necesidades tecnológicas y de I&DT es necesario responder a la interrogante de cuáles son las acciones que la empresa debe realizar para alcanzar los objetivos del negocio acordes a la estrategia seleccionada.

Para este propósito es necesario:

- (a) Identificar cuáles de éstas acciones poseen un componente de Tecnología e I&DT.
- (b) Examinar y desglosar las tecnologías identificadas para alcanzar un nivel aceptable de definición en cada una de ellas.

3 *Clasificación de las necesidades tecnológicas actuales y deseadas.*

Este punto comprende los siguientes pasos:

- a) Determinación de la importancia operacional del acervo tecnológico de la empresa.
- b) La ubicación de las tecnologías en el ciclo de vida para determinar su madurez tecnológica.
- c) El posicionamiento actual con respecto a los competidores.
- d) El establecimiento de la posición tecnológica deseada de la empresa en el largo plazo.

A continuación se describen los tres primeros pasos:

Importancia operacional del acervo tecnológico

Es necesario describir la importancia de las tecnologías identificadas a lo largo de un rango de diferentes aspectos del negocio. La evaluación de la importancia de la tecnología debe realizarse según el periodo de tiempo planeado del producto o el plan estratégico de la organización. La escala de clasificación es la siguiente:

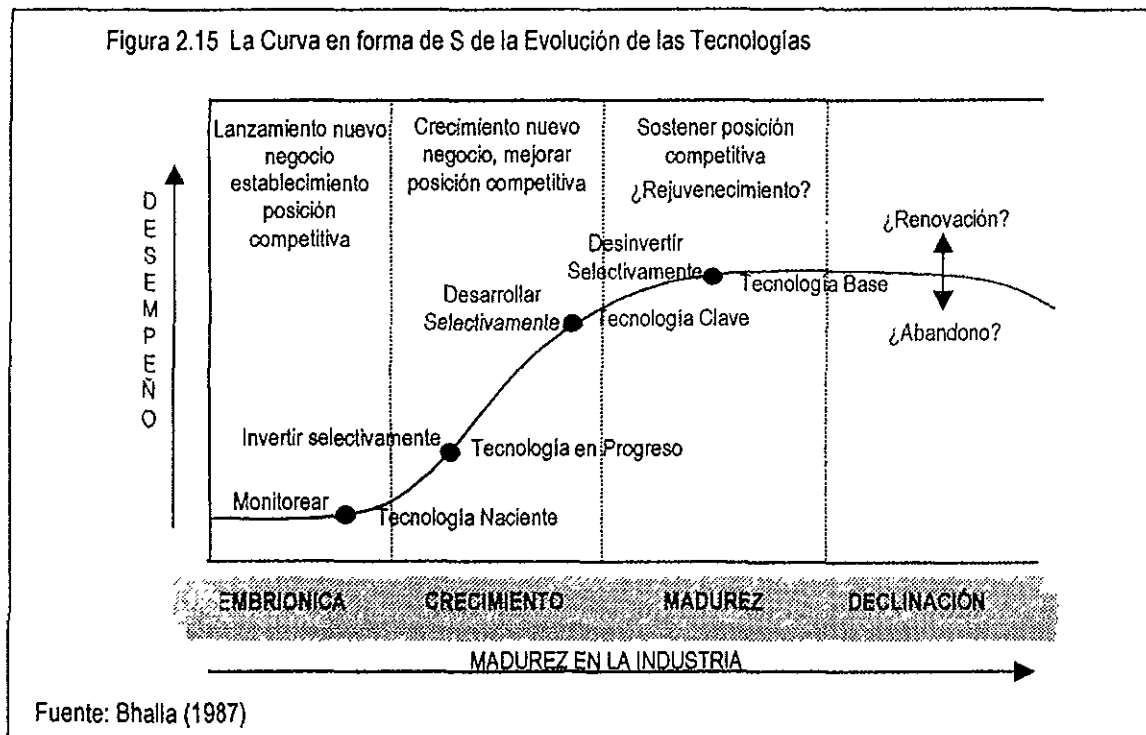
- a) Crítica
- b) Importante
- c) De cierto impacto
- d) No relevante

Madurez tecnológica

Posteriormente se debe caracterizar la posición actual de la tecnología en su correspondiente curva S para establecer su grado de avance y su potencial. (Ver figura 2.15).

El concepto de madurez tecnológica ubica a la tecnología a lo largo de una continuidad de avances tecnológicos y ayuda al entendimiento de las posibilidades de los avances adicionales en la tecnología. La madurez tecnológica ayuda a definir: ⁽¹⁶⁾

- La incertidumbre y el riesgo
- La recompensa
- La actividad de los competidores
- La probabilidad de éxito
- La administración de las expectativas.
- Las estrategias apropiadas de I&DT.
- Las estrategias de inversión y mercado.



La posición tecnológica competitiva en la industria

Al concluir el paso anterior es necesario realizar el análisis de la situación actual del acervo tecnológico de la empresa y su posición relativa con respecto a los competidores. La posición tecnológica describe las fuerzas actuales en la tecnología, en relación a las empresas líderes del negocio. En este aspecto se pueden mencionar las siguientes clasificaciones:

Líder evidente (CL, Clear Leader)	<ul style="list-style-type: none"> • Determina los avances y la dirección del desarrollo tecnológico. • El liderazgo tecnológico es reconocido en toda la industria.
Fuerte (S, Strong)	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para desarrollar acciones tecnológicas independientes y determinar nuevas direcciones. • Las capacidades tecnológicas se encuentran por encima del promedio de la industria.
Favorable (F, Favorable)	<ul style="list-style-type: none"> • Capaz de mantener una competitividad tecnológica en general y/o un liderazgo en nichos tecnológicos. • Sus capacidades tecnológicas son comparables con respecto al promedio
Sostenible (T, Tenable)	<ul style="list-style-type: none"> • Incapaz de mantener un comportamiento independiente, continuamente se encuentra en espera del cambio tecnológico. • Posición tecnológica con respecto a la industria por debajo del promedio.
Débil (W, Weak)	<ul style="list-style-type: none"> • Incapaz de mantener una calidad tecnológica sostenible en comparación a los competidores. • Actitud de "apaga fuegos" basados en el corto plazo, dependiendo de los proveedores o socios en esta tecnología.

El paso siguiente consiste en reunir las tres clasificaciones anteriores en una tabla que nos permita analizar la tecnología bajo tres aspectos fundamentales: su importancia operacional, su madurez tecnológica y su posición tecnológica competitiva como se ilustra a continuación:

Tecnología	Importancia Operacional	Madurez Tecnológica	Posición Tecnológica Competitiva					
			W	T	F	S	CL	

Fuente: Arthur D. Little Inc.

Una vez realizada dicha tabla es necesario determinar la brecha entre la posición tecnológica competitiva actual y la posición tecnológica deseada de la empresa en el largo plazo. Esto se puede determinar dentro de la misma tabla anterior especificando con alguna señalización la posición tecnológica actual y la posición deseada en el largo plazo, ejemplo:

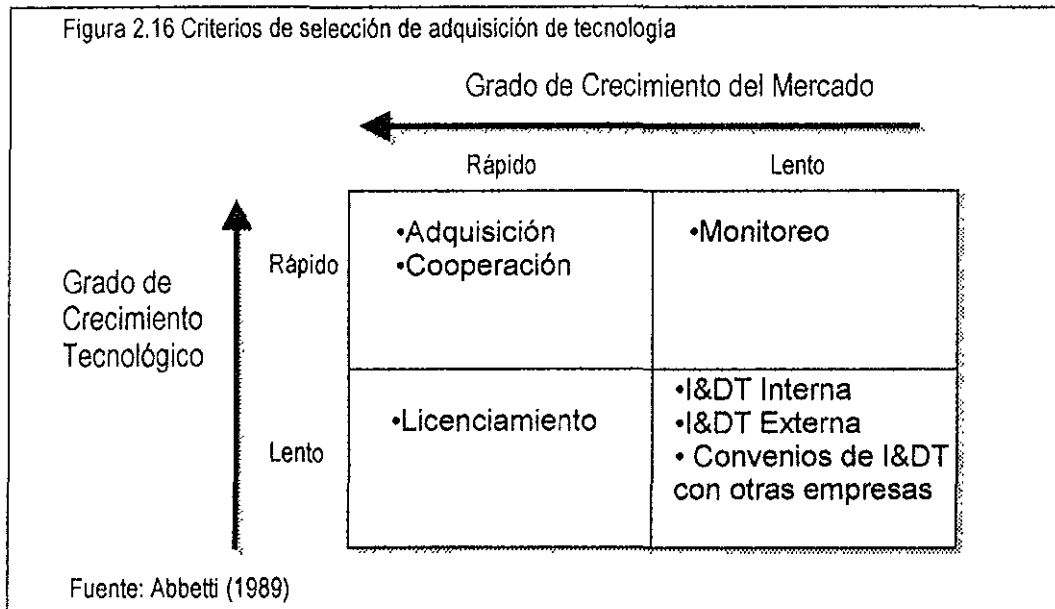
F	S	CL
	PA →	PD

PA= Posición actual; PD = Posición deseada

Fuente: Arthur D. Little Inc.

4 Estrategia de Adquisición de la tecnología en función de los objetivos de la I&DT y otras opciones de adquisición

Algunas organizaciones están convencidas de que la tecnología desarrollada a través de la I&DT interna es superior y de más prestigio que la tecnología adquirida externamente. Sin embargo, esto no siempre es verdadero; la decisión de realizar o comprar la I&DT depende del grado del crecimiento del mercado y del progreso tecnológico, según se muestra en la figura 2.16. ⁽¹²⁾



Al analizar la matriz de la figura arriba señalada, encontramos cuatro situaciones distintas desde el punto de vista de criterios de decisión:

- Progreso tecnológico lento y crecimiento del mercado lento/moderado.* En esta situación la opción preferible es la I&DT interna. La razón de ello es que si se obtienen resultados exitosos en I&DT, se obtendrá un monopolio temporal de producto o de procesos que la compañía puede explotar para maximizar su penetración de mercado y sus ganancias. De forma alterna, y cada vez más popular, es contratar investigación externa o participar en programas de cooperación y convenios de I&DT conjuntamente con universidades, laboratorios independientes, o empresas dedicadas a la investigación. Esto, desde luego, significa compartir los resultados de I&DT con otros, y puede reducir las ventajas estratégicas de la compañía dentro del mercado.
- Progreso tecnológico rápido y crecimiento del mercado lento.* En este caso los grandes esfuerzos en I&DT resultan demasiado arriesgados debido a que pueden conducir al desarrollo de "nuevas tecnologías obsoletas" o tecnologías para las cuáles no existirá mercado, una opción más prudente sería el monitoreo de las tecnologías de los competidores y mantenerse alerta con respecto a los progresos de los competidores para estar preparado a los cambios tecnológicos.

c) *Progreso tecnológico lento y crecimiento del mercado rápido.* Para esta situación no hay tiempo suficiente para la I&DT interna. La estrategia apropiada estriba en el licenciamiento de la tecnología. Esto debe realizarse bajo la base

Una forma complementaria de tomar en cuenta las diversas formas de adquisición tecnológica es considerar ⁽¹²⁾:

El grado de ventaja estratégica disponible para la empresa después de la implantación. Esta ventaja estratégica depende del grado de autonomía con respecto a la utilización de la tecnología (por ejemplo, el licenciamiento y los acuerdos de cooperación pueden tener restricciones geográficas o cláusulas de aplicación) y también de la exclusividad de la tecnología (por ejemplo de otros licenciamientos o asociaciones en unión con los programas de I&DT que pueden tener acceso a la misma tecnología).

El tiempo de retraso necesario para incorporar la tecnología como bienes de la organización y de esta forma se encuentren listas para la implantación.

El costo de adquisición relativo de la tecnología.

El riesgo relativo que representa la adquisición de la tecnología a no ser incorporada dentro de los bienes de la empresa.

En la tabla siguiente se da una apreciación de las formas de adquisición tecnológica acordes a los criterios arriba señalados. Obviamente no existe una que sea la mejor. La decisión final depende tanto de las condiciones del medio de la organización como de la importancia y papel de la tecnología específica dentro de la estrategia tecnológica de la empresa.

Tabla de Jerarquización de Formas de Adquisición

Formas	Ventaja Estratégica*	Tiempo de Retraso**	Costo**	Riesgo**
I&DT interna	1	7	6	2
Adquisición de una Compañía	2	3	7	5
I&DT externa	3	4	4	3
I&DT conjunta	4	5	3	4
Acuerdos de cooperación	5	6	5	6
Licenciamiento	6	2	2	1
Monitoreo	7	1	1	7

* Escala de evaluación: 1-el más alto 7-el más bajo

**Escala de evaluación: 1-el más bajo 7-el más alto

No existe una opción única para el acceso de tecnología. Pero las compañías líderes reconocen las ventajas y debilidades de cada opción y pretenden un balance de estas opciones para alcanzar una alineación con las estrategias de negocios y el entorno de la industria.

A continuación señalamos algunas razones del porqué algunas empresas a menudo deciden conducir su I&DT dentro de la propia empresa.

- Cuando la tecnología ofrece una fuente genuina de ventaja competitiva.
- Para desarrollar o renovar plataformas tecnológicas específicas o competencias de nodo o medulares.
- Para forzar el desarrollo de tecnología si los otros competidores no lo hacen o para establecer una posición de liderazgo en la industria.
- Para desarrollar o mantener las habilidades requeridas para continuar con un rápido avance tecnológico.
- Para mantener una “ventana en el mundo” en las tecnologías embrionarias.
- Para desarrollar y mantener las habilidades requeridas para adaptar las tecnologías a situaciones específicas únicas.
- Para mantener y actualizar las capacidades técnicas en áreas requeridas como las clasificadas de rápida respuesta por el negocio (soporte técnico especializado).
- Para mejorar la credibilidad frente a los gobiernos o socios potenciales.

Algunas razones de porqué algunas compañías deciden adquirir tecnologías externas.

- Porque la tecnología no ofrece ventajas competitivas.
- Para lograr el acceso a habilidades complementarias o equipo especializado, particularmente en áreas no medulares de la organización.
- Para reducir costos, riesgos y/o tiempo.
- Para mantenerse al tanto de las innovaciones y assimilarlas si la empresa se encuentra en una posición tecnológica débil.
- En donde haya diseños dominantes establecidos o accesos restringidos (por ejemplo, la protección de patentes)
- Para asegurar compatibilidad y estándares
- Para aprender de otras compañías.

5 *Generación de opciones de I&DT; Caracterización y Selección de la Cartera de Proyectos.*

Roussel, Saud y Erickson⁽¹⁶⁾(1991) mencionan que el concepto de “cartera de negocios” y las opciones estratégicas apropiadas para desarrollar y optimizar dicha cartera empezaron a tomar forma en la década de los 60s y se convirtieron en una arma poderosa y persuasiva en la década de los 70s. Debido a que este concepto ha probado su gran valor se ha establecido y es ampliamente utilizado tanto en los Estados Unidos de América como en Europa y Japón.

Es importante señalar la distinción entre el concepto de la cartera de negocios y su asociada, pero un tanto diferente, noción de cartera de proyectos de I&DT, entendida y aplicada hasta 1990 por algunas de las más sofisticadas compañías de todo el mundo.

La optimización de la cartera de proyectos y las técnicas de administración son útiles para priorizar las opciones desde una perspectiva holística, evitando cualquier tendencia a suboptimizar.

Es necesario la caracterización de proyectos desde una perspectiva de negocio, corporativa y de I&DT. Dentro de la cartera de proyectos:

- Es necesario establecer un balance entre el riesgo y la recompensa así como de los recursos disponibles
- Este proceso y discusiones ayudan a generar un entendimiento compartido del rol y valor del conocimiento técnico a través de todas las áreas del negocio.
- El análisis de la cartera de proyectos proporciona información importante en una forma fácil de entender, facilitando el debate y mejorando la toma de decisiones.

La cartera de proyectos entonces necesita ser probada a lo largo de la organización, con los recursos y las restricciones financieras.

CAPÍTULO III.-
MÉTODOS DE EVALUACIÓN
Y SELECCIÓN DE PROYECTOS DE I&DT

El problema de la evaluación y selección de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico (I&DT), ha sido tratado de manera frecuente en la literatura en Investigación de Operaciones. Autores tales como *Baker y Freeland*⁽²⁹⁾, *Jackson*⁽³⁰⁾, *Souder y Mandakovic*⁽³¹⁾, *Fahrni y Spätig*⁽³²⁾, *Watts & Higgins*⁽³³⁾, *Escobar et al*⁽³⁴⁾, han realizado esfuerzos para clasificar diversos métodos de evaluación, selección y jerarquización en función de su actividad, para hacerlos más fácilmente entendibles por los tomadores de decisiones.

En esta introducción proporcionaremos un marco conceptual de referencia para explicar las diversas metodologías que se desarrollarán en el presente capítulo.

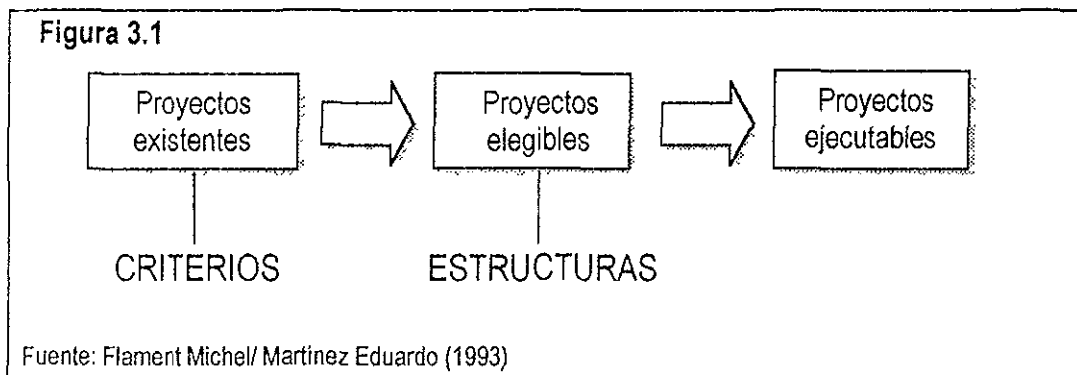
3.1 LA SELECCIÓN DE PROYECTOS EN I&DT.

Un proyecto se puede definir como un esfuerzo complejo, con una duración frecuentemente de corto plazo, de una serie de tareas interrelacionadas, con un objetivo, programa y presupuesto bien definidos.

Los términos evaluación y selección de proyectos no son equivalentes ya que la selección refleja un proceso, del cual la evaluación sería uno de sus componentes.

La selección de proyectos en I&DT se define como el problema de evaluación de un cierto número de proyectos en vista de seleccionar un número más restringido y de asignarles los recursos necesarios para su realización. Se trata por lo tanto, de un problema de evaluación, selección, jerarquización y asignación de recursos. Hay selección entre los proyectos evaluados, cuando estos últimos se suponen escasos: presupuesto, materiales, maquinaria y equipo, personal, etc. La selección no se traduce solamente por las decisiones de aceptación o de abandono de proyectos o ideas; la selección conduce a jerarquizar los esfuerzos consagrados a los diferentes proyectos, a planificarlos de acuerdo a los planes estratégicos de la organización o en función de las relaciones secuenciales que pueden existir entre ellos, a retardar o acelerar proyectos en curso de realización que condicionarían la aceptación de nuevos proyectos.

Un típico proceso de selección de proyectos se desarrolla básicamente en tres fases:⁽⁴²⁾



El conjunto de proyectos existentes está integrado por una cierta cantidad de proyectos de origen muy variado: ideas, propuestas, soluciones a problemas, etc.; en general se trata de un listado de acciones que pretenden dar solución a problemas específicos. Basta por el momento suponer que sobre los mismos no ha operado o no se ha aplicado ningún tipo de condicionamientos y por otra parte que no todos ellos reúnen condiciones de elegibilidad.

El conjunto de proyectos elegibles es un subconjunto de los proyectos existentes y se origina una partición de éste en, al menos, 2 subconjuntos: el de los proyectos que cumplen y el de los proyectos que no cumplen un determinado número de criterios (atributos) fijados con antelación. En general éste suele constituir un mecanismo de filtrado antes que de evaluación propiamente dicha.

El conjunto de proyectos ejecutables puede obtenerse mediante la aplicación de estructuras (en sentido matemático) al conjunto de proyectos elegibles. Ellas pueden ser de partición, de preorden, de orden o de sobreclasificación. Sin embargo, no siempre el proceso de selección pasa obligatoriamente por estas etapas, de modo que muchas veces directamente los proyectos elegibles pasan a ser ejecutables cuando se verifican las circunstancias de recursos y tiempos adecuados.

En nuestro caso, la evaluación de proyectos constituye una fase del proceso mencionado que permitiría, con la aplicación de estructuras de orden al conjunto de proyectos elegibles, pasar al conjunto de proyectos ejecutables.

Traducir así el problema de evaluación y selección conlleva a referirse a un “portafolio de proyectos” que pueden caracterizarse por ser inciertos e interdependientes y para los cuales es necesario decidir la oportunidad y la intensidad de los esfuerzos a asumir y de su tiempo de realización, es decir, a programarlos.

3.1.1. PORTAFOLIO DE PROYECTOS POTENCIALES Y RECURSOS ESCASOS.

El portafolio (o cartera) de proyectos se puede definir como un grupo de proyectos que son llevados a cabo bajo la responsabilidad y/o administración de una empresa en particular. ⁽⁴¹⁾

El problema de la selección de proyectos solamente existirá si la firma ha conformado un “portafolio de proyectos” potenciales, cuya realización consumiría más recursos de lo que ésta posee. Es obvio que en el caso contrario, solo sería necesario verificar que todos los proyectos ameritan ser considerados a través de alguna medida del beneficio o de reducción de costos. Entonces, el problema se limita a su fase inicial de evaluación. Esta situación puede revelar algunos problemas graves: falta de una visión estratégica, de imaginación lógica y de creatividad del administrador y de los científicos y técnicos. Conduce a restringir las capacidades de I&D que limita las proposiciones de proyectos y conduce a una falta de competitividad global de la empresa. De esta forma, la selección del portafolio de proyectos se puede definir como la actividad periódica que involucra la selección de un portafolio que alcance los objetivos establecidos de manera deseable, sin exceder los recursos disponibles. ⁽⁴¹⁾

3.1.2. NATURALEZA DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE ACERCA DE LOS PROYECTOS.

La evaluación de todo proyecto de I&D consiste en recopilar y organizar las informaciones sobre sus características y sus consecuencias. Estas informaciones (que en adelante llamaremos “atributos”) pueden referirse a los objetivos del proyecto, los recursos que consumirá, sus efectos sobre el posicionamiento tecnológico de la empresa, su posición competitiva así como sus consecuencias económicas en términos comerciales y financieros.

Según que estas informaciones estén disponibles y de acuerdo a su nivel de calidad, se podrán utilizar diferentes métodos de evaluación y de selección.

Los proyectos de investigación son más difíciles de filtrar debido a sus características y a sus consecuencias, que los proyectos de desarrollo. Los primeros acuden a horizontes de planeación mucho más largos y tienen efectos sumamente difusos. También son objeto de informaciones mucho más cualitativas que cuantitativas y más globales que detalladas. Las decisiones que les conciernen tienen el carácter de una elucubración más que de un cálculo. Estas características son importantes durante el proceso de evaluación, selección y jerarquización.

3.1.3. INTERDEPENDENCIAS ENTRE PROYECTOS.

Los proyectos de I&D son independientes cuando la realización de uno de ellos no tiene ningún efecto sobre la realización de cualquiera de los otros, ni sobre las consecuencias de su realización. Su evaluación y selección podría por lo tanto, llevarse a cabo de manera aislada. De hecho, los proyectos de I&D son raramente independientes ya que comparten recursos cuya capacidad es limitada y no puede ser aumentada o reducida sin retrasos. Por otra parte, los proyectos pueden ser secuencialmente interdependientes ya que la información generada por un proyecto cualquiera puede depender del inicio o la realización de otro proyecto diferente. Esta interdependencia secuencial es de tipo determinista cuando la relación entre ellos no está sujeta a la incertidumbre y por lo tanto al riesgo; peor, aún, pues puede ser probabilista o incierta cuando el éxito de un proyecto condiciona la realización de cualquier otro. Son sinérgicamente interdependientes, cuando los recursos consumidos por varios proyectos simultáneamente pueden ser menos importantes que la suma de los recursos consumidos por cada proyecto realizado separadamente de los otros. Los proyectos están igualmente ligados cuando las consecuencias de un proyecto dependen de la realización de otros proyectos. Estas diferentes formas de interdependencia deben ser tomadas en cuenta para evaluar los proyectos, pues además condicionan la utilización de los métodos que se les deben adaptar para la evaluación y la selección. Todo ello conlleva a una gran complejidad en los procesos de decisión ya que una parte de los nuevos proyectos está frecuentemente en situación de interdependencia con los proyectos cuya realización se encuentra en curso y para los que los procesos de selección no se aplican.

3.1.4 LOS OBJETIVOS PERSEGUIDOS.

Es necesario que al comprometerse en un proceso de elección entre proyectos de I&D se hayan definido con anticipación los objetivos esperados de cada uno de ellos y los objetivos globales del portafolio cuando éstos son interdependientes. Los métodos de evaluación y de selección de proyectos que resultan los más fáciles de manejar, son aquellos en donde sólo se encuentra un objetivo único, cuando en realidad los proyectos de I&D persiguen, en general, objetivos múltiples: crecimiento, competitividad, parte de un mercado, sobrevivencia, rentabilidad, etc. De la naturaleza cualitativa o cuantitativa de los objetivos que se persiguen y del número de éstos dependen los métodos de evaluación, selección y jerarquización susceptibles de ser escogidos. Recordemos una vez más que los objetivos se traducen justo a través de los llamados atributos de los proyectos.

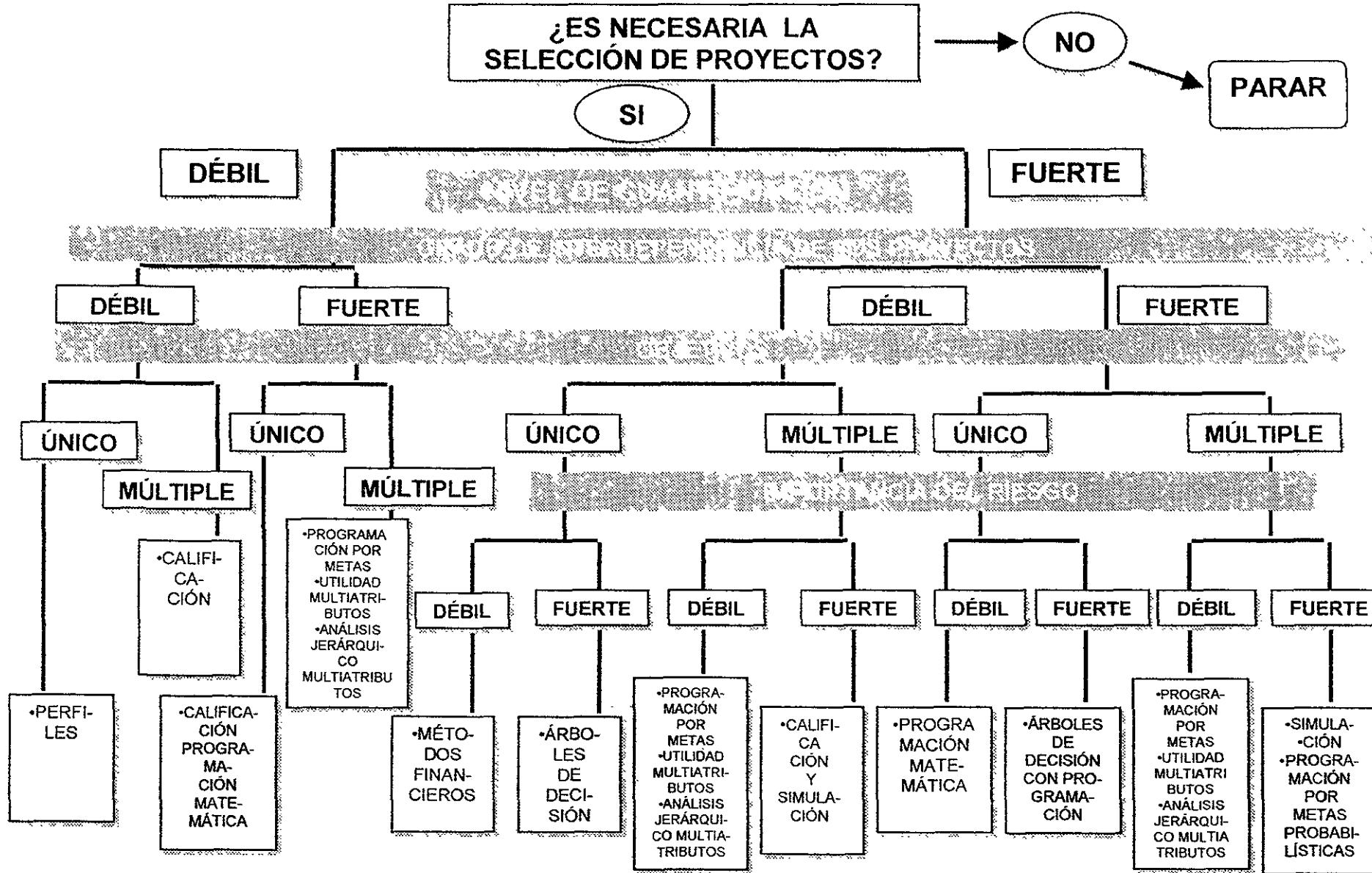
3.1.5 LA INCERTIDUMBRE Y EL RIESGO.

Los proyectos de I&D pueden contener ciertos tipos de riesgos: los riesgos técnicos asociados a las funciones y al desempeño esperados de un nuevo producto o de un nuevo proceso de producción; los riesgos comerciales cuando el producto no puede venderse en la cantidad y/o el precio planeados o no puede penetrar el mercado para el que se había previsto; los riesgos asociados al entorno económico, tales como la rentabilidad, la ganancia esperada, etc. Utilizando el lenguaje de la teoría de decisiones, los proyectos de I&D son más inciertos que arriesgados, en términos de probabilidad de éxito o no-éxito. En general, no se puede calcular la totalidad de sus consecuencias ni afectar distribuciones de probabilidad a los resultados que puedan esperarse. Los proyectos de investigación “pura” son proyectos sujetos a incertidumbre mientras que los proyectos de desarrollo contienen menor incertidumbre pero con riesgos asociados mucho más elevados. Los modelos propuestos en la literatura especializada toman en cuenta el riesgo y no la incertidumbre, sea razonando en términos de valores esperados⁽³⁵⁾, sea razonando en términos de los llamados árboles de decisión, sea también por la vía de métodos estocásticos. De acuerdo a *Fahrni & Spätig*⁽³⁶⁾ parece que los tomadores de decisiones prefieren tratar el problema de selección de manera determinista para que enseguida se trate la incertidumbre o el riesgo de manera cualitativa en el proceso final de la toma de decisiones.

3.2 CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS.

La elección de un método de evaluación y de selección de proyectos de I&D debe tener en cuenta las características de los proyectos como han sido definidos en el apartado anterior. Para mayor detalle, se presenta la figura siguiente, donde doce casos se han identificado, los cuales se prestan cada uno, a métodos y modelos de selección diferentes. En estos doce casos, se pueden aplicar métodos puramente cualitativos hasta puramente cuantitativos (*ver figura 3.1*)⁽³⁷⁾

Figura 3.1 Tabla de clasificación de proyectos



3.2.1. LOS MÉTODOS CUALITATIVOS.

Estos métodos se emplean cuando se trata de elegir proyectos independientes, poco cuantificables, con objetivo único o múltiples. Es esencial para el tomador de decisiones, caracterizar por medio de los atributos del proyecto, una "lista" de criterios de decisión. Cuando se trata de varios proyectos que se tienen que comparar, es posible establecer los perfiles de los proyectos que deben caracterizarse, a través de un gráfico. Para el caso de un proyecto de desarrollo de nuevos productos, se pueden proponer algunos criterios como los mostrados en la tabla 3.1.

Cuando se trata de varios proyectos, los perfiles de éstos pueden ayudar a la evaluación de cada atributo utilizando una escala común para poderlos comparar; por ejemplo, 1= desfavorable; 2= medianamente desfavorable; 3= medianamente favorable; 4= favorable; 5= muy favorable.

Tabla 3.1. Lista de atributos para un proyecto de desarrollo de un producto:

1 Costo	9 Potencial de producción del nuevo producto
2 Probabilidad de éxito técnico	10 Parte del mercado
3 Rentabilidad	11 Protección de la innovación
4 Tamaño del mercado potencial	12 Responsabilidades
5 Duración del desarrollo	13 Inversiones
6 Adaptación a los objetivos y a la estrategia de la empresa	14 Coherencia Tecnológica.
7 Comercialización	15 Sinergia en el proceso de innovación.
8 Tendencia del mercado y crecimiento	

Fuente :Adaptado de Becker, R.H. (1980)

* Project selection checklist for research, product development, process development " Research Mgt. , Septiembre, pp. 34-36.

3.2.2 LOS MÉTODOS DE CALIFICACIÓN ("SCORING MODELS").

Cuando los proyectos contienen objetivos múltiples, no se les puede clasificar o jerarquizar de la misma manera para cada atributo, correspondiente a cada uno de los objetivos que se requieren cumplir para aceptarlos o rechazarlos.

Para clasificarlos, es necesario utilizar un procedimiento de agregación que transforme los atributos " unicriterios " en una sola clasificación multicriterio. El método de "scores" o calificaciones puede utilizarse para ello.

Cada proyecto se evalúa por la contribución que éste es susceptible de aportar a cada uno de los objetivos deseables. Cada objetivo, cuyo potencial de realización puede medirse por uno o varios atributos, se pondera en función de su importancia relativa tal, que la suma de los pesos, sea por ejemplo, igual a 1 ó a 10.

3.2.3. LOS MODELOS FINANCIEROS.

Para proyectos con un sólo objetivo o cuyos objetivos pueden traducirse en valor monetario susceptible de cuantificarse, la evaluación y selección se llevan a cabo por medio de los métodos clásicos de cálculo de la rentabilidad de la inversión: beneficio neto actualizado, TIR, tiempo de recuperación de la inversión, etc.

3.2.4. LOS ÁRBOLES DE DECISIÓN.

Cuando los resultados sujetos a incertidumbre provienen de secuencias de decisiones sujetas a riesgo, se puede representar este proceso de decisión bajo la forma de un “árbol de decisión”. Esta situación es común en I&D donde el éxito de una fase o de un proyecto, es un evento sujeto a riesgo que condiciona el lanzamiento de una nueva fase o de otro proyecto.

3.2.5. LOS MODELOS DE PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA.

La programación matemática se utiliza cuando los proyectos pueden cuantificarse, son mono o multiobjetivos y se encuentran en situación de compartir los recursos limitados de los que dispone una empresa. La mayor parte de estos modelos optimizan una función-objetivo única y definen los límites para los otros objetivos considerados como restricciones que deben satisfacerse. Los recursos compartidos en un horizonte de tiempo determinado proporcionan un segundo conjunto de restricciones.

Cuando “n” proyectos han sido jerarquizados por este método y que la suma de los recursos disponibles es inferior a las necesidades generadas por los “n” proyectos (por ejemplo el presupuesto), el problema de selección consiste en identificar la combinación óptima que satisfaga la o las restricciones de los recursos. Para ello es posible utilizar la programación matemática en números enteros o entera-mixta.

Para tratar proyectos con objetivos múltiples, los métodos de “programación por metas” (*goal programming*) permiten minimizar las desviaciones con relación a metas fijas⁽³⁸⁾. La programación dinámica ha sido propuesta para tomar en cuenta las relaciones secuenciales entre las fases de un proyecto o entre proyectos.

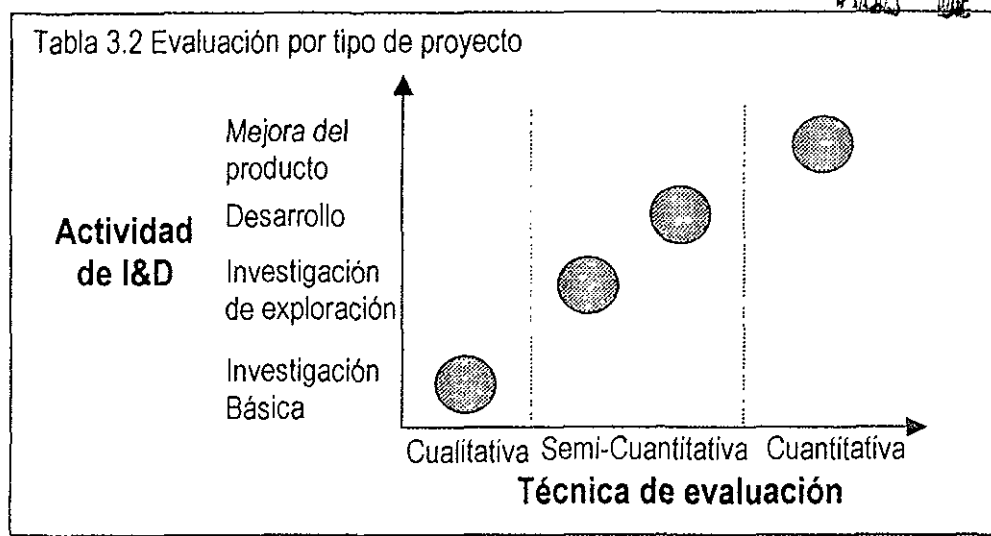
Todos estos métodos exigen un gran número de informaciones cuantificadas que no siempre están disponibles para los proyectos de I&D.

3.3. UTILIZACIÓN DE LOS MODELOS Y LÍMITES.

3.3.1. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y NATURALEZA DE LOS PROYECTOS.

Los proyectos de investigación son en general numerosos, sujetos a una fuerte incertidumbre. Para progresar, a éstos no se les puede adjudicar “un administrador” sino más bien, mayor investigación.⁽³⁹⁾

En la siguiente tabla (3.2) se puede observar el tipo de evaluación según los tipos de proyecto, por ejemplo, de investigación o de desarrollo.

ESTA TESIS NO DEBE
VALER DE LA BÚZUECA

3.3.2. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y ESTADÍO DE MADURACIÓN DE LOS PROYECTOS.

Un programa de I&D pasa por estadios sucesivos en el curso de los cuales, la información que se genera reduce la incertidumbre, facilita la previsión de los eventos futuros y dan lugar a la planificación tecnológica. De la investigación exploratoria sobre nuevas moléculas, por ejemplo, o de nuevos procesos de fabricación, al desarrollo y lanzamiento de un nuevo producto, la calidad y pertinencia de la información aumenta de manera exponencial. Se descubren nuevas pistas para la investigación, algunas se prueban, otras se desechan y un pequeño número emerge de manera prometedora y a las que se les aplicarán recursos en cantidades mayores. El monto de las inversiones aumenta, por lo tanto, rápidamente, así como el personal para llevarlas a cabo. El proceso de decisión se lleva a cabo a través de toda la empresa, pues todas las partes de su organización se comprometerán para alcanzar el éxito deseado. Del principio al final del ciclo de vida del proyecto de I&D, la validez de los métodos formales de evaluación aumenta entonces fuertemente.

3.3.3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INDUSTRIA.

Se pueden observar diferentes prácticas en el proceso de evaluación y selección de proyectos de I&D, según las actividades industriales donde éstos se encuentran inmersos y de acuerdo al estatus de las organizaciones que financian las investigaciones.

En las industrias maduras, las actividades de I&D tratan de la renovación, reingeniería y mejora de productos y/o procesos y mantienen lazos estrechos con la función operacional y de producción de la empresa. Así, los proyectos de I&D sólo tienen sentido en términos y a través de sus consecuencias operacionales. En las industrias emergentes, o en las industrias donde existe un flujo continuo de innovaciones que condiciona la sobrevivencia de las empresas, los proyectos de I&D no deben ser apreciados uno a uno sino en conjunto, es decir, a través de un portafolio sujeto a riesgo, donde el éxito de un subconjunto limitado de proyectos asegura la rentabilidad de todo el conjunto. A este respecto la función de sobrevivencia de Reul⁽³⁴⁾ es una herramienta útil en la evaluación de la cartera de proyectos. En ciertas industrias, el portafolio de proyectos de I&D está de hecho constituido por un gran número de pequeños proyectos de entre los cuales ninguno presenta un carácter

estratégico, mientras que en otras un número limitado de grandes proyectos condicionan el futuro de la industria. La industria agroalimentaria pertenecería al primer grupo y la industria farmacéutica o aeronáutica al segundo. En éste último, la experiencia acumulada por proyectos anteriores, análogos o parecidos a los proyectos presentes, permiten estimar las probabilidades de éxito, sus costos, los efectos sobre la empresa y el mercado. La historia, en términos de memorización de la información, forma así un patrimonio importante dentro de la empresa, para evaluar y organizar proyectos futuros.

3.4. Métodos para la Selección de Proyectos de I&DT

En la tabla 3.3 se resumen los métodos existentes para la selección de proyectos de I&DT.

Tabla 3.3. - Resumen de Métodos para la Selección de Proyectos de I&DT

Diferentes Técnicas Utilizadas para la Selección de Proyectos	Posicionamiento (Ranking)	<input type="checkbox"/> Comparación por pares (Pairwise comparisons) <input type="checkbox"/> Método de Valor Dominante (Dominance Count Method), <input type="checkbox"/> Método de Escala por Referencias (Anchored Scale Method). <input type="checkbox"/> Modelos de Calificación (Scoring Models) <input type="checkbox"/> Análisis Jerárquico Multicriterio (Analytic Hierarchy Procedure)	
	Económicos	<input type="checkbox"/> Valor Presente Neto (VPN) <input type="checkbox"/> Tasa Interna de Retorno (TIR) <input type="checkbox"/> Tiempo de Recuperación del Flujo de Efectivo <input type="checkbox"/> Valor Esperado	
	Decisiones Multi Etapas	<input type="checkbox"/> Teoría de Decisiones	
	Optimización de cartera	<input type="checkbox"/> Programación Matemática <input type="checkbox"/> Análisis de Sensibilidad <input type="checkbox"/> Simulación <input type="checkbox"/> Análisis por "clusters"	
	Pragmáticos (Ad hoc)	<input type="checkbox"/> Perfiles <input type="checkbox"/> Selección Interactiva	
		<input type="checkbox"/> Modelado Cognoscitivo	<input type="checkbox"/> Réplica <input type="checkbox"/> Evaluación

Fuente: Adaptado de Martino P. Joseph (1995)

En las páginas siguientes se exponen las características de cada uno de ellos. Es importante señalar que se presenta a manera de tabla comparativa para que su clasificación, características y procedimientos puedan ser apreciados en forma más clara y comprensible.

Métodos de Posicionamiento (Ranking)	<i>Proporcionan una escala de valor a una serie de proyectos propuestos. Resultan fáciles de utilizar y sencillos para su entendimiento, sin embargo a través de ellos se corre el riesgo de realizar simplemente una selección del mejor de una serie de proyectos inadecuados. Una vez ordenados y enlistados, el tomador de decisiones emprende los proyectos desde el inicio de la lista hasta el final, otorgando el financiamiento en ese orden hasta que se agote el presupuesto.</i>	
	Características	Procedimiento
Comparación por pares	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Comparación de cada proyecto con todos los demás, definiéndose que proyecto es mejor y qué tanto. 	<p>Por cada N proyectos, se requieren $N*(N-1)/2$ comparaciones. Si existen M criterios se requerirán $M*N*(N-1)/2$ comparaciones. Una vez elaboradas las comparaciones se utilizan los dos métodos siguientes (*) para convertirlos en métodos de posicionamiento.</p>
*Método de Valor Dominante	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Establece una matriz en donde se presentan todos los proyectos existentes y sus comparaciones correspondientes 	<p>En las celdas de la matriz se asigna el valor de 1 si el proyecto especificado por la fila es igual o mejor que el proyecto señalado en la columna y por el contrario, se asigna el valor de 0 si el proyecto de fila es inferior con respecto al de la columna.</p>
Escala por Referencias	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Utilizado tanto para un número reducido de proyectos y también apropiado cuando el número de proyectos es demasiado grande para realizar convenientemente $N(N-1)/2$ comparaciones. <input type="checkbox"/> Este método presupone que el mejor y peor proyecto pueden ser identificados fácilmente. <input type="checkbox"/> Al igual que el método anterior, a menudo conducen a ataduras o agrupamientos, especialmente en el centro de la lista si el número de proyectos es grande 	<p>Dentro de la lista de proyectos se selecciona el mejor y el peor de ellos, a continuación y de manera arbitraria, se les asigna un valor de 100 y 1 respectivamente. Cada proyecto es entonces comparado con uno o ambos de estos proyectos de "referencia".</p>
Modelos de Calificación	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Incluyen una fórmula matemática o expresión algebraica que produce un "puntaje" para cada proyecto bajo ciertas consideraciones. <input type="checkbox"/> La fórmula incorpora aquellos factores que se consideran importantes y estos factores son evaluados para que reflejen su importancia relativa frente a otros factores. <input type="checkbox"/> El método puede incorporar tanto datos objetivos como subjetivos. <input type="checkbox"/> Se puede expresar como una fracción o relación (numerador-variables deseables, denominador-variables indeseables). 	<p>Se propone una fórmula que exprese los factores a ser considerados. Cada proyecto es evaluado con cada factor, los puntajes se sustituyen en la fórmula y se realiza un cómputo global para cada proyecto, posteriormente cada proyecto se posiciona con respecto a su puntaje. Si la comparación entre proyectos es necesaria, se puede realizar en base a un factor o criterio a la vez.</p>
Método Análisis Jerárquico Multicriterio (AJM)	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Produce una escala de posiciones para los proyectos cuando los criterios pueden descomponerse jerárquicamente. <input type="checkbox"/> En la elaboración de la matriz, al realizar las comparaciones se muestra el grado de importancia de dichos puntos permitiendo incorporar juicios del analista. 	<p>El proceso siempre empieza por arriba, se desarrolla jerárquicamente como un árbol y luego trabaja en retroceso. Se basa en la definición de una meta global así como una serie de criterios para satisfacer dicha meta. Existen criterios de primer nivel y algunos de estos criterios se pueden descomponer en subcriterios de menor nivel. Finalmente al fondo de la jerarquía se establece una lista de entidades a las cuales se les determinarán sus méritos relativos. Esta lista es la misma para cada una de las ramas del árbol. El analista, en cada nivel produce una matriz de "comparación por pares" en donde se relacionan los puntos del primer nivel con el siguiente nivel. Se comienza con una matriz que señala las preferencias relativas de los criterios del primer nivel, posteriormente se hace una ponderación de los criterios de esta matriz de preferencias relativas. Se prosigue con una "comparación por pares" de los proyectos con respecto a cada criterio (estas comparaciones se pueden realizar a través de juicios subjetivos), se calculan las preferencias relativas directamente como relaciones de los valores de los factores. Por último se calcula las prioridades globales de los proyectos multiplicando el puntaje de cada proyecto por cada una de las ponderaciones de los criterios</p>

Métodos Económicos	<p>Estos métodos proponen la evaluación de proyectos con respecto a la contribución de beneficios y utilidades para la empresa. Toman en cuenta el flujo de efectivo involucrado en cada proyecto, desde su iniciación hasta su desarrollo, sus ventas e incluso hasta el término de su ciclo de vida o de un horizonte de tiempo específico. Son determinísticos y se basan en el cuestionamiento de cuales proyectos son los que representan ganancias financieras para la empresa. Todos éstos métodos requieren datos que posiblemente no se puedan obtener en las etapas tempranas en la vida de los proyectos de I&DT.</p>	
	Características	Procedimiento
Valor Presente Neto (VPN)	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> A menudo utilizado sobre el presupuesto del capital. El concepto básico de éste método es que el dinero que se posea en el presente tiene mayor valor que el que se pueda tener en el futuro debido a que el dinero en el presente puede producir ganancias en el intermedio. <input type="checkbox"/> El cálculo del VPN sirve para dos propósitos: (1) Hacer posible la comparación entre el valor presente y futuro al mismo flujo de efectivo. (2) Hacer posible la comparación de flujos de efectivo que tienen diferentes perfiles de entradas y gastos. De esta forma, al comparar distintas entradas y gastos el valor futuro del dinero se va descontando hacia el presente con la tasa de interés apropiada. <input type="checkbox"/> Este método provee una medida directa del valor económico total de un proyecto con respecto a la empresa, valor que puede ser comparado con el valor de las alternativas de inversión que pueden tener diferentes perfiles de flujo de efectivo. <input type="checkbox"/> Requiere datos acerca de los costos futuros que posiblemente no se pueden obtener en etapas tempranas del ciclo de vida del proyecto. También se asume que la tasa de interés se mantiene constante en el tiempo, lo cual puede no ser cierto e ignora posible discontinuidades en la empresa. 	$VPN = \sum_{i=0}^N \frac{F(i)}{(1+r)^i}$ <p>En donde F= Flujo de efectivo en el periodo <i>i</i> r = Tasa de interés i = tiempo del ciclo de vida del proyecto</p>
Valor Presente Generalizado	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Este método es una alternativa al Valor Presente Neto, el cual elimina el requerimiento de que la tasa de interés deba ser constante a través del tiempo. 	<p>Consiste en realizar una elección de un valor supuesto dentro de una serie de flujos de efectivo de varios periodos. Una vez que el perfil se ha acertado por un año, el proceso se repite, el tomador de decisiones selecciona un nuevo flujo de efectivo de manera indistinta entre el valor modificado con valor de cero en el último año y uno con valores de cero en los últimos dos años y algún valor entre el segundo y el último año mayor que el valor original elegido. Se repite el proceso hasta que el valor original se reemplace por uno que tenga un valor diferente a cero únicamente en el primer año y valores de cero en los siguientes años horizonte de tiempo. Este valor se convierte en el valor presente de los flujos originales.</p>
Tasa Interna de Retorno (TIR)	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> La Tasa Interna de Retorno es la tasa de interés que iguala al VPN en su flujo de efectivo a cero, o dicho de otra forma, es la tasa de interés que se tendría que pagar en dinero prestado para hacer que el flujo de efectivo del VPN del flujo de efectivo se convierta en cero. <input type="checkbox"/> Se calcula iterativamente, ya que no hay fórmula para su cómputo. <input type="checkbox"/> En términos de la selección de proyectos entre más grande sea la TIR, mejor es el proyecto. <input type="checkbox"/> Una ventaja que posee el método es que el analista no necesita estimar la tasa de interés futura como se requiere en el VPN, sin embargo como inconveniente se encuentra que a menudo un proyecto con una alta IRR suele presentar un bajo VPN y actualmente esto resulta de menor interés para las empresas. 	$VPN = \sum_{i=0}^N \frac{F(i)}{(1+r)^i}$ <p>En donde F= Flujo de efectivo en el periodo <i>i</i> r = Tasa de interés i = tiempo del ciclo de vida del proyecto y se busca iterativamente el valor de <i>r</i> que haga que la expresión se reduzca a cero.</p>

Tiempo de Recuperación del Flujo de Efectivo	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Este método representa la medida del tiempo desde el inicio del proyecto hasta que el flujo de efectivo neto se convierte en positivo, es decir, es el tiempo en el cual el proyecto recupera el financiamiento invertido en él. <input type="checkbox"/> Generalmente, no toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo o alguna otra razón para preferir un flujo de efectivo en algún periodo, de otro flujo de efectivo. <input type="checkbox"/> Sólo busca el tiempo en el cual se recupera la inversión, sin considerar usos alternativos para el mismo financiamiento. <input type="checkbox"/> Este método se puede utilizar para determinar el grado de riesgo de los proyectos debido a que los proyectos que alcanzan a pagarse más rápido representan un menor riesgo de aquellos que se pagan después. <input type="checkbox"/> Requiere de una estimación de los insumos futuros del proyecto, siendo a menudo esto difícil de obtener sobre todo para proyectos en etapas de investigación básica. <input type="checkbox"/> Este método generalmente difiere con la jerarquización realizada por el VPN o la TIR por que no toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo. 	Se busca el tiempo en el cual el flujo de efectivo es positivo
Valor Esperado	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Cada perfil posible del flujo de efectivo se asigna a una probabilidad de ocurrencia, basada en una probabilidad estimada de los resultados de la I&DT, de condiciones económicas o de cualquier otra situación. <input type="checkbox"/> La utilización del valor esperado requiere de un mayor número de datos que los requeridos para las formas usuales de cálculo de perfiles de flujo de efectivo, pero proporciona una visión más realista de las condiciones, porque toma en cuenta posibles alternativas 	El perfil del flujo de efectivo esperado se calcula multiplicando cada posible perfil existente por su probabilidad para finalmente sumar los productos. Posteriormente se calcula el VPN (o la TIR o el tiempo de recuperación del flujo de efectivo) con el perfil del flujo de efectivo esperado. El resultado es el VPN (o la TIR o el tiempo de recuperación del flujo de efectivo) esperado

Teoría de Decisiones	<i>Se utiliza en situaciones en las cuales el tomador de decisiones se enfrenta a una secuencia de decisiones (elecciones a realizar) y entre cada dos decisiones sucesivas interviene un resultado (probabilidad de evento) de la decisión previa.</i>	
	Características	Procedimiento
	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> El arreglo de las decisiones y las probabilidades de evento se puede representar como un "árbol de decisiones" y el proceso de la resolución del árbol puede ser realizado a través de una hoja de cálculo. <input type="checkbox"/> La característica esencial de este proceso reside en que cada etapa involucra una decisión y posteriormente una probabilidad de eventos. <input type="checkbox"/> Permite identificar las mejores alternativas y alcanzar los más altos valores esperados de la serie de decisiones. <input type="checkbox"/> Resulta particularmente adecuado para evaluar proyectos de I&DT que involucran una serie de decisiones para su realización. <input type="checkbox"/> Es necesario conocer la probabilidad de los posibles resultados. 	<p>Las decisiones y las probabilidades de evento se muestran como un "árbol de decisiones". Por convención, los nodos de decisión se representan como cuadros y los nodos de probabilidad como círculos.</p> <p>Al arrancar un proyecto con múltiples etapas se realiza una decisión inicial, esta primera etapa puede tener dos o más eventos alternativos, los posibles eventos y la probabilidad de ocurrencia de cada uno se deben especificar al mismo tiempo en que se realiza la decisión inicial; dependiendo del resultado de la primera etapa, es necesario realizar una nueva decisión la cual inicia otra nueva etapa que a su vez conduce a otra decisión y se prosigue de esta forma hasta que se alcanza un punto final, como conclusión del proyecto. En las raíces del árbol se muestra la decisión inicial, en las hojas se colocan los resultados correspondientes.</p> <p>Posteriormente se resuelve el método "plegando el árbol en retroceso". Se comienza con las hojas en donde el valor de cada evento se multiplica por su probabilidad asociada. El resultado es el valor esperado en cada nodo de probabilidad. Posteriormente, el árbol se debe "podar" desechándose las ramas en donde los valores de los nodos de probabilidad son menores. En los nodos de probabilidad precedentes, se "podan" todas las ramas excepto aquellas que tengan los valores esperados mayores hasta llegar a la raíz con el valor esperado del árbol. De esta forma se obtiene el valor esperado del proyecto con el conocimiento de las mejores elecciones en cada posible decisión.</p>

Métodos de Optimización de la Cartera de Proyectos	<p>El objetivo de éstos métodos es seleccionar de la lista de proyectos candidatos, aquellos que proporcionen las utilidades y beneficios mayores a la empresa. Pueden tomar en cuenta los recursos dependientes, restricciones presupuestales, interacciones técnicas, interacciones del mercado, y consideraciones programadas. Debido a que los proyectos no siempre se pueden considerar en forma aislada, existen muchas posibles interacciones entre proyectos, que requieren que los efectos de un proyecto sobre otro sean tomados en cuenta para la elección de una óptima cartera, estas interacciones son:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <u>Dependencias de Recursos:</u> diferentes proyectos pueden requerir el uso de los mismos recursos, el objeto de tomarlos en cuenta es para asegurar que los requerimientos de la serie de programas incluidos en la cartera no excedan la capacidad de algún recurso único o especializado. ▪ <u>Interacciones Técnicas:</u> dos o más proyectos pueden requerir el éxito del mismo experimento o del mismo enfoque técnico. El fracaso en el experimento o en el desarrollo de la tecnología puede retrasar o forzar a la cancelación de tales proyectos. Por otra parte, el fracaso de un proyecto puede incrementar la posibilidad de éxito de otro. La cartera debe diseñarse para minimizar las probabilidades de fallas comunes de diferentes proyectos. ▪ <u>Interacciones del Mercado:</u> dos proyectos pueden interactuar en el mismo mercado. Si ellos resultan en productos que sustituyen parcial o completamente a otros, el éxito de uno puede convertirse en un acto de "canibalismo" para las ventas de otro. Sin embargo, de manera opuesta, los productos pueden ser complementarios y las ventas de uno pueden engrandecer las de otro. La evaluación de la cartera debe incluir las interacciones del mercado entre proyectos. ▪ <u>Consideraciones Programadas:</u> existen ciertas políticas o consideraciones reglamentarias que requieren que la cartera contenga ciertos tipos de proyectos. Estas inclusiones pueden ser requeridas para satisfacer consideraciones que no pueden expresarse en términos económicos. 	
Programación Matemática	<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> □ Se refiere a una clase de técnicas para seleccionar una serie de entidades de entre una colección mayor, de tal forma que la serie seleccionada maximice una función objetivo, sujeta a varias restricciones. □ Su utilización resulta particularmente adecuada cuando dos o más recursos imponen restricciones. La programación entera puede ser un enfoque razonable y para casos modestos puede utilizarse una hoja de cálculo. Para casos más complejos es necesario un programa especializado por computadora, a pesar de que la extensión del problema permanece igual que en el uso de una hoja de cálculo 	<p>Procedimiento</p> <p>Supóngase que se tiene una colección X de $x(i)$ proyectos y cada proyecto requiere de una cantidad de recursos $r(i)$ y un total de R recursos disponibles. Mediante el uso de la programación lineal se debe encontrar el subsistema X' de X, que maximice a la siguiente ecuación:</p> $\text{Utilidades} = \sum_{x(i) \text{ en } X'} p(x(i))$ <p>Sujeta a:</p> $\sum_{x(i) \text{ en } X'} r(x(i)) \leq R$ <p>en donde x' es el subconjunto óptimo de proyectos que pertenece a x</p>
Análisis de Sensibilidad	<ul style="list-style-type: none"> □ Tiene dos propósitos: El primero es determinar que tan sólida resulta la cartera óptima a cambios de los valores considerados. Si un cambio menor en muy pocos valores altera significativamente la cartera óptima, entonces dicha cartera es altamente sensible a esos valores. De manera contraria, si un cambio moderado en los valores no cambia a la cartera significativamente, entonces ésta es sólida a los cambios. □ El segundo propósito es determinar aquellos cambios menores en una o más variables que provocan diferencias significativas en las utilidades. En el caso de proyectos de I&DT, el aumento en la aplicación de recursos, generalmente provoca mayores utilidades. 	

Métodos de Simulación	<i>Este método es utilizado cuando los proyectos en una cartera tienen resultados alternativos y en los cuales sus probabilidades pueden ser relacionadas (i.e. éxito, éxito parcial, fracaso), así mismo cuando los proyectos presentan rutas alternas hacia la meta final dependiendo de la probabilidad de los resultados y cuando los proyectos tienen diferentes utilidades para los diferentes resultados. La Simulación se puede aplicar tanto a proyectos de una sola etapa como a proyectos multi etapas.</i>	
	Características	Procedimiento
Proyectos de una sola Etapa	<ul style="list-style-type: none"> ❑ La realización de una simulación, especialmente para un gran número de proyectos, es una forma conveniente de estimar los rangos de los posibles resultados y proporcionan una idea del tipo de resultados específicos. ❑ Es una herramienta poderosa para el análisis de una serie de proyectos que involucran ciertas dependencias entre los mismos proyectos, especialmente cuando son difíciles de manejar analíticamente. ❑ Proporciona también información acerca de la amplitud de los resultados. 	Los proyectos son simulados a través de números aleatorios para determinar los resultados y las utilidades. Esto se realiza en número considerable y suficiente de veces para validar estadísticamente los resultados. Se obtiene un estimado de las probabilidades de los diferentes resultados; a esta metodología se le conoce como simulación MonteCarlo.
Proyectos Multi Etapas	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Este enfoque resulta más apropiado que la teoría de decisiones particularmente cuando existe un número elevado de árboles de proyecto y si además existen varias dependencias entre proyectos, sobre todo si los resultados de uno afectan las probabilidades de otros varios resultados. ❑ Provee información acerca del rango y la frecuencia relativa de ocurrencia de varios posibles eventos. 	Se prepara un "árbol de proyecto" para cada posible proyecto para posteriormente dividirlo en periodos o fases, los cuales no necesitan ser de la misma longitud. Al final de cada periodo ocurre una probabilidad de evento seguida de una decisión. Dentro de cada periodo, el proyecto debe ser alcanzado por cualquiera de los distintos niveles de recursos, en donde se pueden incluir múltiples recursos (personal, financiamiento, equipo de pruebas especializado). Cada alternativa se trata como una distinta elección para cada nodo de decisión. El árbol de proyecto se extiende al horizonte de tiempo deseado y el valor de cada camino a través del árbol se evalúa en el horizonte de tiempo estipulado. Las ramas alternas en el árbol reflejan la incertidumbre de los niveles de recursos necesarios o el tiempo necesario para completar una fase en particular. Cada árbol de proyecto se debe analizar a la inversa, eliminando las ramas que sean inferiores de las ramas alternas; de esta forma, el valor al final de la ruta es más pequeño que el valor al final de las otras rutas que puedan ser elegidas. Este árbol reducido corresponde a la representación de los posibles cursos o rutas del proyecto. Posteriormente cada árbol debe ser evaluado individualmente.

Modelos Cognoscitivos	<p>En las tablas anteriores se exponen métodos en los cuales los analistas y los tomadores de decisiones pueden descomponer las decisiones globales en componentes que pueden ser juzgados o analizados en forma separada. Posteriormente estos juicios y análisis se podían combinar nuevamente en una evaluación global de un proyecto. Por el contrario, los modelos cognoscitivos se basan en el proceso inverso, analiza las decisiones globales para determinar los componentes que intervinieron en ellas, este método pretende entender, capturar o modelar el proceso de decisión utilizado por los tomadores de decisiones. En algunos casos se puede tener una serie de decisiones para ser utilizadas como un modelo. Estas decisiones fueron realizadas en una serie limitada de casos. A través de este método se pretende realizar una imitación de este tipo de decisiones en una serie mayor de casos. Los Modelos cognoscitivos permiten calibrar un modelo en una serie limitada y aplicar los resultados a una serie mayor. Esta calibración se realiza a través de una regresión lineal, con los datos de los casos como variables independientes y la selección o el rechazo (1 y 0 respectivamente) como las variables dependientes.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Como herramienta de investigación su propósito es conducir al entendimiento de cómo se realizan las decisiones. ▪ Como herramienta de selección de proyectos pretende hacer una representación de las decisiones que serían tomadas por los tomadores de decisiones. ▪ Esta aplicación se utiliza en aquellas situaciones en donde es necesario tomar un gran número de decisiones, de forma tal que el tomador de decisiones queda exento de esta tarea. Sin embargo sólo es de valor cuando las representaciones de las decisiones son lo suficientemente cercanas o parecidas a las que el tomador de decisiones podría realizar. ▪ Permite que la experiencia y el conocimiento del tomador de decisiones sean aplicados sin problemas de fatiga o de inconsistencia. ▪ Se puede utilizar una hoja de cálculo tanto como para realizar las regresiones lineales tanto como para evaluar los resultados. 	
Réplica	Características <ul style="list-style-type: none"> □ La experiencia con los modelos cognoscitivos muestra que una simple regresión lineal parece ser un adecuado trabajo de captura del pensamiento de una persona o grupo de personas para ser modelado mientras los datos utilizados como entradas al modelo sean consistentes con el modelo mental del(los) tomador(es) de decisiones. Por lo tanto, si la regresión lineal no puede capturar el modelo mental de manera perfecta, si lo hace de forma suficiente como para utilizarlo en la práctica. 	Procedimiento <p>Se lleva a cabo un análisis bajo una regresión lineal de la serie de decisiones establecidas por el tomador de decisiones. Se toma como variable dependiente los proyectos seleccionados y como variable independiente los datos para cada proyecto de la serie de parámetros establecidos a ser evaluados para cada proyecto. Se calculan los coeficientes de las columnas de parámetros y se analizan los datos arrojados por la hoja de cálculo. Por último las constantes y los coeficientes de la regresión se utilizan como un modelo de calificación. Si el resultado es mayor a 0.5 el proyecto debe ser seleccionado, de manera contraria, si el proyecto presenta un valor menor a 0.5 debe ser rechazado. Si los resultados son contrarios a los presentados por el tomador de decisiones se puede realizar "cuidadosamente" una réplica de la decisión.</p>
Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> □ Debido a que los modelos cognoscitivos capturan el modelo mental utilizado por el tomador de decisiones, sirven también para evaluar los factores utilizados en las decisiones. Es decir, se puede evaluar si los parámetros o factores estipulados para la selección de proyectos se siguieron adecuadamente o identificar la fuerza relativa de los factores tomados en cuenta. 	<p>Se utiliza la t de Student en los coeficientes de los factores que fueron considerados (esto se hace simplemente realizando la división de los coeficientes por sus propios errores estándar) y se evalúa si los coeficientes son significativamente distintos de cero tomando en cuenta una tabla de valores críticos para la distribución de la t de Student. Incluso se puede realizar un promedio de los valores de los datos originales y se puede obtener las contribuciones promedio de cada factor del valor promedio de la variable dependiente.. Por definición, el resultado de los valores promedio de las variables independientes en la fórmula de la regresión lineal debe producir el valor promedio de la variable dependiente.</p>

Análisis por "Clusters"	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mathieu y Gibson (1993) presentaron un método basado en una agrupación de proyectos acordes al soporte de objetivos específicos. Los agrupamientos pueden ser jerarquizados acorde a la importancia de su posicionamiento estratégico. Es decir, los proyectos de un grupo dan soporte a una posición estratégica y derivan de la importancia (y la deseabilidad de soporte) de su posición estratégica. 	
	Características <ul style="list-style-type: none"> □ El método de análisis por "clusters" no realiza una categorización directa de proyectos, ni tampoco los relaciona en la medida de sus utilidades o insumos. En lugar de ello, define grupos o "clusters" de proyectos que están relacionados o son en algún sentido similares. □ El objetivo es construir "clusters" de proyectos que puedan ser categorizados de acuerdo a la importancia de los objetivos estratégicos que soportan. □ En principio los "clusters" se clasifican desde "muy importantes" hasta "menos importantes" basándose en el soporte que éstos proporcionan a los objetivos estratégicos de la empresa. □ Esta técnica pretende establecer una metodología que permita construir un enfoque en el cual los proyectos que se encuentren del lado izquierdo sean aceptados como internamente similares y los proyectos que se encuentren más hacia el lado derecho sean clasificados como insuficientemente similares. □ Al obtener el dendograma, la información se debe utilizar para identificar a los proyectos de los clusters que se encuentren mayormente alineados con los objetivos estratégicos de la organización. □ Los clusters se financian desde los "más importantes" hasta los "menos importantes" hasta que se agote el presupuesto y los recursos. 	Procedimiento <ol style="list-style-type: none"> 1. Se presenta una lista de los proyectos candidatos propuestos por la organización. Se presenta también una lista de las áreas en las cuales la organización aplica su línea de productos o a los cuales sirve la empresa. 2. Se construye con estas dos listas una matriz de incidencias en la cual se muestra con un 1 ó 0 las áreas de la organización a las cuales soporta cada proyecto propuesto. 3. Posteriormente se inicia un proceso de identificación de patrones de la matriz de incidencias, es decir se realiza una agrupación de aquellos proyectos que son similares según el enfoque de soporte de las mismas área de aplicación de la empresa. 4. En forma simple se comparan dos proyectos al mismo tiempo con respecto a otro. De esta forma existirán algunas área de aplicación que estarán soportadas por ambos proyectos, algunas que estarán soportadas por uno o por otro y otras que no estarán soportadas por ninguno. 5. Posteriormente y de manera arbitraria se etiquetan con números cada uno de los proyectos. 6. Se definen una serie de variables que especifican las posibles combinaciones de soporte entre los proyectos y las áreas de aplicación con las cuales se define una "medida de similitud" entre dos proyectos conocida como coeficiente de Jaccard que es esencialmente el número de factores de concordancia entre dos proyectos divididos por el número máximo de posibles proyectos. 7. Al calcular el coeficiente de Jackard para cada par de proyectos, se puede construir una "matriz de similitudes" la cual se acostumbra presentar como una matriz triangular inferior. 8. Posteriormente se construye un "dendograma" en donde los dos proyectos más parecidos se unen en un "cluster". De igual forma el siguiente par más parecido se une en un nuevo "cluster" o el proyecto más parecido al primer par se añade al "cluster" existente y se continúa el proceso. 9. Por último el número de "clusters", incluyendo a los proyectos que no fueron posibles de unir, se reducen en uno solo para finalmente estar todos los proyectos unidos en un solo y gran "cluster". 10. La "clusterización" se describe gráficamente como un diagrama de árbol, con todos los proyectos a la izquierda y las uniones como ramas hacia la derecha del diagrama. Cada unión se dibuja en el eje horizontal acorde al grado de "disparidad" entre los dos "clusters" que producen esa unión. En efecto, el dibujo muestra la cantidad de uniones necesarias para relacionar a los proyectos en un gran "cluster".

Métodos Ad Hoc	<p>En esta tabla se presentan aquellos métodos para la selección de proyectos que no recaen en ninguna de las categorías presentadas en las tablas anteriores. Así mismo, es necesario señalar que las técnicas que se presentan a continuación son profundamente pragmáticas en su naturaleza y no son en realidad métodos formales en su totalidad pero se pueden utilizar cuando ninguno de los métodos anteriores parezca apropiado. En particular son adecuados cuando los criterios para la selección de proyectos no se encuentran bien definidos, debido a que proporcionan una ayuda para la definición de criterios en una forma más clara.</p>	
	Características	Procedimiento
Perfiles	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Es una forma simple del "scoring model". <input type="checkbox"/> El concepto del "mejor perfil" es profundamente subjetivo debido a la forma de consideración de los factores de selección. 	<p>Se establece un puntaje para cada proyecto basado en diversas características. Si en alguna característica, el puntaje se encuentra afuera de unos límites establecidos, el proyecto es rechazado, los proyectos que "dominan" a los otros en todas o en la mayoría de las características son los proyectos seleccionados. Si el financiamiento aún no se termina después de haber emprendido los proyectos que no fueron dominados por otros, entonces se seleccionan los proyectos con los mejores perfiles dentro de los perfiles remanentes.</p>
Selección Interactiva	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Este método se basa en la interacción del director de la I&DT con sus administradores subordinados para determinar los factores de selección a considerar. <input type="checkbox"/> El objetivo es desarrollar y refinar los proyectos para que se acerquen cada vez más a los objetivos tácticos y estratégicos del director de la I&DT <input type="checkbox"/> El elemento clave de este proceso de selección interactivo, es que el criterio de selección se mejora cada vez que el proceso se vuelve a repetir. Aún cuando los criterios del director de I&DT no se encuentren claramente definidos, se irán clarificando en la medida en que el proceso de selección y justificación de razones continúe. <input type="checkbox"/> Uno de los riesgos de este procedimiento es que las propuestas de los proyectos puedan empezar a parecerse entre ellas. 	<p>El proceso comienza con el requerimiento del director de I&DT de propuestas de proyectos a sus subordinados. El director puede proporcionar las guías que considere apropiadas, posteriormente los subordinados presentan los proyectos propuestos que a su juicio cumplen con las guías proporcionadas. El director selecciona sólo uno de los proyectos de la serie de propuestas. El director explica el porqué de su decisión. Los subordinados revisan sus propuestas para mejorar y apuntarlas lo más cercanamente posible a las nuevas guías del director. Este proceso de revisión, selección y modificación continúa hasta que el presupuesto se agota u otra restricción aparece. En cada etapa, los subordinados mejoran sus propuestas en un esfuerzo de alinearse cada vez más a los objetivos del director.</p>

3.4.1 MÉTODO DE CLUSTERIZACIÓN

Debido a que en el capítulo siguiente (Capítulo V), utilizaremos esta técnica para el ejemplo de aplicación, es necesario explicarla con más profundidad y detalle.

Considérese una gran empresa con múltiples áreas de negocios cuya principal actividad está orientada a la explotación y procesamiento del Crudo. Se le ha presentado al director corporativo de I&D de dicha compañía una lista de proyectos elaborada por el mismo laboratorio central de I&D. Dichos proyectos soportan varias tecnologías o aplicaciones de la empresa. Todos los proyectos son considerados con la suficiente solidez técnica y un grado óptimo de aceptación del mercado. Sin embargo, debido a las restricciones de recursos, no es posible aprobar la totalidad de los proyectos contenidos en la lista, pero se desea aprobar aquellos proyectos que soporten los objetivos estratégicos de la empresa *tal como lo establece el presidente y la rama ejecutiva de la empresa.*

La tabla 3.4 es una lista de áreas de aplicación tecnológica en las cuales, la empresa se encuentra activa y la tabla 3.5 es la lista de proyectos propuestos al director de I&D. De acuerdo a lo anterior, ¿Cómo se puede identificar a los proyectos que dan un soporte estratégico mayor a los objetivos de la empresa?

Tabla 3.4 Áreas de Aplicación Tecnológica en las cuales la Empresa se Encuentra Activa.

AT1	Tratamiento Frontal de Crudo Potencial
AT2	Separación y recuperación de Hidrocarburos
AT3	Conversión de Residuales
AT4	Remoción de Impurezas
AT5	Síntesis de Productos
AT6	Emisiones al Ambiente

Tabla 3.5 Proyectos Propuestos para Aprobación Abreviatura

	Proyectos Propuestos para Aprobación	Abreviatura
P1	Proceso Ultrasónico	PROCULT
P2	Microondas	MICROON
P3	Biotratamiento para tratamiento frontal	BIOTRATF
P4	Recuperación de Vapores no Saturados	RECVAPNS
P5	Recuperación de Vapores Saturados	RECVAPS
P6	Hidroagotamiento de Crudo	HIDRAGCR
P7	Membranas de recuperación de H ₂	MEMRECH2
P8	Desintegración Catalítica de Residuos	DESCATRES
P9	Hidroreducción de viscosidad	HIDREDVIS
P10	Biotratamiento para Remoción de Impurezas	BIOTRATRI
P11	Recuperación de H ₂ del H ₂ S	RECH2H2S
P12	Gasificación	GASIF
P13	Síntesis Fisher Troppe (Crudo sintético a partir de gas natural)	SINTFISTPS
P14	Oxidación, Absorción, Adsorción, Filtrado	OXABADFIL
P15	Incineración	INCINER
P16	Inertización	INERTIZ

La tabla 3.6 muestra cuáles áreas de aplicación tecnológica están soportadas por cada proyecto propuesto. Técnicamente esta tabla se denomina “matriz de incidencias”, en donde se utilizan únicamente valores de

0 y 1 El valor de 1 significa que el proyecto (fila) soporta al área de aplicación tecnológica (columna) y el valor de cero en una celda indica que el proyecto no soporta esa área de aplicación tecnológica.

Tabla 3.6 Soporte de proyectos a las áreas de aplicación tecnológica (Matriz de incidencias)

Mat incid	TA1	TA2	TA3	TA4	TA5	TA6
P1	1	1	1	0	1	0
P2	1	1	1	0	1	0
P3	1	1	1	0	1	0
P4	0	1	0	1	0	0
P5	0	1	0	1	0	0
P6	0	1	1	0	0	0
P7	0	1	0	1	0	0
P8	0	1	0	0	1	0
P9	0	0	0	0	1	0
P10	0	1	1	1	1	1
P11	0	0	0	0	1	0
P12	0	0	0	0	1	0
P13	1	0	0	0	0	1
P14	0	0	0	0	0	1
P15	0	0	0	0	0	1
P16	0	0	0	0	0	1

El paso siguiente consiste en identificar patrones en la matriz de incidencias, es decir, es necesario establecer elementos que permitan agrupar aquellos proyectos que son similares por el hecho de soportar a la misma área de aplicación tecnológica. Para ello, se comienza con la comparación de dos proyectos, uno con respecto al otro. Existirán algunas áreas de aplicación tecnológica que estarán soportadas por ambos, otras que estarán soportadas por uno o por el otro y algunas que no están soportadas por ninguno. Arbitrariamente etiquetemos a los proyectos como 1 y 2. Luego, definamos a las variables a, b, c y d como sigue

- a - número de áreas de aplicación tecnológica soportadas tanto por 1 y por 2.
- b - número de áreas de aplicación tecnológica que son soportadas por 1 pero no por 2.
- c - número de áreas de aplicación tecnológica que son soportadas por 2 pero no por 1.
- d - número de áreas de aplicación tecnológica que no son soportadas por ninguno.

La "medida de similitud" entre los dos proyectos se define como:

$$S = \frac{a - d}{a - b - c - d}$$

Esta ecuación se conoce como el coeficiente de Jaccard. Esencialmente, es el número de correspondencias existentes dividido entre el número máximo de correspondencias posibles. (Nótese que el coeficiente de Jaccard implica que la falta de unión para soportar un área de aplicación tecnológica indica una similitud entre los dos proyectos. En algunos casos, el hecho de que ninguno de los dos proyectos soporte un área de aplicación tecnológica no tiene sentido alguno su agrupación. En tal situación, la variable d puede eliminarse de la definición del coeficiente de similitud y la ecuación ya no puede nombrarse como coeficiente de Jaccard.

Calculando el coeficiente de Jaccard para todos y cada uno de los pares de proyectos, es posible construir una "matriz de similitudes". Dado que la designación de las etiquetas de 1 y 2 para los proyectos es arbitraria, el valor de S deberá ser el mismo no importando cual proyecto sea designado como 1 y cual como 2, por lo tanto, es posible y se acostumbra presentar a la matriz de similitudes como una matriz triangular inferior. (Ver tabla 3.7). Los elementos de la diagonal obviamente son valores de 1, dado que cada proyecto es idéntico a sí mismo. Los elementos faltantes arriba de la diagonal, son simétricos con respecto a aquellos debajo de la diagonal, por lo tanto no hay necesidad de calcularlos y presentarlos, dado que no expresan ninguna información adicional a la que existe en la tabla.

Tabla 3.7 Matriz de similitudes entre proyectos

		PRO CULT	MICRO ON	BIO TRATF	REC VAPNS	REC VAPS	HIDRAGCR	MEM RECH2	DES CATRES	HIDREDVIS	BIO TRATRI	REC H2H2S	GASIF	SINTFIS TPS	OXABADFIL	INCINER	INERTIZ
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
PRO CULT	P1	1															
MICRO ON	P2	1	1														
BIO TRATF	P3	1	1	1													
REC VAPNS	P4	0,333	0,333	0,333	1												
REC VAPS	P5	0,333	0,333	0,333	1	1											
HIDRAGCR	P6	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	1										
MEM RECH2	P7	0,333	0,333	0,333	1	1	0,667	1									
DES CATRES	P8	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	1								
HIDREDVIS	P9	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,833	1							
BIO TRATRI	P10	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,333	1						
REC H2H2S	P11	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,833	1	0,333	1					
GASIF	P12	0,667	0,667	0,667	0,333	0,333	0,333	0,333	0,667	0,833	0,167	0,833	1				
SINTFIS TPS	P13	0,167	0,167	0,167	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,667	0,333	0,667	0,5	1			
OXABADFIL	P14	0,167	0,167	0,167	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,667	0,333	0,667	0,5	1	1		
INCINER	P15	0,167	0,167	0,167	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,667	0,333	0,667	0,5	1	1	1	
INERTIZ	P16	0,167	0,167	0,167	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,667	0,333	0,667	0,5	1	1	1	1

Nótese que los proyectos P1, P2 y P3 tienen idénticas entradas al soportar las mismas áreas de aplicación tecnológica y por esta razón su coeficiente de Jaccard es igual a 1. Lo mismo resulta para los proyectos P4 con P5 y P7, P9 con P11 y P13, P14 y P15.

Después de haber obtenido la matriz de similitudes entre proyectos, se debe construir un "dendograma": Los dos proyectos más parecidos se unen en un "cluster". Después los siguientes pares más parecidos se unen en otro "cluster", o el proyecto más parecido al primer par se añade al "cluster" y se continua así el proceso. En cada paso un proyecto se va uniendo con otro proyecto, u otro proyecto se une con un "cluster existente o se unen dos "clusters" existentes. Finalmente el número de "clusters", incluyendo los proyectos no unidos, se reducen a un solo y gran "cluster".

La "clusterización" se puede ejemplificar gráficamente como un diagrama de árbol en donde todos los proyectos se colocan a la izquierda y las "uniones" se colocan como "ramas" hacia la derecha del diagrama. Cada "unión" se dibuja en el eje horizontal de acuerdo al grado de semejanza entre dos "clusters". En efecto, el dibujo muestra cuantas conexiones se requieren para agrupar los proyectos en un solo y gran "cluster". La figura 3.2 muestra el dendograma de la matriz de similitudes de la tabla 3.7. Los proyectos P1 y P2 son los que se agrupan primero, dado que son completamente semejantes al igual que los proyectos P4 y P5 que se agrupan en el mismo nivel de disimilitud. Otros pares aparecen en grados mayores de disimilitud y por lo tanto estos pares se unen con otros para formar "clusters" más grandes. Al final, todos los proyectos resultan en un solo "cluster".

Desde el punto de vista del analista, el objetivo es identificar aquellos "clusters" que son lo suficientemente grandes de tal forma que existan pocos de ellos y puedan considerarse como proyectos iniciales, pero no tan grandes como para que los proyectos unidos no sean realmente muy parecidos.

Al examinar la figura 3.2 se puede apreciar que existen 3 grandes "clusters" entre los proyectos:

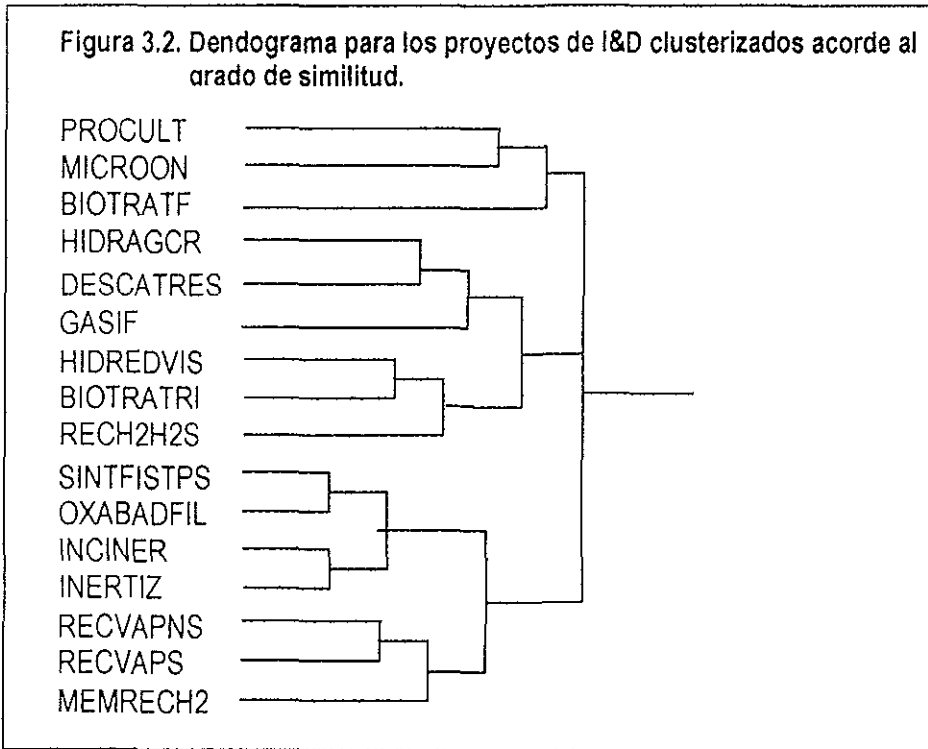
"Cluster" 1	Proceso Ultrasónico, Microondas, Biotratamiento para tratamiento frontal
"Cluster" 2	Hidroagotamiento de Crudo, Desintegración Catalítica de Residuos, Gasificación, Hidroreducción de viscosidad, Biotratamiento para Remoción de Impurezas, Recuperación de H ₂ del H ₂ S
"Cluster" 3	Recuperación de Vapores no Saturados, Recuperación de Vapores Saturados, Membranas de Recuperación de H ₂ , Síntesis Fisher Tropps (Crudo sintético a partir de gas natural), Oxidación, Absorción, Adsorción, Filtrado, Incineración, Inertización

El "cluster" 1 parece estar enfocado en tratamiento frontal del crudo. El "cluster" 2 se centra en el tratamiento de residuos e impurezas y el "cluster" 3 en las emisiones al ambiente.

La cuestión ahora es conocer como se utiliza e interpreta la información del dendograma. Los proyectos principales deberán seleccionarse del(los) cluster(s) que se encuentren mayormente alineados con los objetivos estratégicos de la empresa. De esta forma, si la estrategia corporativa esta centrada en el tratamiento de residuos e impurezas, los proyectos que deberán seleccionarse son los del "cluster" 2. Si la estrategia corporativa se encuentra profundamente involucrada en el tratamiento frontal del crudo, los proyectos del "cluster" 1 son los que se deben seleccionar. Si la estrategia corporativa tiene un mayor énfasis en las emisiones al ambiente, los proyectos seleccionados deberán ser los del "cluster" 3. Si los recursos lo permiten, obviamente se puede seleccionar más de un "cluster".

Este ejemplo describe a una empresa con múltiples áreas de negocios. Sin embargo el uso de esta técnica no esta únicamente restringido para tales organizaciones. También las pequeñas empresas necesitan identificar los proyectos de I&DT acorde a sus objetivos estratégicos. La única diferencia en el uso de esta técnica radica en que las áreas de aplicación tecnológica serán mucho más estrechas.

El proceso seguirá siendo el mismo: generar una matriz de incidencias entre proyectos y productos o áreas de mercado; calcular la matriz de similitudes; llevar a cabo un análisis de "clusters"; evaluar el dendograma resultante. El resultado final deberá ser el mismo: agrupaciones de proyectos que puedan ser posicionados de acuerdo a la importancia de los objetivos estratégicos que soportan.



3.5 COMENTARIOS SOBRE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN, JERARQUIZACIÓN Y SELECCIÓN DE PROYECTOS

De las metodologías para evaluar proyectos de I&DT, hemos presentado diversos enfoques que tienen asociada cierta información que debe recopilarse y organizarse para poder aplicarlos. Enseguida presentamos un resumen comparativo de cada uno de los métodos incluyendo la información necesaria y su contenido para la toma de decisiones en la evaluación, jerarquización y selección de proyectos de I&DT.

3.5.1 Métodos de Posicionamiento

Estos métodos proporcionan un esquema para ordenar una lista de proyectos candidatos en un valor relativo. Todos los métodos de posicionamiento dependen de comparaciones par a par entre proyectos. Estas comparaciones pueden ser globales, o se pueden desagregar o descomponer de forma que se puedan realizar comparaciones en cada uno de diversos factores (Ver apartado 3.6). Entre mayor sea la desagregación con el objeto de una mayor precisión, mayor número de comparaciones serán requeridas.

Aquellos métodos que permiten que se desagreguen las comparaciones en uno de diversos factores, son los métodos que permiten la incorporación de datos tanto objetivos como subjetivos. Aquellos métodos donde se realizan comparaciones globales sólo permiten la incorporación o utilización de datos basados en juicios o datos subjetivos.

3.5.2 Métodos Económicos

Los métodos económicos tienen como finalidad la evaluación de proyectos en términos del ingreso o utilidad económica que puedan representar para la organización. El Valor Presente Neto (VPN) se utiliza para comparar la utilidad en el futuro con los gastos actuales, y los flujos de efectivo con diferentes perfiles de gastos y utilidades. La Tasa Interna de Retorno (TIR) se utiliza para comparar alternativas de inversión en términos de la utilidad que garantiza como retorno. La TIR se puede utilizar también para comparar la inversión con el costo del dinero proveniente de fuentes externas a la empresa. El Tiempo de Recuperación del Flujo de Efectivo es un método que representa un enfoque conservador para la evaluación de inversiones, reduciendo los riesgos asociados con los pronósticos a largo plazo de las condiciones del mercado y las tasas de interés. Cualquiera de los tres métodos pueden ser utilizados para comparar proyectos de I&DT con oportunidades alternas de inversión de la empresa, incluyendo inversiones de capital, publicidad o adquisiciones. Sin embargo, los tres requieren datos que no pueden ser determinados en etapas tempranas del tiempo de vida de los proyectos de I&DT.

3.5.3 Métodos basados en la Teoría de Decisiones

La teoría de decisiones resulta útil en situaciones en las que el tomador de decisiones se enfrenta a una serie de elecciones en los proyectos de I&DT relacionados con una probabilidad de evento conocida que conduce a un resultado determinado. Al final de esta secuencia se alcanzará un beneficio o ganancia. El arreglo de las elecciones, la probabilidad de evento y los resultados se puede representar como un árbol de decisiones que permite al analista posteriormente, identificar las “ramas” que representan los mayores

valores a través del árbol y “podar” todas las demás, proporcionando así una guía de la elección a tomar en cada nodo de decisión para alcanzar el valor más alto de la secuencia de decisiones.

3.5.4 Métodos de Programación Matemática

En muchos casos, el número de los proyectos candidatos excede a los recursos disponibles de la empresa. En tal situación, es necesario evaluar la totalidad de la cartera de proyectos, para determinar el subconjunto que proporciona los mayores beneficios. Si sólo un único recurso resulta como factor limitante, los métodos de posicionamiento son adecuados y suficientes para poder encontrar el subconjunto óptimo. Sin embargo, si dos o más recursos representan los factores limitantes, será necesario un enfoque de programación, para alcanzar el óptimo dentro de las restricciones.

3.5.5 Métodos de Simulación

El llevar a cabo una simulación MonteCarlo, particularmente para un gran número de proyectos, es una forma muy conveniente para estimar el rango de los posibles resultados y su probabilidad. La simulación es una herramienta especialmente eficaz para analizar una serie de proyectos que involucran dependencias entre los mismos proyectos y que resultan difíciles de manejar analíticamente. La simulación no sólo proporciona un estimado aproximado del resultado, sino que proporciona información acerca de la extensión y alcances de los resultados posibles.

3.5.6 Modelos Cognoscitivos

En algunas situaciones se tendrá únicamente un conjunto de decisiones realizadas en un número reducido o limitado de casos que pueden ser utilizadas como un modelo. La intención de estos modelos es representar estas decisiones en una muestra mayor de casos. Los modelos cognoscitivos permiten calibrar un modelo en una serie limitada, para poder aplicar los resultados a una muestra mayor. Dicha calibración se realiza a través de una regresión lineal, con los datos de los casos como variables independientes y la selección o el rechazo (1 y 0 respectivamente) como la variable dependiente.

3.5.7 Método de Clusterización (agrupamiento).

El método no proporciona un posicionamiento o categoría directa de los proyectos, en lugar de ello, identifica grupos (o clusters) de proyectos que se encuentran relacionados o son similares en algún sentido. Una vez identificados estos agrupamientos de proyectos el tomador de decisiones aprueba aquellos que dan un mayor soporte a los objetivos más importantes de la organización. En principio, dichos “clusters” o grupos se clasifican o posicionan de los más importantes a los menos importantes, basados en el soporte estratégico del negocio y se ejecutan en ese mismo orden hasta que se agote el presupuesto e incluso los proyectos de menor importancia estratégica se excluyen del presupuesto.

3.5.8 Métodos Pragmáticos (Ad hoc)

Son aquellos que no corresponden a ninguno de los métodos discutidos previamente. En realidad, no son métodos formales en su totalidad, pero pueden resultar de ayuda o de utilidad en la evaluación de proyectos. Su utilización se sugiere cuando ninguno de los métodos arriba presentados parecen ser los apropiados, en particular cuando los criterios para la selección de proyectos no están bien definidos.

3.6 FACTORES E INFORMACIÓN RELEVANTES EN LA EVALUACIÓN, SELECCIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE PROYECTOS DE I&DT

Cada uno de los métodos descritos, requiere que el proceso de evaluación se base en ciertos criterios, factores e información para que puedan ejecutarse. Es menester agregar que no existe un común denominador para cada metodología en particular. La mayor parte de ellos puede utilizar cualquier criterio, factor o información que le sea relevante. En este caso los hemos subdividido en:

Factores e Información de Naturaleza:	• Técnica
	• Comercial
	• Política
	• de la Etapa de Innovación

3.6.1. Los Factores Técnicos y su Información Requerida

Muchos de los factores que afectan la deseabilidad de los proyectos de I&DT se pueden describir como de "naturaleza técnica" y están relacionados con el contenido mismo de los proyectos y con su administración. Los que aparecen de forma consistente en la literatura son los siguientes:

Probabilidad de éxito técnico. Como ya se ha mencionado, dada la naturaleza de los proyectos de I&DT, éstos siempre implican la existencia de cierta incertidumbre y desconocimiento del desarrollo del proyecto. La probabilidad de éxito técnico depende principalmente al grado de incertidumbre y desconocimiento existente con respecto a las metas y objetivos del proyecto. Es claro que si la meta no se encuentra bien definida, la probabilidad de éxito técnico es baja, por esta razón, las metas del proyecto deben ser definidas previamente a la estimación de las probabilidades.

Este factor nace con la finalidad de racionalizar la selección de proyectos dado que el criterio de éxito técnico debe existir en forma explícita más allá de permanecer en forma implícita. Sin embargo, es sumamente compleja o incluso imposible la estimación cuantitativa de la probabilidad de éxito técnico, tanto en las etapas previas al arranque del proyecto e incluso aún después de la conclusión del proyecto, por esta razón este factor debe evaluarse en forma subjetiva. El éxito técnico se debe definir en términos de alcance de metas específicas como tamaño, peso, poder de consumo, rapidez. (Nótese que la formulación de estas metas en términos de la deseabilidad del consumidor es un aspecto comercial y no un aspecto técnico). Para los proyectos de investigación básica, las metas se deben expresar en términos de la realización de cierta medida, síntesis de cierto componente, o la detección de la presencia o ausencia de cierto fenómeno, por ejemplo.

A pesar de que la probabilidad de éxito técnico es una estimación de carácter subjetiva que debe ser obtenida por el individuo con más conocimientos acerca del proyecto, los factores que afectan la probabilidad de éxito deben ser evaluados lo más objetivamente posible.

Existencia de un “Líder de proyecto”. Todos los proyectos nacen y existen dentro de un ambiente organizacional en donde el factor humano es uno de los aspectos que repercute en forma más significativa. Generalmente los proyectos se desarrollan por un equipo de proyecto que involucra a una serie de individuos con habilidades y personalidades diferentes. Más aún, existen otros proyectos dentro de la empresa que compiten con el proyecto en cuestión por la disponibilidad de recursos. Por esta razón todos los proyectos demandan la existencia de un “líder de proyecto”. El término anterior se refiere a aquel individuo que apoye de manera entusiasta al proyecto, que defienda los argumentos para la existencia del proyecto y que motive al equipo de proyecto a dedicar sus mejores esfuerzos en él.

Las siguientes preguntas están dirigidas para la identificación del líder:

- ¿Sobresale algún individuo como responsable para el proyecto?
- ¿Posee dicho individuo el respeto de su equipo, colegas y supervisores?
- ¿Es capaz de presentar y exponer sus argumentos en forma persuasiva y con autoridad?
- ¿Es capaz de actuar bajo su propia iniciativa y con un carácter crítico?

Si las preguntas arriba formuladas se pueden responder afirmativamente, entonces el proyecto posee un líder, en caso contrario, las probabilidades de éxito del proyecto serán muy bajas y la aprobación del proyecto será una decisión muy pobre y arriesgada.

Competencia en las disciplinas requeridas. En la evaluación de este factor, el tomador de decisiones necesita determinar la ausencia, existencia, nivel así como la disponibilidad de los conocimientos requeridos por la empresa para llevar a cabo el proyecto.

El primer paso consiste en determinar las habilidades necesarias para llevar a cabo el proyecto (desde las disciplinas de ciencia e ingeniería hasta técnicos de laboratorio, programadores en computación por ejemplo o cualquier otra habilidad necesaria para soportar el proyecto). El siguiente paso es la identificación de las habilidades y recursos disponibles dentro de la empresa que debe ser traducido en una escala cuantitativa adaptada a la metodología de evaluación que será empleada posteriormente. En este caso se puede utilizar un método de calificación o el método de escala por referencias. (Ver figura 3.3) Si las habilidades no existen dentro de la empresa entonces existen dos posibilidades, la capacitación y entrenamiento o la contratación de nuevo personal.

Figura 3.3 Ejemplo de una escala para la disponibilidad de recursos

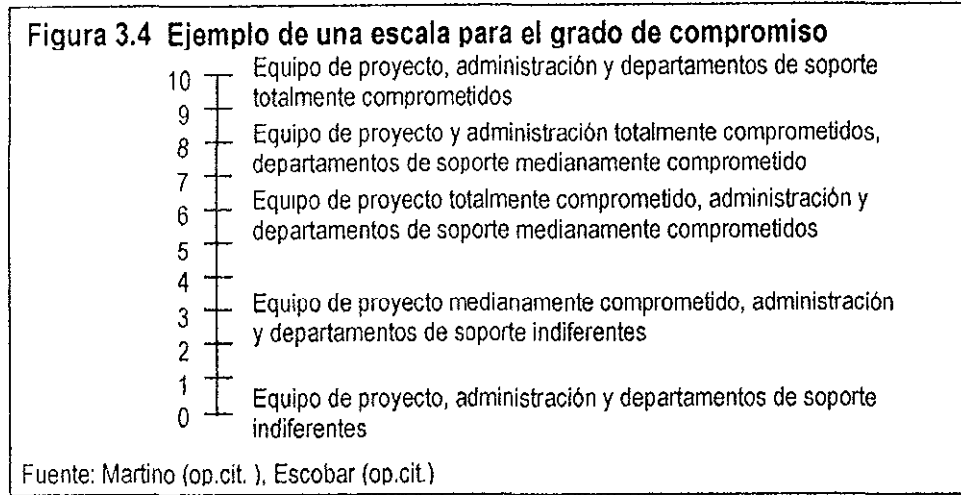
10	Todas las habilidades en amplia disponibilidad.
9	Todas las habilidades disponibles pero no en exceso.
8	
7	Todas las habilidades profesionales están disponibles, algunas habilidades técnicas necesitan capacitación
6	
5	Algunas habilidades profesionales necesitan capacitación
4	Todas las habilidades técnicas necesitan capacitación
3	Todas las habilidades profesionales necesitan capacitación
2	Todas las habilidades técnicas necesitan ser contratadas
1	Todas las habilidades técnicas y algunas profesionales necesitan ser contratadas
0	Todas las habilidades técnicas y todas las profesionales necesitan ser contratadas

Fuente: Martino (op.cit.), Escobar (op.cit.)

Al identificar las habilidades necesarias para un proyecto, comparándolas entonces con las habilidades disponibles o potenciales, es posible estimar un valor numérico para establecer el grado de competencia de la empresa en las disciplinas requeridas.

Grado de compromiso interno. Este factor se refiere al compromiso requerido por todos los individuos o entidades involucradas para el éxito del proyecto. La falta de compromiso hacia el proyecto, por cualquiera de las partes involucradas de las cuales depende, puede disminuir considerablemente la probabilidad de éxito. Por esta razón, el tomador de decisiones debe preguntarse si el equipo de proyecto se encuentran comprometidos, si el personal de otros departamentos se encuentra comprometido, si lo están también los niveles administrativos superiores o los consultores y expertos involucrados en el proyecto, etc.

El problema al cual generalmente se enfrenta el tomador de decisiones al evaluar y estimar el grado de este factor, es que todos los individuos o entidades afirman que se encuentran comprometidos, cuando en realidad no lo están. Esto lo conduce a realizar una estimación del grado de compromiso de otras personas que puede diferir de la posición pública que guarda la entidad o el personal involucrado. Por esta razón se recomienda mantener en secreto dicha estimación. En la figura 3.4 se presenta una escala a manera de ejemplo basada en un modelo de calificación y que debe ser ajustada a la situación particular de cada organización.



Grado de competencia interna para los recursos. Los recursos requeridos por el proyecto en cuestión también pueden ser necesitados por otros proyectos. Estos requerimientos pueden ser de presupuesto, o pueden ser recursos especializados como el uso de un equipo especial o alguna área de investigación en particular. También pueden corresponder a un recurso limitado como el tiempo de fabricación, de cómputo o tiempo de exhibición. Por esta razón el tomador de decisiones debe considerar los siguientes aspectos

Los recursos requeridos de cada proyecto propuesto.

Que otros proyectos compiten por los recursos de un proyecto.

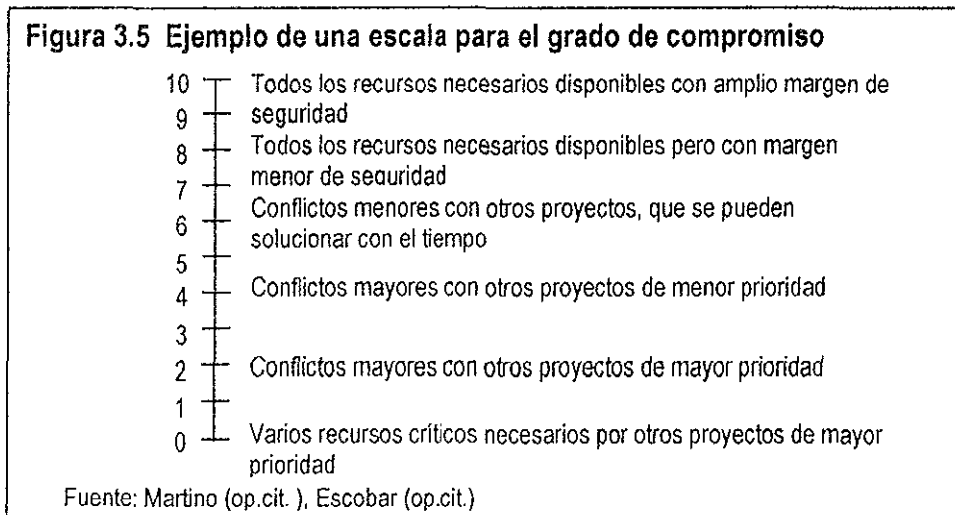
La necesidad y posibilidad de compartir los recursos entre proyectos.

Si alguno de estos recursos puede representar un cuello de botella o alguna limitación.

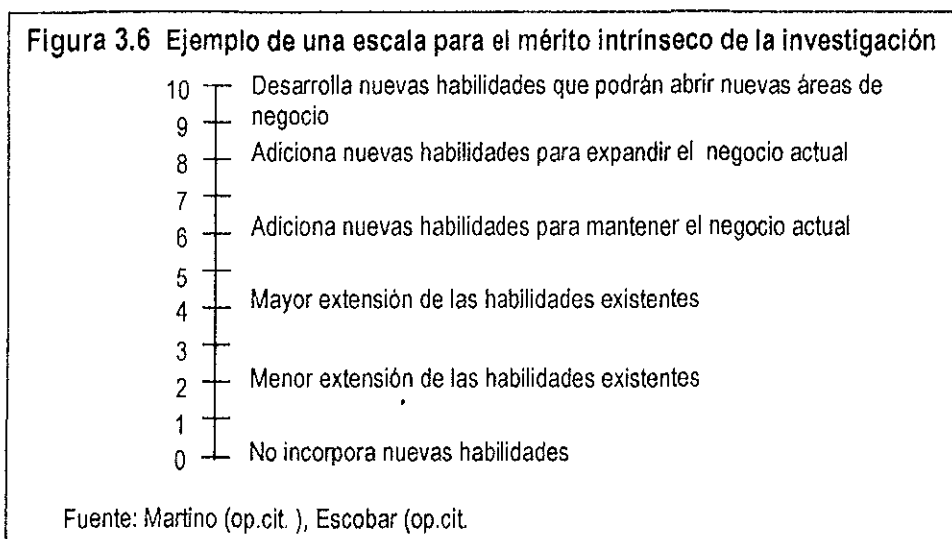
Cuales son las prioridades relativas de los proyectos en competencia.

Si la aprobación de un proyecto pone en peligro la conclusión de otro proyecto que ya se encuentra en ejecución

Alguna limitación en los recursos críticos debe guiar al tomador de decisiones al rechazo o por el contrario a la aprobación de proyectos. En la figura 3.5 se ilustra un ejemplo para realizar una escala sobre la competencia entre proyectos.



Mérito intrínseco de la investigación. Muchos proyectos son concebidos para la generación de nuevas mejoras de producto o de proceso. Aún cuando algún proyecto falla en el alcance de sus objetivos técnicos o comerciales éste puede incrementar las habilidades de la estructura de investigación, abriendo el camino a nuevos proyectos que podrán generar nuevos productos o procesos. Por lo tanto, una de las consideraciones técnicas más importantes acerca de los proyectos propuestos es entonces, el mérito intrínseco en términos de elevar la competencia de la estructura de investigación. A continuación se presenta una escala a manera de ejemplo del mérito intrínseco que puede ser ajustada a las necesidades particulares de cada empresa.



Potencialidad para el posicionamiento estratégico. Los proyectos deben ser evaluados, no sólo en términos de su utilidad inmediata en nuevos productos, procesos o como proyectos aislados, sino también en términos del cumplimiento de las estrategias a largo plazo de la organización. En particular, deben ser evaluados en términos de la medida que éstos puedan desarrollar una capacidad para trabajos futuros, es decir, si el proyecto trae consigo una fuente potencial de nuevos proyectos o oportunidades para la empresa o si el proyecto muere una vez que se han alcanzado sus objetivos. En este caso el Método de Análisis Jerárquico Multicriterio (AJM) es una buena herramienta para este propósito.

Etapas de innovación. Convencionalmente, los proyectos pueden categorizarse como proyectos de investigación básica, aplicada, prototipo, y de desarrollo comercial. Las características entre cada uno de ellos se encuentran ampliamente desarrolladas en el capítulo I y II de la presente tesis. Es importante la evaluación de este factor porque en los laboratorios industriales se debe asegurar el correcto balance de proyectos de todas las etapas. Al centrarse en los proyectos destinados al desarrollo comercial se corre el riesgo de que los competidores exploten nuevos conocimientos de la investigación. Dirigir la atención únicamente a los proyectos de investigación conduce a la pérdida o disminución de fondos y financiamiento debido a la falta de productos o por otro lado el aprovechamiento de otras firmas del conocimiento generado a través de la investigación básica produciendo patentes o publicando en la literatura científica.

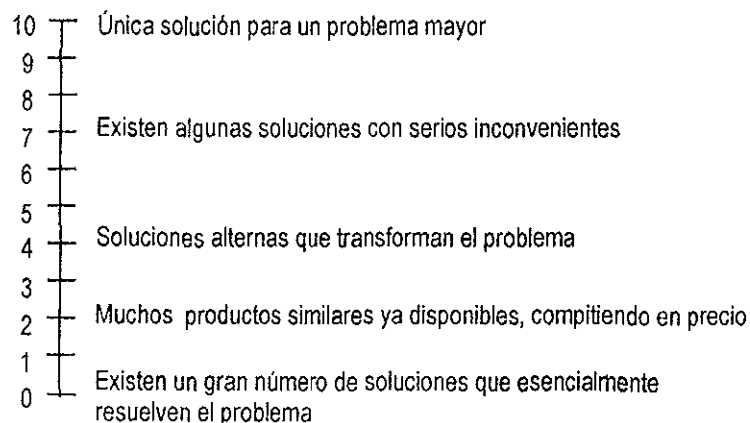
Fuente de ideas y propuestas de proyectos. Las ideas y propuestas para buenos proyectos pueden provenir de diversas fuentes: del laboratorio, internamente de otros departamentos o áreas funcionales de la empresa, proveedores, etc.. El tomador de decisiones debe mantener el correcto balance de proyectos provenientes de todas las fuentes de ideas y propuestas. Los proyectos propuestos por el área comercial atienden las necesidades del cliente, los propuestos por otras áreas funcionales de la empresa están orientados a la resolución de problemas actuales

3.6.2. Los Factores Comerciales y su Información Requerida

Grado y naturaleza de la competencia del producto resultante del proyecto. Al evaluar un proyecto de I&DT, un importante factor comercial es el estado actual del mercado. Si un competidor está fuertemente establecido en el mercado, entonces la pregunta sería: ¿De qué manera el proyecto propuesto puede conducir a desplazar al líder de mercado?, ¿Puede conducir al desplazamiento de la actual tecnología?, ¿Permitiría a la empresa competir en el mercado a través de una estrategia de diferenciación, de dominación por costos o alguna combinación de estas dos?

La habilidad para evaluar el grado de competencia que ofrece el proyecto depende de la etapa de innovación a la que corresponde. Entre más cerca se encuentre de la etapa de comercialización, será más fácil identificar su nivel de competencia. Cuando un proyecto corresponde a la etapa de comercialización, el producto o proceso en competencia se encuentra más disponible al mercado y viceversa. Estas características deben ser evaluadas en el proceso de selección de los proyectos. En términos generales, la competencia se debe evaluar en términos de la función a desempeñar para el usuario, de cuáles son las necesidades del usuario, si existen formas alternas de resolverlo. En la figura 3.7 se muestra en ejemplo de una escala que puede ser utilizada para obtener elementos de juicio para un modelo de calificación. (Nótese que la condición de poca o ninguna competencia recibe la más alta calificación en la escala, para hacerla compatible con otras escalas).

Figura 3.7 Ejemplo de una escala para el grado de competencia



Fuente: Martino (op.cit.), Escobar (op.cit.)

Tamaño del mercado. El tamaño del mercado puede ser expresado en diversas formas tales como un número de clientes potenciales o como un valor monetario de ventas. Ultimamente se ha utilizado al tamaño de mercado para asegurar, si el producto es exitoso, que se puedan recuperar los costos de I&D y proporcionar utilidades o beneficios para la empresa. El tamaño de mercado es un punto crítico a determinar para la aprobación de los proyectos. En la etapa de desarrollo o comercialización de productos, el tamaño de mercado es frecuentemente fácil de determinar. En la etapa de investigación básica es mucho más difícil de determinar, más aún, no es particularmente relevante dado que es más significativo en esta etapa la información o el posicionamiento que se pueda generar a través de la investigación que el tamaño de mercado. Sin embargo, este factor no debe despreciarse aún en esta etapa ya que eventualmente se espera que la investigación básica pueda conducir a un producto comercial.

El tamaño de mercado se estima generalmente en términos del número de usuarios potenciales y por la cantidad que estarían dispuestos a pagar para obtener los beneficios del producto o proceso bajo desarrollo. El número de compradores se puede estimar en diversas formas tales como:

1. Número de personas que enfrentan el mismo problema y para el cual no existe solución.
2. Número de personas que utilizan un producto complementario.
3. Número de persona que enfrentan un mismo problema utilizando una solución menos satisfactoria.
4. Número de personas que utilizan una versión menor del producto proceso.

La cantidad de compradores dispuestos a comprar se puede también estimar de las siguientes formas:

1. Ahorro producido por la adopción del nuevo producto o proceso
2. Precio de las soluciones menos satisfactorias que el producto
3. Precio de los productos complementarios o relacionados.
4. Precio de las soluciones alternas al mismo problemas

Probabilidad de éxito comercial. Probablemente el factor más crítico que afecta al tamaño de mercado es la medida en que el producto o proceso cubre una necesidad de un usuario potencial. Por esta razón, la probabilidad de éxito comercial depende en la medida en que se identifican las necesidades del usuario. Si no han sido identificadas claramente, el producto o proceso tendrá seguramente una baja probabilidad de éxito comercial (a pesar de que en algunos casos se han cubierto por accidente). Al realizar los estimados de probabilidad de éxito comercial, el analista debe tomar en cuenta la medida en que el producto o proceso propuesto cubre dichas necesidades.

Ciclo de vida del producto. Como se mencionó en capítulos anteriores el tamaño del ciclo de vida de los productos puede afectar al producto. Al evaluar este factor el tomador de decisiones debe considerar lo siguiente:

- Si el producto es un producto temporal o es un producto de ventas cuya tasa de crecimiento es francamente grande.
- Si es reutilizable o de larga vida
- Si se convertirá en obsoleto antes de su introducción o su uso.
- El tiempo en que el competidor podría desarrollar el producto
- Tiempo en que podría ser comercial

Si el ciclo de vida es corto, entonces los costos deben recuperarse rápidamente. Si el ciclo de vida es largo, especialmente si es lo suficientemente largo como para permitir compras repetitivas y por lo tanto los beneficios a largo plazo y los costos de I&D se justifican.

Disponibilidad de materia prima requerida para la manufactura del producto. Las intenciones de los proyectos de I&DT son las de proveer de algún producto o proceso que pueda satisfacer las necesidades de un consumidor. Si el producto o proceso cubre satisfactoriamente esta necesidad, pero la producción es limitada por la disponibilidad de las materias primas, entonces el mercado será muy pequeño a pesar de que el número de consumidores potenciales sea muy grande. Si este es el caso las utilidades no serán las suficientes como para justificar al proyecto.

3.6.3. Los Factores Políticos y su Información Requerida

Normas de seguridad. La normatividad en la seguridad de un producto que será utilizado por un consumidor pueden añadir costos significativos al proceso de desarrollo y comercialización de un producto. El requerimiento usual es que el producto debe demostrar a través de pruebas que es seguro cuando se utilice en el propósito para el cual fue diseñado. La necesidad de satisfacer dichas normatividades, debe tomarse en cuenta en la planeación del proyecto. A pesar de las pruebas exigentes por las cuales pasa un producto antes de su introducción al mercado, éste puede tener cambios en cuanto a precauciones de seguridad una vez que fue introducido. Esto puede implicar costosas modificaciones o incluso su remoción del mercado.

Normas de efectividad. Algunos productos son regulados tanto para demostrar su efectividad como en cuestiones de higiene. Cabe destacar que la evaluación en este factor no se debe limitar sólo para la selección de proyectos. Si existe una norma que regule la efectividad, cada proyecto debe ser evaluado periódicamente o para determinar si su evaluación original sigue siendo válida. La experiencia indica que los productos o procesos resultantes serán menos efectivos de lo que se esperaba o que su efectividad es más costosa de lo planeada, lo cual puede ser una causa de conclusión o abandono del proyecto.

Normas de seguridad de la industria. En algunas industrias existen normas que regulan el mantenimiento o incremento de la seguridad en sus operaciones. La incorporación de elementos que incrementan la seguridad pueden hacer a un producto más atractivo para los compradores en una industria sujeta a fuertes normas de seguridad. Por el lado contrario, el no incorporar dichos aditamentos que repercuten en la seguridad, pueden reducir la competitividad del producto.

Regulaciones económicas de la industria. Si el proyecto de I&D pretende el desarrollo de productos o procesos involucrados en industrias sujetas a una normatividad económica, es necesario tomar en cuenta las políticas y regulaciones impuestas por las instituciones gubernamentales. Por ejemplo, algunas industrias pueden presentar topes máximos monetarios (por ejemplo en la industria eléctrica) o topes mínimos (algunos servicios como taxis).

Normas de seguridad referentes al lugar de trabajo en la manufactura. Las normas de seguridad e higiene en el trabajo han tomado una mayor relevancia dentro de algunas industrias. La seguridad se ha convertido en un factor de costos significativo para muchas empresas. Las precauciones en el lugar de trabajo se derivan de dos grandes fuentes. La primera estriba en el proceso de manufactura y la segunda en los materiales utilizados. En relación al proceso de manufactura, como ejemplo de las precauciones en el lugar de trabajo podemos mencionar a los procesos que involucran altas temperaturas y presiones,

maquinaria de alta velocidad o altos niveles de ruido. Lo anterior implica que para el cumplimiento de las normas de seguridad, los trabajadores sean separados lo más posible del proceso y que exista una tendencia cada vez mas fuerte hacia la automatización. Por otro lado, en lo que respecta a los materiales se trata de evitar lo más posible el contacto y la utilización de materiales tóxicos o radioactivos. Para ello existen dos enfoques para la protección del personal. El primero es el aislamiento del proceso o proveer al trabajador con el equipo protector necesario y el otro rediseñando el proceso. Por esta razón los proyectos de I&D que están destinados para encontrar nuevos materiales o procesos más seguros son muy importantes y altamente exitosos.

Regulaciones ambientales. Este factor posee características similares a las de las normas de seguridad. Dado el énfasis actual acerca de las normas ambientales con respecto a las emisiones al ambiente y la disposición de los desechos industriales, los proyectos de I&D destinados a satisfacer la normatividad son actualmente una de las mayores preocupaciones de las empresas. Una consideración adicional es que la eliminación de los riesgos ambientales y de seguridad en el mediano y largo plazo conducen al ahorro de las empresas. Por ello la importancia de considerar de manera especial estos dos aspectos en la selección de proyectos de I&D.

Regulaciones referentes al desecho y reciclado. La disposición y reciclado de los productos depende básicamente de dos factores: el fácil desensamble en distintos materiales y el uso de materiales que sean biodegradables o que se encuentren listos para el reciclaje. Por ello también las regulaciones y normatividades al respecto son temas que deben incluirse en la selección de proyectos.

3.6.4. Los Factores de la etapa de Innovación y su Información Requerida

Existe un criterio de selección apropiado para cada una de las diferentes etapas de innovación. En este apartado revisaremos cada una de ellos.

Desde el punto de vista del desarrollo de productos o de procesos, el propósito de la I&D es reducir la incertidumbre. Existen dos tipos de incertidumbre dentro de la I&D. El primer tipo se refiere a la incertidumbre técnica: su factibilidad de realización y los conocimientos para lograrlo. El segundo tipo es la incertidumbre del destino de la I&D: el correcto establecimiento de los objetivos. A lo largo del proceso de innovación, desde la investigación básica hasta el desarrollo comercial, el tipo de incertidumbre se enfoca desde la incertidumbre técnica hasta la incertidumbre de los objetivos de I&D.

Investigación Básica. En los proyectos de investigación básica, las consideraciones comerciales deben recibir un menor peso que las consideraciones técnicas y científicas. La investigación básica esta completamente destinada a resolver la incertidumbre técnica. La selección de los proyectos de investigación básica se debe enfocar, principalmente, en el significado del trabajo mismo, en la competencia del investigador para la conducción de su trabajo y en la disponibilidad del equipo necesario.

Investigación Aplicada. En la evaluación de los proyectos de investigación aplicada, el significado del trabajo y la competencia del investigador siguen siendo factores críticos. Por otra parte los factores comerciales, reciben un mayor peso que en la etapa anterior. Debido a que en la investigación aplicada la intención es obtener información necesaria para el desarrollo de nuevos productos y procesos, es ya necesario distinguir en dónde está el mercado para los productos o procesos. Sin embargo en esta etapa del proceso de innovación, es demasiado temprano tratar de tomar al tamaño de mercado y la rentabilidad en

cuenta. El énfasis debe permanecer en la adecuación y en la factibilidad, más que en el retorno financiero. En esta etapa el énfasis permanece todavía en la resolución de la incertidumbre técnica.

Prototipo/planta piloto. Para esta etapa, la incertidumbre ya debió ser eliminada a favor de la continuidad del proyecto. La manufactura, la confiabilidad, y el ajuste se convierten en los factores más importantes. Es decir, la incertidumbre del destino de la I&D es más importante. El problema a resolver consiste en saber si el resultado último del proyecto satisface al cliente con la relación costo/precio que éste estaría dispuesto a pagar. Mientras que los proyectos de la investigación básica y aplicada son razonablemente bajos en costos, los proyectos de esta etapa son mucho más costosos. En la evaluación de proyectos de esta etapa del proceso de innovación, los factores económicos se convierten en los más importantes así como los factores políticos.

Desarrollo comercial. En esta etapa, tanto la incertidumbre técnica como la incertidumbre de los objetivos ya fueron resueltas. Si un proyecto sobrevive en esta etapa, existe la confianza de que es técnicamente factible y que los aspectos comerciales ya han sido identificados. En este punto, resta sólo el diseño que debe satisfacer las necesidades del cliente así como sus expectativas en cuanto a la confiabilidad, durabilidad, la facilidad para la manufactura, la facilidad para su mantenimiento y el cumplimiento de cualquier norma ambiental o de seguridad. Los costos de producción deben ser conocidos de igual manera que el tamaño de mercado. En esta etapa, los costos y las utilidades se convierten en la consideración más importante para la selección de proyectos. Los proyectos de desarrollo comercial deben ser tratados como una inversión, similares a otras alternativas de inversión. Por ello el Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno pueden ser los métodos de selección más plausibles.

Tabla 3.8 Comparación de los métodos para la evaluación de proyectos de acuerdo a los factores que toman en cuenta

Factores	Métodos para la Evaluación de Proyectos														
	Comparación par a par	Modelos de Calificación	Análisis Jerárquico Multicriterio	Valor Presente Neto	Tasa Interna de Retorno	Tiempo de Recuperación del Flujo de Efectivo	Valor Esperado	Programación Matemática	Análisis por Clusters	Simulación	Análisis de Sensibilidad	Perfiles	Métodos Interactivos	Métodos Cognoscitivos	Teoría de Decisiones
Costo	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Utilidad	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Probabilidad de éxito técnico	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Probabilidad de éxito comercial	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Tamaño del mercado	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Penetración de mercado	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Disponibilidad de Recursos	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Grado de Compromiso Interno	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Posicionamiento estratégico	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Grado de competencia	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Regulaciones ambientales favorables	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Requiere Flujo de Efectivo				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Requiere Datos Ciclo de vida				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Requiere probabilidad de éxito técnico							•	•	•	•	•	•	•	•	•
Requiere probabilidad de éxito comercial							•	•	•	•	•	•	•	•	•
Considera dependencia de recursos								•	•	•	•	•	•	•	•
Considera restricciones presupuestales								•	•	•	•	•	•	•	•
Considera Interacciones técnicas								•	•	•	•	•	•	•	•
Considera interacciones comerciales								•	•	•	•	•	•	•	•
Ajustable a un gran número de proyectos		•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Compara con otras inversiones				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Ajustable a la etapa de investigación	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Ajustable a la etapa de desarrollo	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Fuente: Martino J. (1995)

CAPÍTULO IV.-
LOS MÉTODOS MULTICRITERIO
PARA LA EVALUACIÓN, SELECCIÓN Y
JERARQUIZACIÓN DE PROYECTOS DE I&DT.

Los métodos expuestos para la evaluación, jerarquización y selección de proyectos en el capítulo anterior, pueden utilizarse de forma discriminatoria de acuerdo a los requerimientos de los atributos de los proyectos, es decir a la forma en que cumplen con la estrategia corporativa y la estrategia tecnológica de la empresa.

Los métodos multicriterio tienen como ventaja incluir varios aspectos de los métodos ya analizados con el concepto multicriterio. En realidad los proyectos de I&DT son multicriterio en la medida en que no se les puede evaluar, ni por lo tanto jerarquizar ni seleccionar, sin tomar en cuenta en forma integral y simultánea todos los atributos que convergen en la estrategia corporativa y tecnológica.

Estos últimos métodos son a la vez de posicionamiento, económicos de decisiones multietapas y, en algunos casos, pragmáticos (Ad hoc). En términos generales, también podrían clasificarse como de optimización y simulación, sin que en el primer caso se pueda asegurar un óptimo global, sino más bien un óptimo local. Pueden también clasificarse como de simulación, pues al ser parametrizables, se podrán obtener resultados que conlleven a saber si éstos son estables y robustos. (Ver apéndice matemático)

Por esta razón, su aplicación resulta interesante y proporciona un proceso más comprensible para el tomador de decisiones ya que éste podrá intervenir en todo momento para modificar sus preferencias y podrá acudir a un grupo de expertos que pueda sugerir y complementar varios de los factores técnicos, económicos, políticos y comerciales, pues se deberá integrar multidisciplinariamente, proporcionando así una sinergia al proceso de toma de decisiones.

4.1. ANÁLISIS ESTRATÉGICOS: COHERENCIA ESTRATÉGICA Y LA UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO. ⁽³⁴⁾

La investigación sobre el dominio de la estrategia de la empresa, basada en la Teoría de Sistemas, puede dividirse esquemáticamente en:

- * La que se interesa en el *contenido* de la estrategia y,
- * La que privilegia el *proceso de decisión*.

Dentro de la primera, existen técnicas, procedimientos y análisis enfocados a:

- * El campo de la competencia asociado a la intención estratégica, (*core competences*) entre varios temas, se pueden mencionar:
 - * El análisis de la estructura y de las fuerzas de la competencia.
 - * El análisis de los objetivos, los comportamientos y el desempeño estratégico, tales como *el enfoque estático de los objetivos/desempeño* y *el enfoque dinámico de objetivos/desempeño*.

Para el segundo grupo, también existen técnicas, procedimientos y análisis que se refieren a:

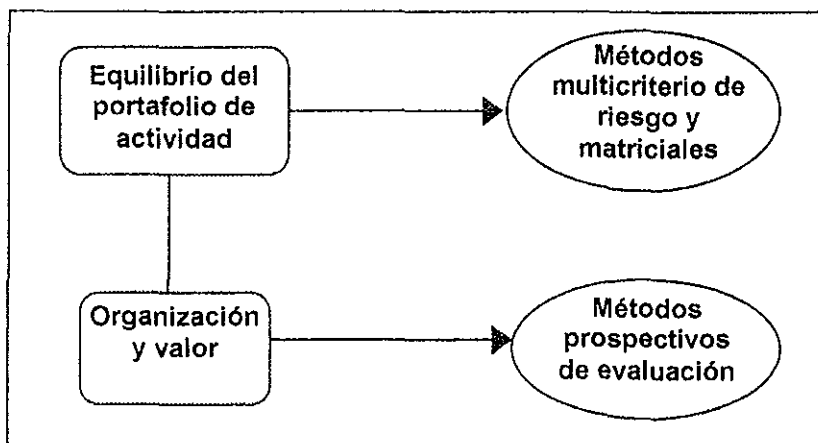
- * Posicionamiento competitivo aunado a la selección estratégica, los que a su vez pueden subdividirse en:
 - * Explotación de las ventajas de la competitividad, tales como *la estrategia de dominación a través de los costos y la estrategia de diferenciación*.
 - * Situaciones donde se deben seleccionar las opciones estratégicas, dentro de las que se pueden encontrar: *situaciones de selección con certeza y situaciones donde el futuro es incierto y/o sujeto a riesgo*.

Existe un tercer grupo en la frontera de las dos anteriores que puede denominarse:

- * Coherencia estratégica y organizacional, cuyos temas son:
 - * Equilibrio del “portafolio” de actividades, en donde existen diferentes métodos de importancia para la Teoría de Sistemas, tales como los *métodos multicriterio con atributos múltiples*.
 - * Organización y valor, cuyos subtemas son: *la incidencia estructural y el valor del portafolio y de la empresa*.

Varias posibles estrategias que ya fueron analizadas en el segundo capítulo de este trabajo, pueden ser seguidas por la empresa para aumentar su competitividad. Una vez decidida la estrategia, la empresa confronta dos problemas importantes: el equilibrio comercial, financiero y tecnológico de las diferentes actividades-productos y la coherencia de su puesta en marcha a través de la inversión y la organización de la que se dota.

Esquemáticamente, estas dos cuestiones se traducen así:



4.2 MÉTODOS MULTICRITERIO COMPENSATORIOS

4.2.1 EL MÉTODO MULTIPOL

Este método presenta la ventaja de poder distinguir las políticas generales o « intenciones estratégicas » de las estrategias de competitividad o de actividades.

Llamaremos P_k a las « intenciones estratégicas » y S_i a las estrategias. Estas últimas se evalúan sobre la base de diferentes criterios que llamaremos C_j como los criterios comerciales, tecnológicos y financieros. La ponderación de tales criterios se definirá a partir de las políticas generales o « intenciones estratégicas » y cada estrategia será calificada para cada criterio. Naturalmente, la escala de calificación cuantitativa puede ser entre 0-10; 0-20; 0-100, etc.

Forma matricial:

Matriz 1: Evaluación sobre una escala 0-100.

P_k	P_1	P_2	P_k	P_n
C_1				
C_1	10	20	10	25
C_2	20	10	...	...
C_i	30	...	...	...
C_m	40	...	...	...
Σ	100	100	100	100

Para una política P_k dada, la suma de $C_j = 100$, habiendo tomado en cuenta la escala elegida.

Matriz No. 2 : escala de evaluación 0-20.

C_j	C_1	C_2	C_j	C_m
S_1				
S_1	12	8	15	6
S_2	10	12	...	..
S_i	9	...	...	...
S_L	17	...	...	...

Enseguida se trata de construir para cada política P_k una matriz que indique para cada estrategia S_i , sus diferentes calificaciones ponderadas. Por ejemplo se tendrá para P_1 :

Matriz No. 3 : las cifras de esta matriz se calculan multiplicando las ponderaciones de la matriz 1 por la calificación obtenida de la matriz 2.

C_1	C_1	C_2	C_j	C_m	Σ
S_i	10	20	30	40	$\Sigma=100$
S_1	120	160	450	240	$\Sigma S_1 P_1=670$
S_2	100	240	...	...	$\Sigma S_2 P_1$
S_i	90	...	...	...	$\Sigma S_i P_1$
S_L	170	...	...	...	$\Sigma S_L P_1$

El « score » de una estrategia S_i , se obtiene sumando al final de cada renglón todos los valores de la columna, en el marco de una política P_k , en este caso para P_1 .

Si se repite esta operación, se obtiene la matriz No 4, que resume los « scores » de cada política para cada estrategia :

P_k	P_1	P_2	P_k	P_n
S_i				
S_1	$S_1 P_1$	$S_1 P_2$	$S_1 P_k$	$S_1 P_n$
S_2	$S_2 P_1$	$S_2 P_2$		
S_i	$S_i P_1$			
S_L	$S_L P_1$			

A partir de esta última matriz, es posible identificar la estrategia S_i que mejor se adapte a una política P_k . Para cada columna de la matriz se observará la estrategia S_i que maximiza $S_i P_k$. Es igualmente posible calcular para toda estrategia S_i , un score « medio » y una desviación estándar que equivaldría a una medición del riesgo. En efecto, entre menor sea ésta, el riesgo disminuirá en la medida en que la incertidumbre sea menor.

4.3 MÉTODOS MULTICRITERIO NO-COMPENSATORIOS:

4.3.1 EL MÉTODO DE JERARQUIZACIÓN COMPARADA Y EL MÉTODO ELECTRA II.

Contrariamente al método multipol precedente, los métodos multicriterio no compensatorios: permiten a cada criterio conservar su impacto sobre la decisión final. Así, se evita una elección media particularmente mal adaptada a cada selección estratégica.

El principio de cada uno de estos dos métodos reside en evaluar una estrategia S_i a partir de diferentes criterios C_j . Para explicar la metodología seguida sin necesidad de conocer sus fundamentos teóricos, se utilizará un ejemplo. En tal ejemplo, existen 3 estrategias y 3 criterios. La evaluación puede hacerse a través de una escala cuanti o cualitativa. El método de jerarquización comparada se basa en criterios cualitativos mientras que Electra II se basa en una escala cuantitativa.

Método de Jerarquización Comparada

En este método cada criterio da lugar a la definición de una escala de medición cualitativa, por ejemplo expresiones como «bueno»; «malo»; «muy bueno»; «muy malo»; «pésimo», etc.. Entre más grande se haga la escala, la ponderación del criterio será más fuerte. Si para ello se coloca $C1 > C2 > C3$, las escalas correspondientes podrán ser, a título de ejemplo:

- C1 : Muy Bueno (TB); Bueno (B); Medio (M); Mediocre (TM); Débil (F).
- C2 : Bueno (B); Medio (M); Débil (F).
- C3 : Bueno (B); Débil (F).

Consideraremos la matriz de evaluación siguiente:

S_i	C_1	C_2	C_3
S_1	B	F	B
S_2	M	B	F
S_3	F	M	B

Un primer tratamiento consiste en hacer corresponder los grados de las escalas cualitativas a clasificaciones. Por ejemplo, el grado o calificación mas favorable corresponderá siempre a la clase 1. Los grados siguientes son desclasificaciones de la primera, traducidas por las clases o cifras de más en más grandes. Entre más importantes sean las desclasificaciones, mas fuerte o grande será la ponderación del criterio.

Por ejemplo, fijaremos para:

- C1 : TB=1; B=3; M=5; TM= 7; F=9. Las desclasificaciones van de 2 en 2.
- C2 : B=1; M=4; F=6. La primera desclasificación es de 3, la segunda de 2.
- C3 : B=1; F=5. La desclasificación es de 4.

Así la jerarquía de criterios se respeta: $C_1 > C_2 > C_3$.

El segundo paso consiste en construir las matrices que comparen los criterios de dos en dos, sea por ejemplo: C1 / C2 y C1 + C2 / C3.

C1 C2	TB	B	M	TM	F
B	1	3	5	7	9
M	4	6	8	10	12
F	6	8	10	12	14

El primer renglón y la primera columna de la matriz consideran exactamente las clases de los criterios C1 y C2. Los otros términos respetan las desclasificaciones.

Establezcamos la segunda matriz. Esta toma en cuenta exactamente todos los términos de la matriz precedente y la primera escala del criterio C3. El resto, respeta las desclasificaciones.

C1+ C2 C3	1	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14
B	1	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14
F	5	7	8	9	10	11	12	13	14	16	18

La última operación consiste en hacer corresponder una estrategia Si a una clase utilizando la última matriz y las evaluaciones.

La evaluación de S1, con calificación de « B » para el criterio C1 y de « F » para el criterio C2, coloca a S1 en la clase 8, si nos referimos a la primera matriz. Esta clase 8 combinada ahora a una evaluación de « B » para el criterio C3, la posiciona finalmente en la clase 8.

De la misma manera, S2 está en la clase 9 y S3 en la clase 12.

La clasificación de las estrategias (léase entonces, su « jerarquización ») sigue el orden natural del número que materializa las clases. Así, en definitiva se tiene : S1 > S2 > S3.

El equilibrio del portafolio de actividades.

La primera dificultad que se enfrenta en el análisis del portafolio de actividades de la empresa, se refiere a la partición pertinente de su actividad global. La mayor parte de los métodos de segmentación estratégica toman como base « La unidad de Actividad Estratégica » (DAS o Strategic Business Unit, SBU). La segunda dificultad es la relativa al posicionamiento de las DAS. Para ello, es necesario el empleo de varios criterios.

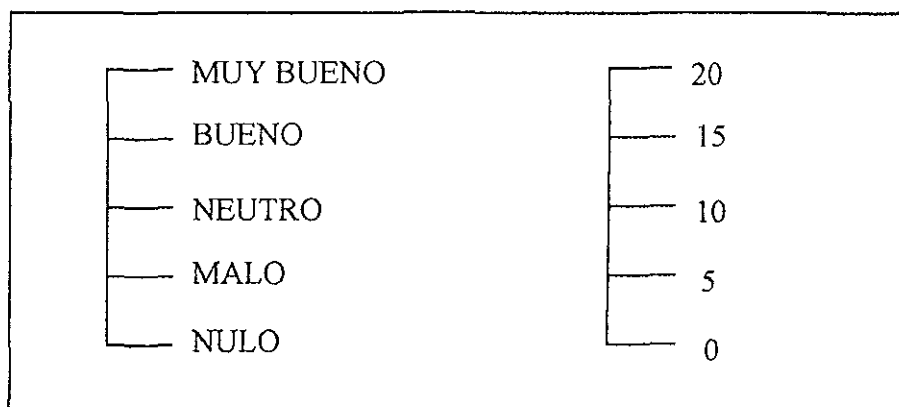
No obstante, los primeros métodos propuestos se esforzaron en contar con los criterios más significativos permitiendo una representación matricial. Entre estos métodos, el más conocido es el del Boston Consulting Group (BCG) pero existen variantes tales como los métodos multicriterio de los cuales trataremos aquí los más importantes.

Los métodos ELECTRA I y ELECTRA II.

Los métodos de decisión multicriterio denominados «Electra» (*EL*imination *Et* *Ch*oix *Traduisant* la *RE*alité), se aplican, generalmente, a problemas conceptualizados en entornos “ciertos” y constituyen una herramienta operativa muy sencilla. Tienen como propósito la selección de proyectos entre un conjunto, teniendo en cuenta criterios múltiples.

Su implantación supone que:

- Cada criterio contiene varios niveles y puede representarse por una escala. A cada nivel puede corresponder un juicio cualitativo. Véase la siguiente figura



- A cada uno de los criterios o atributos, se puede asociar un peso relativo.
- A cada proyecto evaluado al respecto de un criterio se debe poder hacer corresponder un escalón y uno sólo de la escala relativa a este criterio.

El Método ELECTRA I

El método consiste en establecer el perfil de los juicios de los proyectos a clasificar relativamente a los criterios considerados. Discrimina del conjunto A todas las alternativas factibles no dominadas de solución, aquellas que pueden calificarse como mejores dentro de un contexto multicriterio. El objetivo consiste en encontrar el Kernel (L) del grafo síntesis reducido (un grafo reducido se define como aquél que no tiene ciclos pues, en este contexto, un ciclo corresponde a una clase de equivalencia entre alternativas por lo que el conjunto de alternativas contenidas en el ciclo puede sustituirse por un único representante), escogiendo todos aquellos nodos que cumplan las dos condiciones siguientes:

1. *Estabilidad interna*; Ninguna alternativa perteneciente a L está sobreordenada por otra alternativa de L
2. *Estabilidad externa*; Toda alternativa fuera de L está sobreordenada por, al menos una alternativa de L.

Sean K_1 , K_2 , K_3 Y K_4 los criterios considerados a los que se les deberá definir qué proyectos son mejores (sobre-clasificación) que otros.

Para definir esta sobre-clasificación se utiliza una regla que se basa sobre las nociones:

- De un índice de concordancia de los juicios preferidos.
- De un índice de discordancia de los juicios de preferencia.
- De umbrales de concordancia y discordancia.

Consideremos dos proyectos **A** y **B**, si el índice de concordancia de las preferencias de **A** es superior a un cierto umbral y que, **simultáneamente** su índice de discordancia es inferior a un cierto umbral, se podrá concluir que **A** es mejor que **B** (lo sobre-clasifica).

A medida que se aumentan los niveles de los umbrales, es decir se aumenta la severidad de la regla de preferencia (o sobre-clasificación), el número de proyectos comparables por clasificar disminuye inversamente.

Es así posible dividir el conjunto de los proyectos en dos distintos grupos:

- Un subconjunto que llamaremos el **núcleo** que es una “población” más reducida y que contiene al o los proyectos buscados.
- Un subconjunto que contiene a los proyectos restantes, que se eliminarán.

Un análisis del núcleo permite enseguida seleccionar, entre un número reducido de proyectos aquel o aquellos buscados. En resumen:

- 1.- Es necesario realizar la separación de un conjunto **E** en dos subconjuntos: **S** (elementos retenidos) y **E - S** (elementos desechados).
- 2.- Se requiere definir una relación de dominación entre dos elementos de **E**.
- 3.- Para todo par $i, j \in E$, es necesario analizar si $i > j$; $j > i$; $i \sim j$, y si i y j no son comparables $i \neq j$.
- 4.- Al proponerse un grafo, los arcos se definen como sigue:

$i > j \rightarrow i \rightarrow j$; si $j > i \Rightarrow j \rightarrow i$; si $j \sim i \Rightarrow i$; si $i \neq j$ No hay arco ni dirección.

5 - Se tendrán que cumplir al menos dos condiciones:

- a) \forall elemento en **E - S** debe ser dominado por al menos uno de los elementos de **S**.
- b) \forall elemento de **S** no deber ser dominado por ningún otro.

6.-Es necesario proponer escalas para poder apreciar (“calificar”) cada comparación entre i y j

7.-Definidas las escalas, debe admitirse que $i > j$ para todo criterio K_i para el cual $i \sim j$; sin embargo, es posible que no todos los criterios tengan la misma importancia. Por ello es necesario acudir a coeficientes de ponderación para cada uno de ellos.

8.-Se llama índice de concordancia de (i) que domina a j (i > j) a la relación siguiente:

$$\text{Índice de Concordancia} = C_{ij} = \frac{\text{Suma de los coeficientes de ponderación de los } K_i (\forall i > j)}{\text{Suma total de los coeficientes de ponderación de los } K_i \text{ si } i \text{ fuese absolutamente mejor que } j} \longrightarrow \boxed{\text{Ecuación A}}$$

El valor de C_{ij} está entre 0 y 1.

Se llama índice de discordancia (d_{ij}) a la consideración de hacer intervenir el peso de los criterios en los que j domina i (j > i).

Para construir este último indicador se toman las calificaciones de la escala de apreciación que contradicen la superioridad de i > j. Se divide la mayor diferencia encontrada en la K_i entre el mayor rango existente en la escala de apreciación. d_{ij} también está en 0 y 1.

$$\text{Índice de discordancia} = d_{ij} = \frac{\text{Mayor diferencia de calificación entre dos proyectos en } k_i}{\text{Mayor rango existente en la puntuación de la escala de calificación}} \longrightarrow \boxed{\text{Ecuación B}}$$

Es necesario por lo tanto determinar un rango de concordancia "p" ($0 \leq p \leq 1$) y un rango de discordancia "q" ($0 \leq q \leq 1$) donde "i" dominará a "j" para la pareja de rangos (p, q) simultáneamente se obtiene:

$$C_{ij} \geq p \quad ; \quad d_{ij} \leq q$$

$$i > j \text{ y } j > k \therefore i > k.$$

Ejemplo de ELECTRA I

Con el fin de facilitar la comprensión de este método, procederemos a un ejemplo: Considérese cuatro proyectos (A,B,C,D). En la siguiente tabla se muestran los valores y pesos para cada criterio.

PROYECTOS	CRITERIOS			
	K_1 Peso = 5	K_2 Peso = 5	K_3 Peso = 1	K_4 Peso = 3
A	12	17	12	6
B	9	6	6	12
C	12	6	12	12
D	17	8	14	20

Cálculo de los índices de concordancia y discordancia.

La construcción de la matriz de concordancia se realiza con la lectura de los criterios por columna, siguiendo la *Ecuación A*

MATRIZ DE CONCORDANCIA C_{ij}				
PROYECTOS	A	B	C	D
A	-----	0.78	0.78	0.36
B	0.21	-----	0.57	0
C	0.64	1	-----	0
D	0.64	1	1	-----

La construcción de la matriz de discordancia se realiza con la lectura de los criterios por renglón, siguiendo la *Ecuación B*

MATRIZ DE DISCORDANCIA D_{ij}				
PROYECTOS	A	B	C	D
A	-----	0.3	0.3	0.7
B	0.55	-----	0.3	0.4
C	0.55	0	-----	0.4
D	0.45	0	0	-----

a) UMBRALES DE CONCORDANCIA Y DISCORDANCIA Y LA REGLA DE PREFERENCIA.

La severidad de la selección puede fundarse sobre la fijación de valores mínimos o umbrales para los índices de concordancia y discordancia.

Sea p el umbral de concordancia.
y q el umbral de discordancia.

Se considerará que hay preferencia de un proyecto sobre otro, si cada vez que:

- El índice de concordancia de esta relación sea superior a un valor p del umbral de concordancia.
- Y que, simultáneamente, su índice de discordancia será inferior al valor q del umbral de discordancia.

b) **Análisis de la selección:**

Fijemos los umbrales de concordancia p y de discordancia q :

$$P = 0.8$$

$$Q = 0.3$$

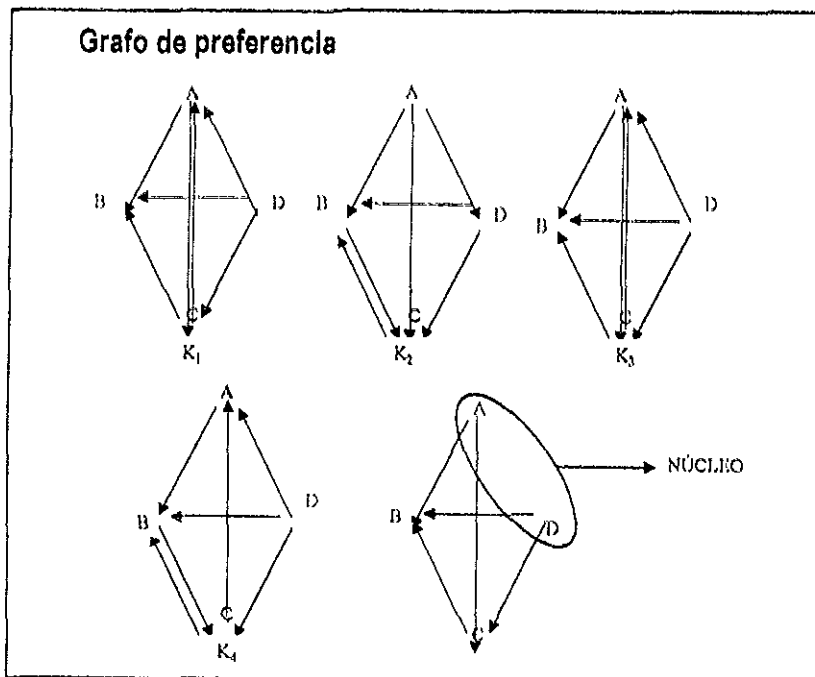
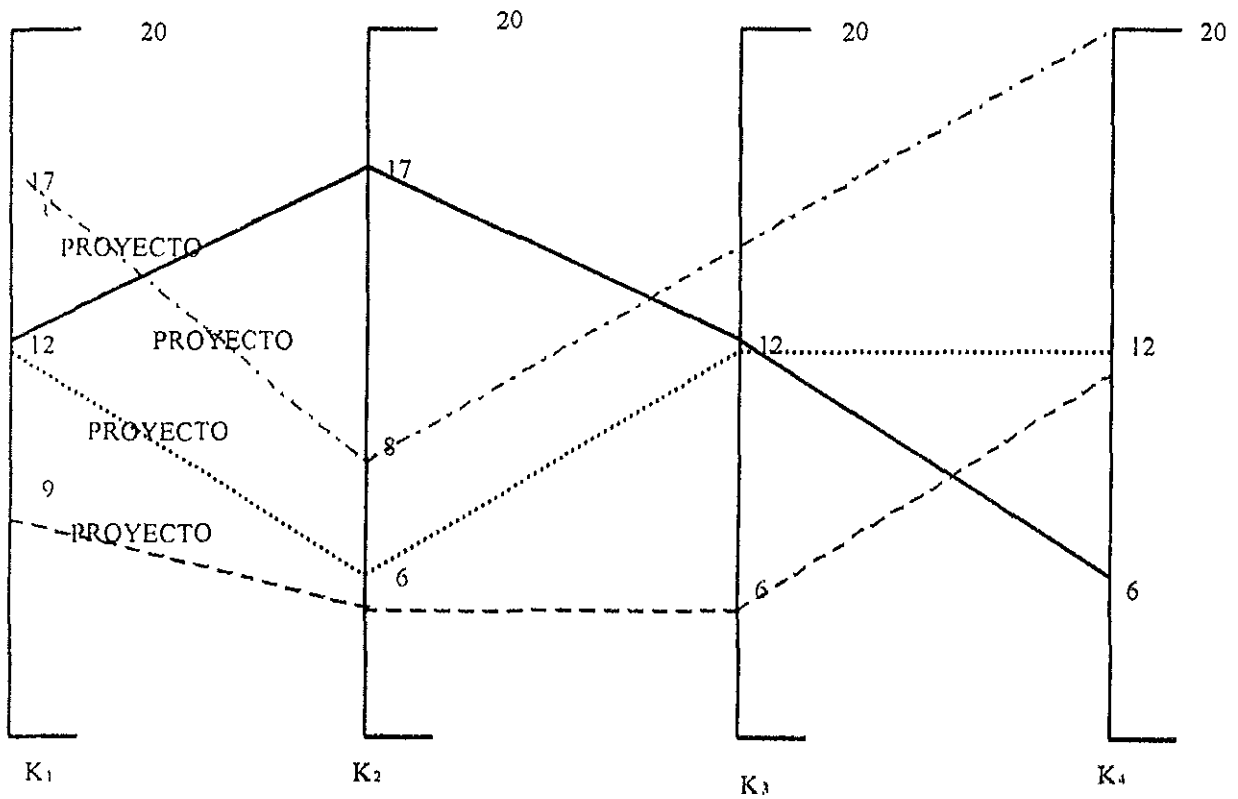
Veamos a este nivel de selección, cuáles son las relaciones de preferencia de los proyectos y, después, eliminemos las relaciones que no corresponden a estos mínimos. (*La lectura de la matriz de concordancias y discordancias para los umbrales se realiza por columnas*)

CONCORDANCIAS PARA UN UMBRAL ≥ 0.8				
PROYECTOS	A	B	C	D
A	-	0.8	0.8	-
B	-	-	-	-
C	-	1	-	-
D	-	1	1	-

DISCORDANCIAS PARA UN UMBRAL ≤ 0.4				
PROYECTOS	A	B	C	D
A	-	0.3	0.3	-
B	-	-	0.3	-
C	-	0	-	-
D	-	0	0	-

Se puede entonces, construir un grafo de preferencias. Recuérdese que habrá una relación de preferencia de un proyecto sobre otro cada vez que, **al mismo tiempo**, el valor de concordancia sea superior a 0.8 y el valor de discordancia sea inferior a 0.3.

El grafo de preferencia se representa más abajo. Puede observarse que dos proyectos son preferidos a todos los otros; estos son: a y d. Estos dos proyectos representan el "núcleo"



El método ELECTRA II.

En este método, cada criterio da lugar a una evaluación y a una ponderación cuantitativa. Introduce la variante de producir dos relaciones de sobreordenación: una fuerte y una débil, y con ello se puede obtener un ordenamiento de todo el conjunto de alternativas.⁽⁴⁶⁾

El método de cálculo para examinar las estrategias se toma de dos en dos e igualmente que en ELECTRA I, se calculan dos índices: el de concordancia y el de discordancia, de acuerdo a las fórmulas siguientes:

Índice de concordancia: $IC S1 / S2 =$

$$\frac{\sum P_j \text{ para los cuales } S_1 \geq S_2}{\sum P_j}$$

Índice de discordancia : $ID S1 / S2 = \frac{\text{diferencia máxima de calificación entre } S2 / S1}{\text{diferencia máxima de calificación posible}}$

Una estrategia « sobreclasifica » a otra si el índice de concordancia es superior o igual a un cierto umbral y si además el índice de discordancia es inferior o igual a un cierto umbral. La diferencia entre ELECTRA I y ELECTRA II consiste en calificar esta sobreclasificación de acuerdo a los umbrales que muestren las preferencias del tomador de decisiones. Así, la sobreclasificación puede ser « fuerte » o « débil ». Los umbrales más usuales son los siguientes:

IC ID	$1 \geq IC \geq 0.8$	$0.8 > IC \geq 0.7$	$0.7 > IC \geq 0.6$
$0 < ID \leq 0.2$	Sobreclasificación fuerte	Sobreclasificación fuerte	Sobreclasificación débil
$0.2 < ID \leq 0.4$	Sobreclasificación fuerte	Sobreclasificación débil	Sobreclasificación débil

Pueden existir sobreclasificaciones recíprocas que necesitan entonces la construcción de un grafo y la determinación de una clasificación directa, indirecta y mediana.

- **La clasificación directa:** número de flechas o arcos que llegan a un nodo; entre mayor sea el número de arcos que llegan a un determinado nodo, mas este nodo estará mal clasificado. Así a S2 le llega solo un arco proveniente de S1; a S3 le llegan dos arcos, es el peor clasificado; a S1 no le llega ningún arco, es el mejor clasificado.
- **Clasificación indirecta:** número de arcos que parten de algún nodo; entre mayor sea el número de arcos que parten de ese nodo, mejor clasificado estará. De S1 parten dos arcos que van hacia S2 y S3, es el mejor clasificado; de S2 parte un arco que se dirige a S3 y de S3 no parte ningún arco, es el peor clasificado.
- **Clasificación mediana y final:** es la mediana de las dos clasificaciones anteriores.

Ejemplo de ELECTRA II

Para el presente ejemplo, retendremos la misma jerarquía de los criterios ($C1 > C2 > C3$) utilizando una ponderación o peso o importancia de los criterios en porcentaje. Así :

- C1, 40%,
- C2, 35%,
- C3, 25%.

Por su parte la escala de evaluación cuantitativa de los criterios se definirá entre 0-100. La evaluación de las estrategias Si a partir de los criterios Cj, es la siguiente:

Cj	C1	C2	C3
S1	80	30	70
S2	50	70	30
S3	30	50	70
Ponderación Pj	0.4	0.35	0.25

Se calculan los índices de concordancia de discordancia, de acuerdo a las fórmulas siguientes:

Índice de concordancia: $IC S1 / S2 =$

$$\frac{\sum P_j \text{ para los cuales } S_1 \geq S_2}{\sum P_j}$$

Índice de discordancia : $ID S1/S2 = \frac{\text{diferencia máxima de calificación entre } S2/S1}{\text{diferencia máxima de calificación posible}}$

Los umbrales son los siguientes:

IC	$1 \geq IC \geq 0.8$	$0.8 > IC \geq 0.7$	$0.7 > IC \geq 0.6$
ID			
$0 < ID \leq 0.2$	Sobreclasificación fuerte	Sobreclasificación fuerte	Sobreclasificación débil
$0.2 < ID \leq 0.4$	Sobreclasificación fuerte	Sobreclasificación débil	Sobreclasificación débil

Se aclara que las comparaciones se efectúan de dos en dos para las estrategias y los cálculos del IC y del ID se realizan por columna.

Los cálculos para IC son por lo tanto los siguientes:

Comparar por columna en donde la calificación de S1 sea mayor o igual a S2. En efecto S1 es mayor que S2 para dos criterios que son C1 y C3 (80 es mayor que 50 en C1 y 70 es mayor que 30); como los coeficientes de ponderación de C1 Y C3 son respectivamente 0.4 y 0.25, su suma es 0.65. Este número se coloca en la columna correspondiente a S1 y en el renglón correspondiente a S2.

Ahora la comparación es S1 versus S3. Puede observarse que S1 es mayor o igual en dos criterios que casualmente son nuevamente C1 y C3 (80 es mayor que 30 y 70 es = a 70). La suma de las dos ponderaciones correspondientes a C1 Y C3 es 0.65. Esta cifra se coloca en la columna de S1 y en el renglón de S3.

El siguiente paso es analizar donde S2 es mayor o igual que S1 Y S3. S2 es mayor que S1 solo para un criterio: C2 (70 es mayor que 30). La ponderación de C2 vale 0.35. Esta cifra se coloca en la columna correspondiente a S2 y en el renglón correspondiente a S1. Para el siguiente caso, es decir para que criterios S2 es mayor o igual a S3, se puede observar S2 es mayor para los criterios C1 Y C2 (50 es mayor que 30 y 70 es mayor que 50); dado que las ponderaciones a estos dos criterios C1 Y C2 son respectivamente 0.4 y 0.35, por lo que su suma es 0.75. Este último número se coloca en la columna correspondiente a S2 y en el renglón correspondiente a S3.

La última columna se calcula de forma similar y la matriz resultante para el IC es:

	S1	S2	S3
S1	-----	0.35	0.60
S2	0.65	-----	0.25
S3	0.65	0.75	-----

Calculemos ahora el índice de discordancia :

Nótese que el cálculo se realiza por columna de dos en dos. Por ejemplo, para el ID S1/S2 (léase « S1 dado S2 »), la fórmula expresa que la comparación se hace de S2 versus S1, es decir al revés de como se ha procedido anteriormente. Así, la diferencia máxima de la calificación donde S2 supera a S1 es en C2 (70-30 = 40). Dado que la calificación máxima que puede obtenerse es 100, entonces se divide 40/100=0.4. Esta cifra se coloca en la columna correspondiente a S1 y el renglón correspondiente a S2. Ahora midamos el índice de discordancia siguiente ID S1/S3 y busquemos donde supera en calificación S3 a S1. Esto sucede solo en para el criterio C2, ya que 50-30=20; dividamos este número entre 100 y al obtener 0.20, coloquémolo en la columna S1 y renglón S3.

Enseguida, calculemos los dos índices de discordancia ID S2/S1 e ID S2/S3. Busquemos primero ID S2/S1 y entonces veamos donde S1 es mayor en calificación a S2. Obsérvese que hay dos posibilidades en C1 y en C3; en C1 80-50=30 y en C3 70-30=40; este último es el mayor de ambos. Esogámoslo y dividamóslo entre 100, es decir 0.40. Esta cifra la colocaremos en la columna de S2 y en el renglón correspondiente a S1. Busquemos enseguida ID S2/S3 y veamos para cual criterio S3 es mayor que S2; esto sucede solo para C3 (70-30=40); al dividir entre 100, obtenemos 0.40, cifra a colocarse en la columna S2 y el renglón S3. Para ID S3/S1 e ID S3/S2, se relizan cálculos similares. La matriz es la siguiente :

S _i	S1	S2	S3
S1	-----	0.4	0.5
S2	0.4	-----	0.2
S3	0.2	0.4	-----

De acuerdo a los umbrales definidos, observemos que clase de sobreclasificación se obtiene para cada caso, tomando en cuenta las matrices de concordancia y de discordancia: para la columna de S1 con los renglones S2 Y S3:

IC = 0.65; ID = 0.40, sobreclasificación débil.

IC = 0.65; ID = 0.20, sobreclasificación débil.

Ahora para la columna S2 y el renglón S1: IC = 0.35, no cumple con el criterio; para el renglón S3:

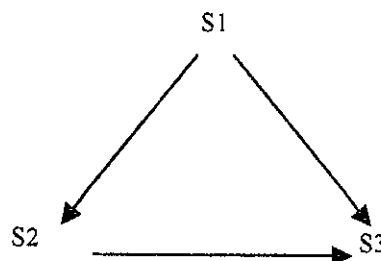
IC = 0.75; ID = 0.4, sobreclasificación débil.

Para la columna S3, los renglones S1 y S2 NO cumplen con alguno o con los dos criterios para los umbrales. De esta manera, la matriz de sobreclasificaciones queda como sigue:

S _i	S1	S2	S3
S1	-----	-----	-----
S2	<i>débil</i>	-----	-----
S3	<i>débil</i>	<i>débil</i>	-----

Conclusión : S1 sobreclasifica a S2 Y a S3; S2 solo sobreclasifica a S3. Esta última estrategia no sobreclasifica a ninguna otra. Por lo tanto $S1 > S2 > S3$. La estrategia 1 es jerárquicamente la mejor; le sigue en segundo lugar la estrategia S2. Ninguna de ellas sobreclasifica a cualesquiera de las otras de una manera « fuerte ». Si hubiese un « empate » o una situación poco clara en términos de sobreclasificación, es menester recordar que una sobreclasificación fuerte siempre tiene prioridad sobre una débil.

Pueden existir sobreclasificaciones recíprocas que necesitan entonces la construcción de un grafo y la determinación de de una clasificación directa, indirecta y mediana.



Comparación de dos en dos:

Estrategia	Clasificación directa	Clasificación indirecta	frecuencia	frecuencia acumulada
S1	_____	$S1 > S2 ; S1 > S3$	2	2
S2	$S2 < S1$	$S2 > S3$	2	4
S3	$S3 < S1 ; S3 < S2$	_____	2	6

Entonces : $S1=2$; $S2=4$; $S3=6$; y, por lo tanto : $S1 > S2 > S3$.

El Método Jerárquico Multicriterio.^(34,40,43,44,45)

Los métodos multicriterio precedentes se basan en una lista de criterios o atributos, definida a priori. El presente método define en cambio los criterios con relación a una meta a alcanzar o a explicar.

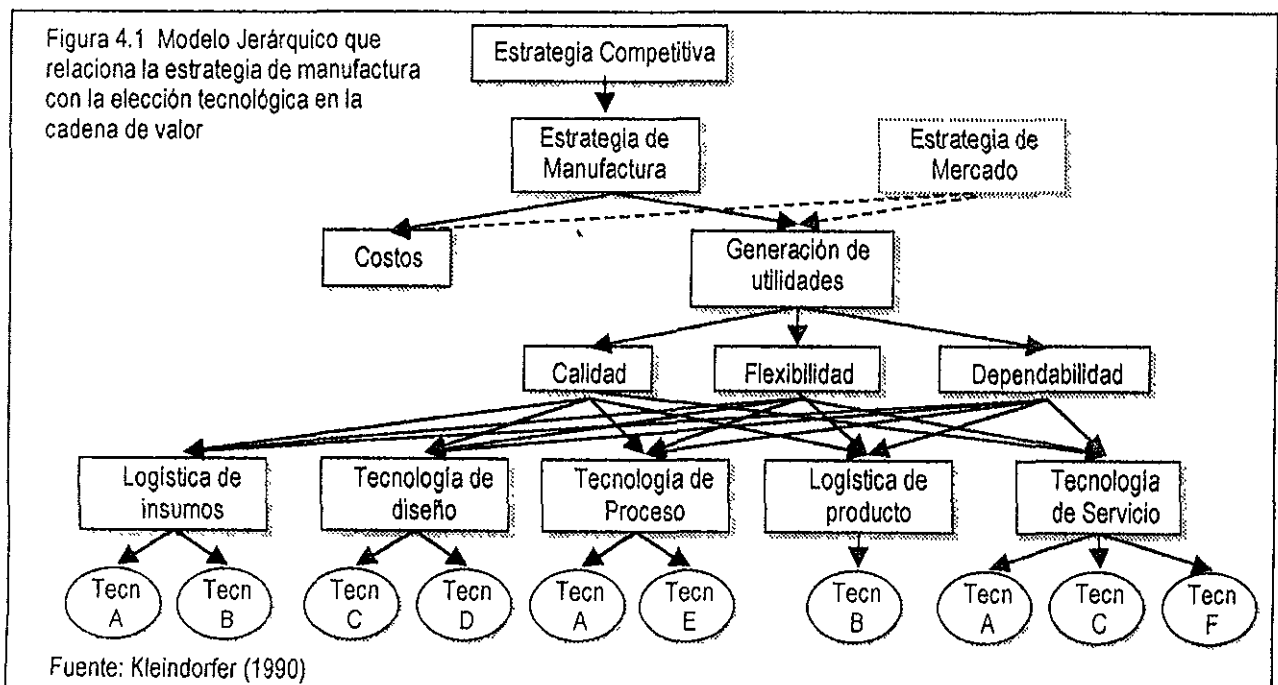
Un problema está estructurado jerárquicamente cuando: para su solución hay una relación de dependencia por niveles, en la cual los estratos inferiores dependen de los superiores; y cuando existe una interdependencia asimétrica entre los estratos, de manera tal que una solución en un estrato está restringida por la solución dada al estrato superior. Una jerarquía de criterios a priori es así definida. Las interacciones entre los diferentes estratos o niveles definen la conectividad del sistema, la que restringe las soluciones alternativas para cada uno de estos estratos, a diferencia de la consideración de cada estrato por separado. Es decir, la existencia de conectividad disminuye las soluciones alternativas, pero para conocer todas las alternativas, es necesario conocer todas las interacciones entre los estratos jerárquicos de una situación problemática.⁽⁴²⁾

Una manera de reducir el análisis de todas las posibles alternativas y sus conocimientos, reduciendo el flujo de información, es usar el procedimiento conocido como “de los escenarios”, en el cual se asumen algunas de estas alternativas y luego sus consecuencias son confrontadas con los objetivos a alcanzar.

Un Objetivo o Meta indica el estado final o estado deseado correspondiente a un sistema dado. Un objetivo o meta muy general y muy amplio a nivel de un sistema, establece y delimita sólo el área de interés.

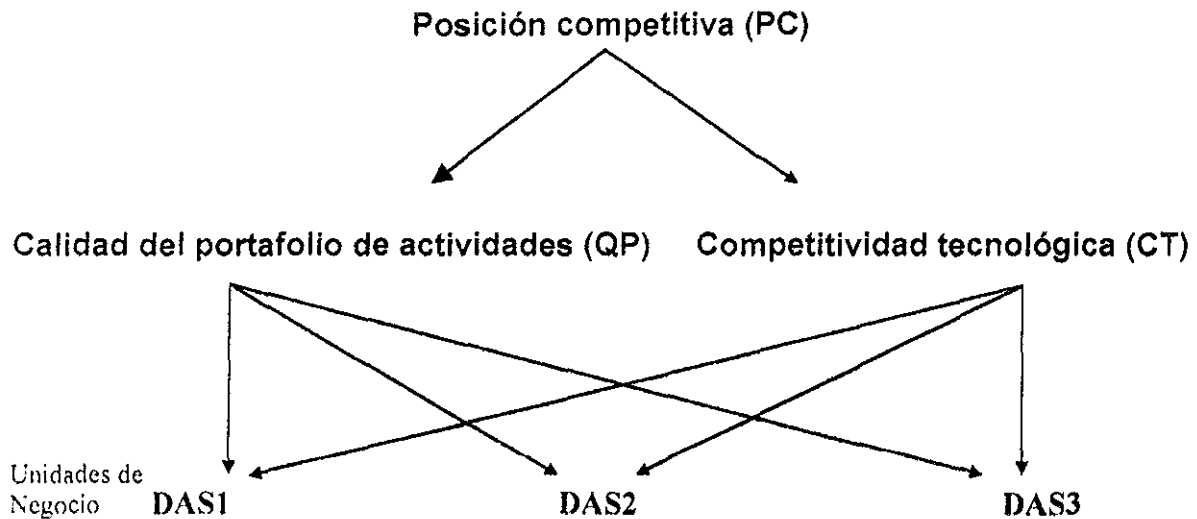
Ejemplo del Método Jerárquico Multicriterio.

La siguiente figura (figura 4.1) describe una estructura básica de un modelo jerárquico que relaciona la estrategia de manufactura con la elección tecnológica en la cadena de valor.⁽⁷⁶⁾



Los elementos de esta jerarquía se pueden clasificar en tres grupos: (1) las fuerzas estratégicas que conducen a una ventaja competitiva (los costos, la calidad, la dependabilidad y la flexibilidad), (2) las actividades de la cadena de valor (logística de insumos, tecnología de diseño, tecnología de proceso, logística de productos y tecnología de servicios) y (3) las características de las tecnologías disponibles para el alcance del objetivo. *(Para estudiar a mayor profundidad el modelo, ver referencia 76 en la bibliografía).*

La metodología del modelo está basada en las propiedades de las matrices booleanas y pseudobooleanas. A continuación, para explicar la metodología, supongamos otro ejemplo con una jerarquía simple de tres niveles:



La primera etapa del método consiste en construir las matrices de comparación a cada nivel de la jerarquía. Estas matrices se calculan utilizando una escala de evaluación de la indiferencia total a la preferencia absoluta.

Primer nivel:

PC	QP	CT
QP	1	1/3
CT	3	1

La lectura de la matriz significa que la calidad del portafolio explica 3 veces menos bien la posición competitiva que la competencia tecnológica. Al contrario también es correcto expresar: La competencia tecnológica explica tres veces mejor la posición competitiva de lo que lo hace la calidad del portafolio. Es necesario hacer notar que la matriz es simétrica respecto a su diagonal principal.

Segundo nivel:

QP	DAS1	DAS2	DAS3
DAS1	1	2	1/4
DAS2	1/2	1	3
DAS3	4	1/3	1

CT	DAS1	DAS2	DAS3
DAS1	1	1/5	2
DAS2	5	1	3
DAS3	1/2	1/3	1

La interpretación es la misma que para el primer nivel; tomemos por ejemplo, el renglón DAS1 en las dos matrices: para la calidad del portafolio de actividades (QP), la contribución de DAS1 es juzgada dos veces más importante que la correspondiente a DAS2 y $\frac{1}{4}$ de la de DAS3. De la misma manera para la competencia tecnológica (CT): la contribución de DAS1 es solo $\frac{1}{5}$ de la de DAS2 y dos veces más importante que la de DAS3.

Las matrices deben enseguida ser traducidas en matrices normalizadas:

Primer nivel:

Se procede como sigue: se suman las columnas de la matriz de comparación y luego cada término de dicha matriz se divide por esta suma. El vector de prioridades, en este caso VP1, es obtenido sumando los renglones de la nueva matriz y por división entre el número de términos.

PC	QP	CT
QP	1	1/3
CT	3	1
Σ	4	4/3

PC	QP	CT	$\Sigma/2 = VP1$
QP	1/4	$(1/3) / (4/3)$ $= 1/4$	0.25
CT	3/4	$(3/3) / (4/3)$ $= 3/4$	0.75

La suma de los términos de VP1 es obviamente igual a 1.0

Para el segundo nivel los cálculos son los mismos aunque más pesados:

QP	DAS1	DAS2	DAS3
DAS1	1	2	1/4
DAS2	1/2	1	3
DAS3	4	1/3	1
Σ	11/2	10/3	17/4

QP	DAS1	DAS2	DAS3	$\Sigma/3=VP2$
DAS1	2/11	6/10	1/17	0.28
DAS2	1/11	3/10	12/17	0.37
DAS3	8/11	1/10	4/17	0.35

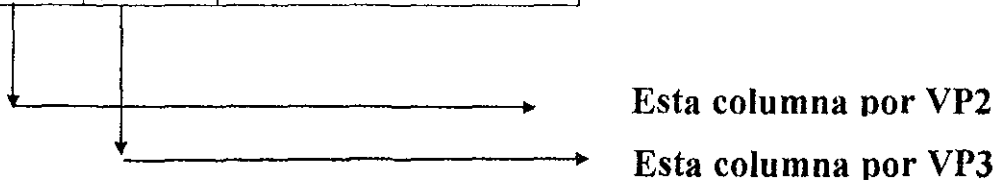
La suma de los términos de VP2 es, por supuesto 1.

CT	DAS1	DAS2	DAS3
DAS1	1	1/5	2
DAS2	5	1	3
DAS3	1/2	1/3	1
Σ	13/2	23/15	7

CT	DAS1	DAS2	DAS3	$\Sigma/3=VP3$
DAS1	2/13	15/15	2/7	0.20
DAS2	10/13	15/23	3/7	0.63
DAS3	2/26	15/69	1/7	0.17

Para determinar la contribución de las DAS a la explicación de la posición competitiva, se multiplican los vectores VP2 Y VP3 POR VP1:

VP1 =	QP	CT	CONTRIBUCIÓN:
	0.25	0.75	
DAS1	0.07	0.15	0.22
DAS2	0.09	0.47	0.56
DAS3	0.09	0.13	0.22



A título de ejemplo, la contribución de 22% de la DAS1 se obtiene por la ponderación de QP ($0.25 \times 0.28 = 0.07$) y de CT ($0.75 \times 0.20 = 0.15$). Las contribuciones de las DAS2 y DAS3 son respectivamente 56% y 22%. El total es obviamente, 100%.

4.4 EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS MULTICRITERIO.

Caso 1.-Aplicación del Método de Jerarquización Comparada y el Método ELECTRA II.

Considérese una pequeña empresa que desarrolla sus actividades dentro de la Industria Química. Para asegurar su desarrollo, los responsables de la empresa han considerado 5 proyectos de diversificación en otro tipo de productos. Para simplificar, estos proyectos serán llamados « P1 »; « P2 »; « P3 »; « P4 » y « P5 ». Para elegir entre estos proyectos, los responsables de la empresa desean que el proyecto elegido se adapte a la tecnología actualmente utilizada y proporcione un flujo financiero suficiente y permita incrementar la parte del mercado de la compañía.

Para precisar esta planeación, se ha realizado un análisis por proyecto a la luz de cada criterio (« atributo »). El análisis se traduce por las tablas de evaluación que siguen:

Criterios de diagnóstico. Proyectos :	Coherencia tecnológica. (CT)	Flujo de caja suplementario, millones de \$.(FT)	Incremento de la parte del mercado, %.(PM)
P1	Muy buena	10	10
P2	Media	12	22
P3	Buena	9	15
P4	Media	8	23
P5	Débil	6	30

Para elaborar la matriz precedente, se elaboró una escala entre 0-10 para cada criterio de diagnóstico y aplicada a cada proyecto.

Criterios de diagnóstico de los proyectos	Coherencia tecnológica, CT	Flujo de caja suplementario, FT	Incremento de la parte del mercado, PM
P1	8	5	3
P2	5	6	6
P3	6	5	4
P4	5	4	7
P5	4	3	8
Ponderación	45 %	35%	20%

En la discusión sobre la planeación siguiendo la estrategia de diversificación, el director general de la compañía estima que la posición de competitividad actual de la empresa se explica por la parte de mercado relativa (PMR) que la empresa posee, su competitividad en término de los costos (CTC) y la calidad de los circuitos de distribución (QCD). En cambio, el Director de producción piensa que los tres factores anteriores estimados por el Director general, son función todos del volumen de producción (VDP), aunque el Director comercial, expresa su opinión sobre que tales factores son función de la imagen de los productos (IDP). Puesto que las opiniones no son evidentemente idénticas, el comité directivo propuso las relaciones siguientes:

- Para explicar la parte del mercado relativa (PMR), el volumen de producción (VDP), es siete veces más importante que la imagen de los productos (IDP);
- Para explicar la competitividad en término de los costos (CTC), el volumen de producción (VDP), es 5 veces más importante que la imagen de los productos (IDP);
- Para explicar la calidad de los canales de distribución (QCD), el volumen de producción (VDP), es 4 veces menos importante que la imagen de los productos (IDP);
- Por último, para explicar la posición competitiva de la empresa, la parte del mercado relativa (PMR) es 3 veces más importante que la competitividad en términos de costo (CTC) y 2 veces más que la calidad de los circuitos de distribución (QCD). Por el contrario ésta es 2 veces menos importante que la competitividad en términos de costos (CTC).

Las cuestiones a resolver son las siguientes:

1. Clasificar los proyectos («jerarquizar») de acuerdo a la primera matriz. Para llevarla a cabo, el flujo de caja suplementario debe ser apreciado sobre la base de tres modalidades (bueno, medio y débil) y el incremento de la parte del mercado de acuerdo a dos calificativos (bueno y débil). Las desclasificaciones se efectuarán de dos en dos.
2. Clasificar los proyectos utilizando la segunda matriz.
3. Determinar las contribuciones respectivas del volumen de producción y la imagen de los productos para explicar la posición competitiva presente de la organización.

Solución :

Clasificación de los proyectos de acuerdo a la primera matriz.

Método de Jerarquización Comparada.

Es necesario transformar los tres criterios en modo cualitativo, tal como sigue, tomando en consideración que la coherencia tecnológica ya tiene calificaciones cualitativas.

Proyectos :	Flujo de caja millones \$ (FT) :		Incremento de la parte del mercado (PM), % :	
P1	10	bueno	10	débil
P2	12	bueno	22	bueno
P3	9	medio	15	débil
P4	8	débil	23	bueno
P5	6	débil	30	bueno
MEDIA	9		20	

La utilización del método de jerarquización comparada exige la transformación de las modalidades de cada criterio en clases. Se parte siempre de la primera clase para desclasificar de dos en dos.

- Para CT : Muy buena = 1 ; Buena = 3 ; Media = 5 ; Débil = 7.
- Para FT : Buena = 1 ; Media = 3 ; Débil = 5.
- Para PM : Buena = 1 ; Media = 3 ; Débil = 5.

Es necesario construir la matriz de comparación de los criterios de dos en dos:

CT FT	Muy buena	buena	media	débil
buena	1	3	5	7
media	3	5	7	9
débil	5	7	9	11

CT + FT PM	1	3	5	7	9	11
buena	1	3	5	7	9	11
media	3	5	7	9	11	13
débil	5	7	9	11	13	15

De aquí que la matriz de evaluación transformada en una medición cualitativa, es entonces:

Criterios/ Proyectos	CT	FT	PM
P1	<i>muy bueno</i>	<i>bueno</i>	<i>débil</i>
P2	<i>medio</i>	<i>bueno</i>	<i>bueno</i>
P3	<i>bueno</i>	<i>medio</i>	<i>débil</i>
P4	<i>medio</i>	<i>débil</i>	<i>bueno</i>
P5	<i>débil</i>	<i>débil</i>	<i>bueno</i>

Volviendo a las matrices de comparación, se muestra así que P1, habiendo sido evaluado como « muy bueno » sobre CT y bueno sobre FT; está en la primera clase. Esta clase combinada con « débil » para PM lo posiciona en la clase 5.

De la misma manera, P2 está en la clase 5, P3 en la no. 9, P4 en la no. 9 y P5 en la no. 11. La clasificación o jerarquización es por lo tanto:

- *Primer lugar: empate entre P1 y P2.*
- *Segundo lugar: empate entre P3 y P4.*
- *Ultimo lugar: P5.*

Puede constatarse que en este caso, el método utilizado es poco discriminante. Esto no es grave, ya que la selección óptima puede llevarse a cabo utilizando programación matemática.

Clasificación de los proyectos utilizando la segunda matriz: el método ELECTRA II.

Es necesario calcular los índices de concordancia (IC) y de discordancia (ID), ya que esta evaluación es completamente cuantitativa. Tomaremos como umbrales los siguientes:

Índice de Concordancia (IC)	Índice de discordancia (ID)	Sobreclasificación
$0.8 \leq IC \leq 1$	$0 \leq ID \leq 0.2$	Fuerte (F)
$0.7 \leq IC < 0.8$	$0 \leq ID \leq 0.2$	Fuerte
$0.6 \leq IC < 0.7$	$0 \leq ID \leq 0.2$	Débil (f)
$0.8 \leq IC \leq 1$	$0.2 < ID \leq 0.4$	Fuerte
$0.7 \leq IC < 0.8$	$0.2 < ID \leq 0.4$	Débil
$0.6 \leq IC < 0.7$	$0.2 < ID \leq 0.4$	Débil

Índice de Concordancia

IC:	P1	P2	P3	P4	P5
P1	//////////	0.55	0.55	0.20	0.20
P2	0.45	//////////	0.45	0.65	0.20
P3	0.80	0.55	//////////	0.20	0.20
P4	0.80	0.80	0.80	//////////	0.20
P5	0.80	0.80	0.80	0.80	//////////

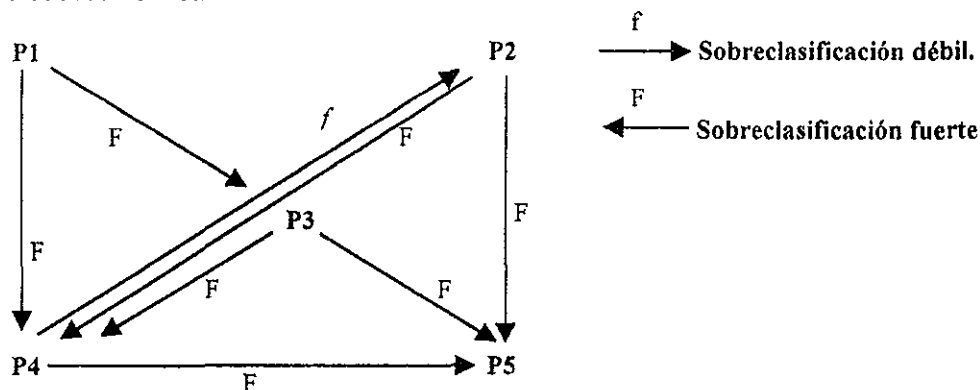
Índice de Discordancia

ID:	P1	P2	P3	P4	P5
P1	//////////	0.30	0.20	0.30	0.40
P2	0.30	//////////	0.20	0.20	0.30
P3	0.10	0.10	//////////	0.10	0.20
P4	0.40	0.10	0.30	//////////	0.10
P5	0.50	0.20	0.40	0.10	//////////

Teniendo en cuenta los umbrales de sobreclasificación definidos como normas, se obtiene la siguiente tabla de sobreclasificaciones o jerarquizaciones:

	P1	P2	P3	P4	P5
P1	//////////	//////////	//////////	//////////	//////////
P2	//////////	//////////	//////////	f	//////////
P3	F	//////////	//////////	//////////	//////////
P4	F	F	F	//////////	//////////
P5	//////////	F	F	F	//////////

El gráfico de sobreclasificación es:



Examinando este grafo, se puede concluir que P1 no es sobreclasificado por ningún proyecto, por lo tanto ocupa el primer lugar de jerarquía o clasificación; P2, ocupa el segundo lugar ya que sobreclasifica a otros dos proyectos, pero es sobreclasificado débilmente por P4; por lo que corresponde a P3, sobre clasifica a dos proyectos, igualmente, pero es sobreclasificado de manera fuerte por P1; respecto a P4, éste sobreclasifica solo a un proyecto, pero es sobreclasificado por P1, P2 y P3. El peor clasificado es P5, que no sobreclasifica a ningún otro proyecto y es sobreclasificado por P2, P3 y P4.

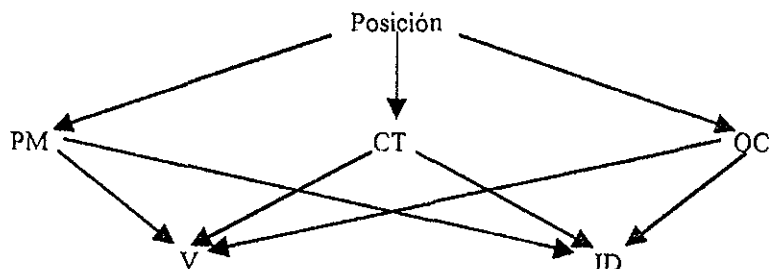
La jerarquización es entonces:

$$P1 > P2 > P3 > P4 > P5.$$

En este caso, el método es perfectamente discriminante.

Contribuciones a la explicación de la posición competitiva de la empresa.

De acuerdo a los datos con los que se cuenta, es posible construir una representación jerárquica de los factores explicativos de la posición competitiva.



Primero, se deben transformar las matrices de comparación definidas en el enunciado en matrices normalizadas.

En el primer nivel, la posición competitiva se explica por PMR, CTC, y QCD.

	PMR	CTC	QCD
PMR	1	3	2
CTC	1/3	1	2
QCD	1/2	1/2	1
SUMA	11/6	9/2	5

	PMR	CTC	QCD
PMR	6/11	6/9	2/5
CTC	6/33	2/9	2/5
QCD	6/22	2/18	1/5

El vector de prioridades VP1 se define a partir de la suma por cada renglón, dividida cada vez entre tres; el resultado, después de estas operaciones es: $VP1 = [0.54, 0.27, 0.19]$, cuya suma es por supuesto =1.0.

Al nivel de PMR se tiene la matriz de comparación:

	VP	IDP
VP	1	7
IDP	1/7	1
SUMA	8/7	8

	VP	IDP
VP	7/8	7/8
IDP	7/56	1/8

Siguiendo exactamente los mismos cálculos que anteriormente, se puede calcular el vector de prioridad VP2:

$VP2 = [0.88, 0.12]$. La suma es 1.0.

A nivel de CTC, se tiene la matriz de comparación:

	VP	IDP
VP	1	5
IDP	1/5	1
SUMA	6/5	6

	VP	IDP
VP	5/6	5/6
IDP	5/30	1/6

Así, el vector de prioridades $VP3 = [0.83, 0.17]$; la suma de los términos es 1.0.

Al nivel de QCD, se tiene la matriz de comparación:

	VP	IDP
VP	1	1/4
IDP	4	1
SUMA	5	5/4

	VP	IDP
VP	1/5	4/20
IDP	4/5	4/5

El vector de prioridades $VP_4 = [0.20, 0.80]$; siendo la suma de los términos =1.0.

Para determinar las contribuciones del volumen de producto (VP) y la imagen de los productos (IDP) a la explicación de la posición competitiva de la empresa, es necesario ponderar VP2, VP3 y VP4 por VP1.

Así la jerarquía de la que se partió se respeta. Esto último resulta en:

VP1=	0.54 PMR	0.27 CTC	0.19 QCD	SUMA
VP	0.4752	0.2241	0.0380	0.7373
IDP	0.0648	0.0455	0.1520	0.2623
	<i>Esta columna por VP2</i>	<i>Esta columna por VP3</i>	<i>Esta columna por VP4.</i>	

Para ejemplificar, la primera columna de la matriz se obtuvo por la multiplicación de 0.54, peso de PMR en la explicación de la meta, por 0.88 y 0.12, es decir, el VP2.

La suma por renglón de los términos de la matriz proporciona las contribuciones de VP e IDP.

Se puede constatar que el volumen de los productos contribuye con alrededor de 74% a la explicación de la posición competitiva de la empresa y la imagen de los productos por alrededor de 26%. La suma es obviamente =100.

Caso 2

Frente a la intensificación y la internacionalización de la competencia, los responsables de otra empresa, también constituida dentro de la industria química, tratarán de llevar a cabo una nueva orientación estratégica de competitividad. La empresa ocupa una posición favorable en el mercado de productos químicos, pero parece necesario escoger entre «*la dominación por los costos*» (OS1) a través de una mejor tecnología del sistema de información y «*la diferenciación*» (OS2) a través de una mejora en la calidad.

Dicha organización, es una empresa productora de varios productos y su actividad global se ha dividido en 4 Áreas de Actividad Estratégica (DAS): Solventes, (DAS1); pinturas, (DAS2); barnices, (DAS3) y detergentes (DAS4). Estas cuatro áreas han sido examinadas sobre la base de 5 criterios: Rentabilidad (CR); Productividad (CP); Liquidez (CL); Parte relativa del Mercado (CM) y Tecnología (CT). Cada criterio da lugar a una calificación sobre una escala de 0 a 20.

Los resultados se encuentran en la tabla siguiente:

Calificación de los DAS.

Criterios de diagnóstico	Criterio de rentabilidad CR	Criterio de productividad CP	Criterio de liquidez CL	Criterio parte relativa del mercado CM	Criterio de la tecnología CT
Solventes DAS1	15	13	12	8	7
Pinturas DAS2	8	10	11	12	13
Barnices DAS3	12	9	10	15	12
Detergentes DAS4	10	14	8	10	16

Tanto el desarrollo de cada unidad de actividad estratégica como la estructura de conjunto del portafolio de actividades deben ser coherentes con la orientación de la estrategia de competitividad. Para este efecto, se definió una ponderación sobre 10, respecto de los criterios de diagnóstico en función de cada orientación competitiva. Los resultados se encuentran en la tabla siguiente:

Ponderación de las orientaciones estratégicas.

Criterios de diagnóstico	Rentabilidad CR	Productividad CP	Liquidez CL	Parte del mercado CM	Tecnología CT
Orientaciones estratégicas					
Dominación por los costos OS1	4	2.5	1.5	1	1
Diferenciación OS2	2	1.5	2	1.5	3

Profundizando el análisis, los responsables de la compañía consideraron que la eficacia de la estrategia global de la empresa puede ser explicada por tres razones principales:

- La orientación de la estrategia competitiva, OC;
- El equilibrio del portafolio de actividades de DAS, EP;
- La eficiencia de la estructura de la organización, SO.

Después de una discusión y análisis, los responsables consideran como hipótesis de trabajo que, entre las tres razones explicativas arriba descritas, la orientación competitiva es respectivamente, dos veces y cuatro veces más importante que el equilibrio del portafolio y la estructura organizacional. De la misma manera, el equilibrio del portafolio explica 4 veces mejor la eficiencia de la estructura global que la estructura organizacional.

La contribución de cada DAS ha sido evaluada con relación a cada razón explicativa de la eficiencia de la estrategia de conjunto. Esta evaluación se tradujo por medio de la construcción de matrices de comparación definidas a partir de una escala que varía de 1 a 9 (1= indiferencia absoluta; 9 preferencia absoluta).

Las matrices que son supuestamente coherentes, se proporcionan a continuación:

Matriz de comparación referente a la orientación estratégica competitiva (OC):

	DAS1	DAS2	DAS3	DAS4
DAS1	//////////	3	5	1/2
DAS2	//////////	//////////	2	1/3
DAS3	//////////	//////////	//////////	1/4
DAS4	//////////	//////////	//////////	//////////

Matriz de comparación referente al equilibrio del portafolio (EP):

	DAS1	DAS2	DAS3	DAS4
DAS1	//////////	//////////	//////////	//////////
DAS2	3	//////////	//////////	//////////
DAS3	2	1/2	//////////	//////////
DAS4	4	1/3	1/4	//////////

Matriz referente a la eficiencia de la estructura organizacional (SO):

	DAS1	DAS2	DAS3	DAS4
DAS1	//////////	2	//////////	1/2
DAS2	//////////	//////////	//////////	//////////
DAS3	3	4	//////////	//////////
DAS4	//////////	2	4	//////////

Las preguntas a resolver son las siguientes:

1. Jerarquizar las DAS del portafolio de la empresa admitiendo compensaciones entre los criterios de diagnóstico y teniendo en cuenta sus pesos en la selección de las orientaciones competitivas.
2. Jerarquizar las DAS del portafolio de la empresa sin compensación entre los criterios de diagnóstico, teniendo en cuenta sus pesos en la selección de las orientaciones competitivas.
3. Jerarquizar las DAS del portafolio de la compañía en función de su contribución a la explicación de la estrategia global.

Solución :

Jerarquización multicriterio compensada:

Para jerarquizar las DAS, teniendo en cuenta las dos orientaciones estratégicas posibles, la primera etapa consiste a multiplicar cada columna de la primera tabla por la ponderación del criterio dado en la segunda tabla. Se obtienen así, para OS1 y OS2:

OS1 :

Criterios/ DAS	CR	CP	CL	CM	CP
DAS1	60	32.5	18	8	7
DAS2	32	25	16.5	12	13
DAS3	48	22.5	15	15	12
DAS4	40	35	12	10	16

OS2 :

Criterios/ DAS	CR	CP	CL	CM	CP
DAS1	30	19.5	24	12	21
DAS2	16	15	22	18	39
DAS3	24	13.5	20	22.5	36
DAS4	20	21	16	15	48

En la medida en que se admita la compensación entre criterios, la segunda etapa consiste en sumar por renglón los « scores » obtenidos para cada DAS y para orientación estratégica. Se obtiene así, la siguiente tabla:

Orientación estratégica/ DAS	OS1	OS2	Media	Variancia
DAS1	125.5	106.5	116	90.25
DAS2	98.5	110	104.25	33.06
DAS3	112.5	116	114.25	3.06
DAS4	113	120	116.5	12.25

Nótese que varias clasificaciones pueden obtenerse de esta última tabla. Al mismo tiempo, piénsese que en nuestro lenguaje, se puede también obtener de «clusters». El que existan varias clasificaciones y que sean diferentes, parece a primera vista totalmente normal ya que las preferencias de criterios son diferentes. Por ello, es sin duda necesario obtener por una parte la media y por otra la variancia; ésta última también puede considerarse como una medida del riesgo.

Una primera clasificación, tomando en cuenta OS1 nos daría, en orden de jerarquía: [DAS1, DAS4, DAS3, DAS2].

Una segunda clasificación, pero ahora basada en OS2, daría la siguiente jerarquía: [DAS4, DAS3, DAS2, DAS1].

La tercera clasificación tendría como base la media: [DAS4, DAS1, DAS3, DAS2].

La cuarta clasificación sería la correspondiente a la variancia; la DAS con menor variancia nos daría, obviamente el menor riesgo: [DAS3, DAS4, DAS2, DAS1].

Jerarquización multicriterio no-compensada: utilización del método ELECTRA II.

Teniendo en cuenta la información disponible en las tablas del enunciado y considerando los umbrales definidos en el caso 1, se construyen las matrices de los Índices de Concordancia y Discordancia, pero un par para cada orientación estratégica OS1 Y OS2 ya que las ponderaciones de los criterios son diferentes.

IC-OS1 :

DAS	1	2	3	4
1	//////////	0.20	0.20	0.45
2	0.80	//////////	0.50	0.75
3	0.80	0.50	//////////	0.35
4	0.55	0.25	0.65	//////////

IC-OS2 :

DAS	1	2	3	4
1	//////////	0.35	0.45	0.60
2	0.55	//////////	0.35	0.65
3	0.55	0.65	//////////	0.45
4	0.40	0.35	0.55	//////////

Puesto que para los Índices de discordancia no influyen los pesos, solo es necesario hacer una única tabla para estos índices.

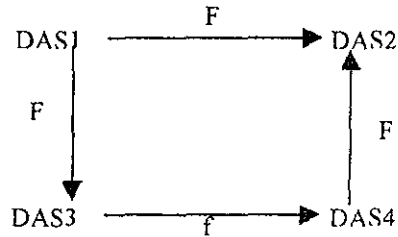
DAS	1	2	3	4
1	//////////	0.35	0.20	0.25
2	0.55	//////////	0.05	0.15
3	0.35	0.20	//////////	0.25
4	0.25	0.20	0.25	//////////

Nota : en negritas los índices de concordancia que respetan los umbrales.

Se tiene por lo tanto que, para OS1:

- La DAS1, sobreclasifica fuertemente a los DAS2 Y DAS3.
- La DAS3, sobreclasifica débilmente a la DS4.
- La DAS4, sobreclasifica fuertemente a la DAS2.

Gráficamente se tiene:



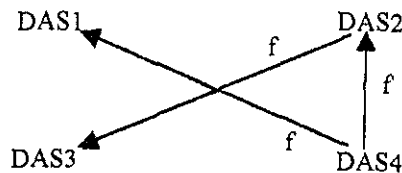
Después de observar las clasificaciones directas e indirectas, Y LA FORMA EN QUE EXISTE LA SOBRECASIFICACION (fuerte o débil), se puede afirmar que para OS1:

$$\mathbf{DAS1 > DAS4 > DAS3 > DAS2.}$$

De la misma manera, para OS2:

- La DS2 sobreclasifica débilmente a la DAS3.
- La DS4 sobreclasifica débilmente a la DAS1 y a la DAS2.

El grafo que se presenta a continuación aclarará estas sobreclasificaciones:



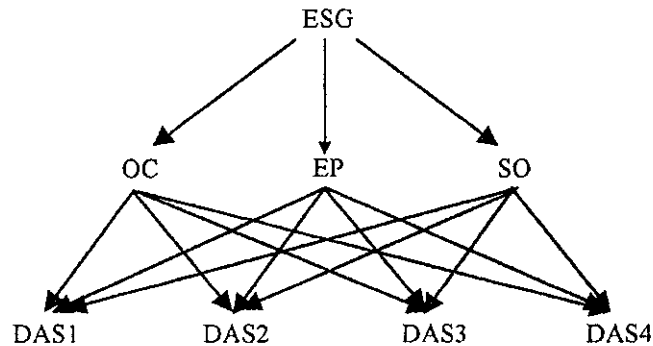
Se tiene por lo tanto que para OS2:

$$\mathbf{DAS4 > DAS2 > DAS1 = DAS3.}$$

Jerarquización multicriterio explicativa. Utilización del método jerárquico multicriterio.

Se trata de medir la contribución de cada DAS a la eficiencia de la ESTRATEGIA GLOBAL (ESG) y esto a través la orientación competitiva (OC), el equilibrio del portafolio (EP) y la estructura de la organización (SO). Tomando en cuenta las matrices proporcionadas en el enunciado, procedamos a utilizar el método jerárquico multicriterio.

Esquemáticamente, se tiene:



En el primer nivel, las variables explicativas ESG son: OC, EP y SO. Es necesario transformar la matriz de comparaciones en una matriz normalizada de manera de poder calcular el vector de prioridad VP1:

	OC	EP	SO
OC	1	2	4
EP	1/2	1	4
SO	1/4	1/4	1
Σ	7/4	13/4	9

	OC	EP	SO
OC	4/7	8/13	4/9
EP	4/14	4/13	4/9
SO	4/28	4/52	1/9

El vector de prioridad VP1 se obtiene haciendo la suma por renglón de la matriz y dividiéndola entre 3, ya que son 3 las variables explicativas. Así:

VP1 = [0.54, 0.35, 0.11]. La suma de estos términos, como sabemos debe ser la unidad.

En el segundo nivel, las DAS están ligadas a las variables OC, EP y SO.

El segundo vector de prioridades es VP2, que se calcula utilizando la relación de OC con las DAS.

	DAS1	DAS2	DAS3	DAS4
DAS1	1	3	5	1/2
DAS2	1/3	1	2	1/3
DAS3	1/5	1/2	1	1/4
DAS4	2	3	4	1
Σ	53/15	15/2	12	25/12

	DAS1	DAS2	DAS3	DAS4
DAS1	15/53	6/15	5/12	12/50
DAS2	15/159	2/15	2/12	12/75
DAS3	15/265	2/30	1/12	12/60
DAS4	30/53	6/15	4/12	12/25

El vector de prioridad se obtiene como se obtuvo precedentemente.

VP2 = [0.33, 0.13, 0.10, 0.44]. Esta suma debe ser = 1.0

La segunda variable a explicar es EP:

	DAS1	DAS2	DAS3	DAS4
DAS1	1	1/3	1/2	1/4
DAS2	3	1	2	3
DAS3	2	1/2	1	4
DAS4	4	1/3	1/4	1
Σ	10	13/6	15/4	33/4
	DAS1	DAS2	DAS3	DAS4
DAS1	1/10	6/39	4/30	4/132
DAS2	3/10	6/13	8/15	12/33
DAS3	2/10	6/26	4/15	16/33
DAS4	4/10	6/39	4/60	4/33

El vector de prioridades VP3 es:

VP3 = [0.10, 0.41, 0.30, 0.19]. Esta suma es igual a 1.0.

La tercera y última variable a explicar es SO:

	DAS1	DAS2	DAS3	DAS4
DAS1	1	1/3	1/2	1/2
DAS2	1/2	1	1/4	1/2
DAS3	3	4	1	1/4
DAS4	2	2	4	1
Σ	13/2	9	67/12	9/4
	DAS1	DAS2	DAS3	DAS4
DAS1	2/13	2/9	12/201	4/18
DAS2	2/26	1/9	12/268	4/18
DAS3	6/13	4/9	12/67	4/36
DAS4	4/13	2/9	48/67	4/9

El vector de prioridades VP4 = [0.17, 0.11, 0.30, 0.42], cuya suma es 1.0

El último paso, es ponderar VP2, VP3 y VP4 por VP1, de tal forma de obtener la matriz siguiente:

VP1	0.54 OC	0.35 EP	0.11 SO	Σ
DAS1	0.1782	0.0350	0.0187	0.2319
DAS2	0.0702	0.1435	0.0121	0.2258
DAS3	0.0540	0.1050	0.0330	0.1920
DAS4	0.2376	0.0665	0.0462	0.3503

Solo como ejemplo, la primer columna de la matriz se obtiene multiplicando la ponderación de VP1 (su primer término, es decir, 0.54) por el vector de prioridad VP2, correspondiente a OC, es decir (0.33, 0.13, 0.10, 0.44).

La suma de cada renglón de la matriz indica por lo tanto la contribución de las DAS a ESG, a través de OC, EP, y SO.

De esta manera, la DAS4 contribuye a explicar cerca del 35% de la eficiencia de la estrategia global, Las DAS1 Y DAS2, contribuyen cada una a explicar aproximadamente el 23% de esta eficiencia y, por último, la DAS3 solamente el 19%. Por lo tanto:

$$\mathbf{DAS4 > DAS1 = DAS2 > DAS3.}$$

CAPÍTULO V.-
EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LOS
MÉTODOS MULTICRITERIO

Dado que el posicionamiento futuro competitivo de la cartera de actividades para la gestión de la tecnología de cualquier empresa, es **multicriterio**, por lo tanto es necesario, con la ayuda de los métodos multicriterio, deducir las acciones estratégicas a perseguir prioritariamente para beneficiarse de los cambios esperados y ayudar así a la elaboración de la planeación de la estrategia tecnológica de las empresas actuales. Por esta razón, el presente capítulo tiene por objeto aplicar los métodos multicriterio en un caso real a fin de demostrar la consistencia de los métodos y sobre todo la viabilidad y factibilidad de aplicación a cualquier empresa, sean cualesquiera sus características y su entorno empresarial.

5.1. CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA ESTUDIADA

El ejemplo está desarrollado sobre los proyectos de I&DT de una empresa paraestatal mexicana consolidada dentro de la industria de los energéticos, cuyas actividades son de gran importancia para la economía del país y en la cual sus esfuerzos de I&DT tienen un alto impacto y repercusión en sus actividades operativas.

Es importante enfatizar que la estrategia tecnológica propuesta para la empresa señala que es indispensable llevar a cabo un intensivo, eficaz y rápido uso de la tecnología existente, que corresponde a la de un "*Fast Follower*" (Rápido Seguidor Tecnológico).

5.2. MARCO DE REFERENCIA

A inicios del presente año, la empresa sobre la cual se desarrolla el ejemplo, inició un proyecto destinado al desarrollo de un plan para el mejoramiento de la capacidad, gestión y estrategias tecnológicas de la organización, considerando las tecnologías necesarias para apoyar tanto su estrategia de negocios como su misión. Para ello se consolidó un grupo de varias instituciones participantes conformado por expertos de la misma empresa, una firma de consultoría en el área de tecnología, un Instituto destinado a la investigación en la Industria de los Energéticos y la Facultad de Química de la UNAM. A través de varios talleres y sesiones de trabajo desarrollados a lo largo de cuatro meses, entre otros puntos, se definió un conjunto de necesidades tecnológicas, que posteriormente fueron agrupadas utilizando el método de "clusterización" en plataformas, finalizando en un conjunto de proyectos que representaban la totalidad de las acciones detectadas por los expertos para mejorar la competitividad tecnológica de dicha empresa.

La finalidad del ejemplo consiste únicamente en proseguir con el plan estratégico de la empresa para definir la prioridad de los proyectos propuestos durante los talleres, y evaluar, seleccionar y jerarquizar aquellos de mayor relevancia en el corto, mediano y largo plazos.

Para ello se partió de las plataformas y proyectos definidos en el estudio realizado por la empresa arriba mencionada, considerando que la prioridad debería darse al incremento en la competitividad tecnológica del Organismo.

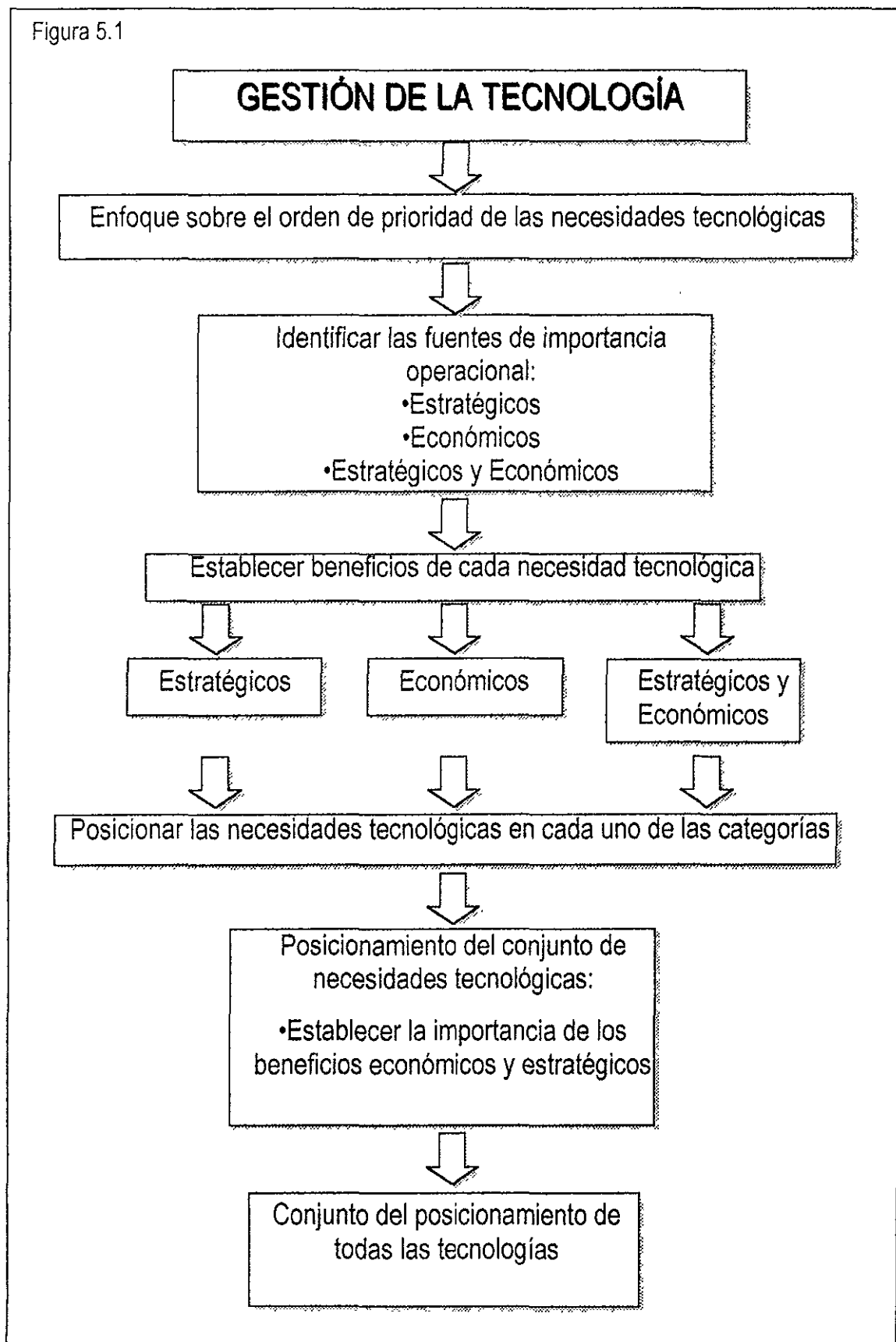
5.3. DESARROLLO DEL EJERCICIO

Con el fin de vincular la planeación tecnológica de la empresa con su planeación estratégica nos hemos basado en el « Método Jerárquico Multicriterio » con el objeto de conocer las contribuciones de los proyectos elegidos con las diversas plataformas (Ver tabla 5.1) y de éstas con los enunciados estratégicos corporativos para finalmente ligarlos con la meta prioritaria de la organización, es decir incrementar su nivel de competitividad.

Posteriormente, en lo que se refiere a la selección y jerarquización de los proyectos originados de las plataformas, se utilizó un método multicriterio no-compensatorio, ELECTRA II, con el fin de poner de manifiesto una lista de prioridades respecto de diversos y numerosos atributos contemplados para los proyectos. Para cumplir con la finalidad anterior se definieron diversos criterios utilizando una metodología de análisis y selección. Es decir, los proyectos fueron calificados en términos de sus múltiples atributos que se compararon con las metas establecidas exógenamente, de manera de obtener calificaciones ponderadas para cada proyecto bajo análisis. Respecto al Análisis Jerárquico Multicriterio y el método ELECTRAII, en el anexo de fundamentación matemática, se muestra en detalle las bases de esta utilización.

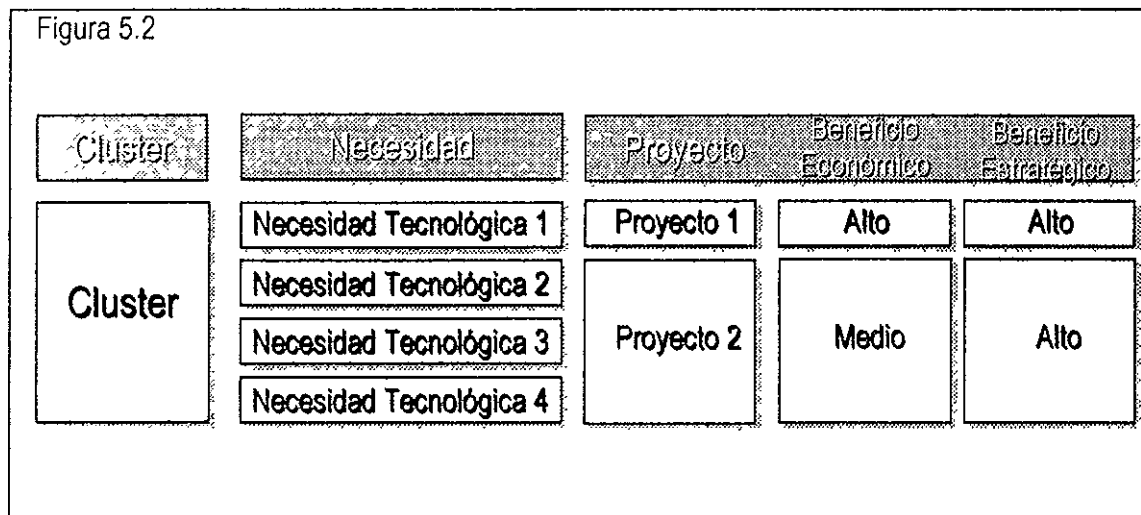
Las etapas mostradas en la figura 5.1, permitieron realizar un análisis sobre el orden de importancia a las necesidades tecnológicas en el marco del posicionamiento competitivo deseado para la empresa. Tal como se muestra en dicha figura, se procedió a identificar las fuentes de importancia operacional (estratégica y económica), estableciendo los beneficios de asimilar cada necesidad tecnológica resultante. Lo anterior trajo como consecuencia la definición, en términos de las plataformas consideradas en el estudio anterior, la posición que cada proyecto ocupa para proporcionar un orden jerárquico, útil a la toma de decisiones referentes a la estrategia tecnológica.

Figura 5.1



5.3.1. CLASIFICACIÓN POR GRUPO DE METODOLOGÍAS

Para la construcción de una clasificación por grupo de tecnologías, se identificaron 92 necesidades tecnológicas (Ver Anexo 1) que se clasificaron por diferentes segmentos o "Clusters", según el esquema siguiente (figura 5.2):



Inicialmente se identificaron las necesidades tecnológicas o proyectos, es decir un total de 92, de las diferentes áreas de trabajo y de los diferentes grupos de expertos. Analizando cada uno de ellos, se eliminaron los que representaban un mismo esfuerzo o que eran sensiblemente idénticos, dando como resultado final 60 proyectos definidos.

Inmediatamente después se agruparon las necesidades tecnológicas en 15 agrupamientos ("clusters") primarios, considerando su importancia relativa.

Tabla 5.1

<u>PRIORIDAD</u>	<u>AGRUPAMIENTO TECNOLÓGICO</u>
1	E Proceso de Materia Prima
2	F Medición y control
3	B Optimización de Unidades de Proceso
4	G Tecnología Catalítica
5	J Tecnología Ambiental
6	D Optimización de Plantas
7	A Optimización del Sistema de la Empresa
8	K Administración de la Información
9	H Distribución
10	N Higiene y Seguridad
11	C Optimización de Hidrocarburos
12	O Combustibles Alternos
13	I Transportación Marina
14	L Especialidades y Sub-productos
15	M Área Comercial

La metodología seguida utilizó una matriz de incidencias sobre los proyectos que ya habían sido agrupados en las 15 plataformas, la cual se muestra en el Anexo 1.

En dicha matriz, los renglones representan a las 92 necesidades tecnológicas detectadas y las columnas representan las 15 grandes agrupaciones de tecnologías o áreas de aplicación, en esta matriz, una entrada de 1 en una celda, indica que el proyecto (renglón) soporta la tecnología o área de aplicación (columna). Una entrada de 0 en una celda indica que el proyecto no soporta la tecnología o área de aplicación. (Ver apartado 3.4.1 en el capítulo III)

Con ello se determinó que existían dentro de estos 15 "clusters" primarios, ocho plataformas de importancia relevante y siete "clusters" secundarios, cuya descripción se proporciona enseguida:

Plataformas tecnológicas de importancia relevante que impactan significativamente en las operaciones de la empresa y que poseen una mayor orientación estratégica:

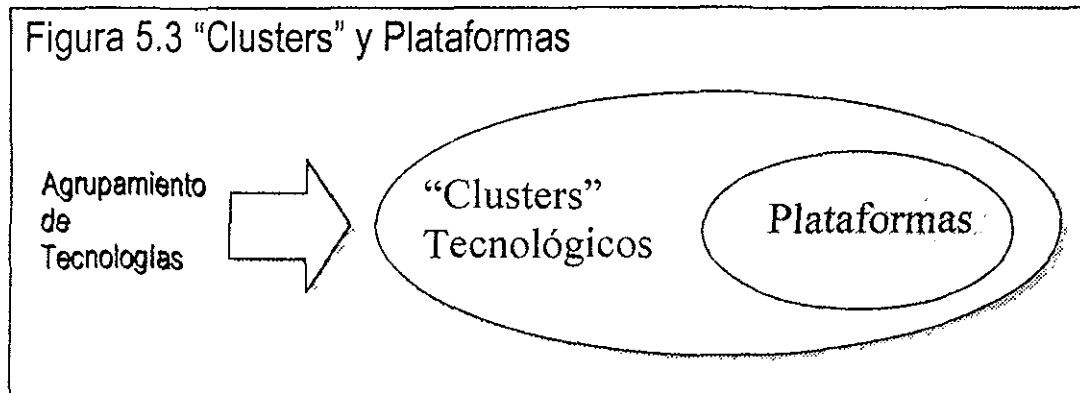
1	Proceso de Materia Prima
2	Medición y Control
3	Optimización de Unidades de Proceso
4	Tecnología Catalítica
5	Tecnología Ambiental
6	Optimización de Plantas
7	Optimización del Sistema de la empresa
8	Administración de la Información

"Clusters" secundarios:

Distribución
Optimización de Materia Prima
Seguridad e Higiene
Productos Alternos
Transportación
Especialidades y Subproductos
Area Comercial

Una plataforma se define como un agrupamiento de tecnologías que proporcionan un enfoque estratégico, soportadas directamente por el Plan Corporativo del Organismo que conducen al alcance de ventajas competitivas. Las implicaciones de las plataformas resultan en el enfoque a la asignación de recursos y representan el volumen del total de proyectos en áreas de plataforma.

En la figura 5.3 se puede apreciar la relación entre los "clusters" y las plataformas tecnológicas.



Tomando como base las ocho plataformas anteriores y alimentando las estrategias corporativas de la empresa se seleccionaron 5 de ellas tomando como criterio su importancia estratégica, mediante la interpretación de la matriz de incidencia (Anexo 1), eliminando del ejercicio de jerarquización las tres restantes, cada una por razones particulares. Las plataformas eliminadas fueron las siguientes:

MEDICIÓN Y CONTROL

La plataforma de medición y control tiene la finalidad de mejorar el esquema de proceso y satisfacer la demanda en calidad y volumen de los productos por lo que se continuará con los programas de modernización relacionados con la sistematización y automatización (controles distribuidos y avanzados) de las áreas de servicios auxiliares, plantas de proceso, terminales de almacenamiento y distribución así como concluir la instalación de los sistemas de captura automatizada de datos en ductos y en medición frontera en Plantas, Ductos y Terminales. Los proyectos agrupados en esta plataforma son:

	Proyectos
F1	Modernización de sistemas de medición integrados en Plantas
F2	Implantación de sistemas de control distribuido y sistemas de control avanzado.

Es evidente que cualquiera que sea la estrategia básica elegida por la empresa, los nuevos sistemas de control y medición deberán formar parte integral de los equipos que se adquieran, modernicen o adapten. Por esta razón, no se puede otorgar un orden jerárquico a esta plataforma, sino que se deberá considerar en todos los modelos como una constante y como una necesidad primordial.

TECNOLOGÍA AMBIENTAL ⁽⁴⁷⁾

Al identificar los avances y rezagos de la legislación ambiental en México ante el deterioro del entorno ecológico, como resultado de los procesos económicos, es necesario admitir que dentro de la cartera de proyectos tecnológicos de la empresa, estos proyectos son absolutamente prioritarios, razón por la cual no pueden competir con el resto de los proyectos que habrán de analizarse en el portafolio de actividades.

Hacer compatibles desarrollo industrial y protección ambiental, como lo marca el Artículo 25 Constitucional y del Artículo 27, es una tarea que debió emprenderse hace tiempo, mediante una planeación y programación de la industrialización de largo plazo. En el futuro, hacer compatibles ambos requerimientos, será esencial para resolver los problemas del equilibrio ecológico de cualquier corporación. Por esta razón, la empresa ha adoptado diferentes acciones para reducir la contaminación de agua, aire y suelo. Respecto de los proyectos que tiene contemplados para no contaminar con desechos por sus actividades industriales, existen ya dentro de su planeación estratégica, varios proyectos en vías de implantación. Así, desde el punto de vista de la oferta de energéticos, los proyectos ambientales han sido ya considerados ampliamente. Seguramente la única pregunta que la empresa deberá hacerse, es si estos proyectos serán soportados por tecnologías de punta, no obsoletas y amenazadas, por así decirlo por otros países que le imponen ciertas normas. El Artículo 73, fracción XXIX-G, proporciona las facultades necesarias, aunque no suficientes, para preservar y restaurar el equilibrio ecológico. Todavía en nuestra Carta Magna, el artículo cuarto constitucional expresa claramente que toda persona tiene derecho a la protección a la salud, aunque el reglamento de la Ley definirá las bases para su acceso. La evolución del Derecho ambiental, ha tenido diferentes etapas, aunque en la última, México ha adoptado las declaraciones de la Conferencia de las Naciones Unidas de Estocolmo, en donde desarrollo y ambiente es "ecodesarrollo sustentable". La legislación contempla ya, la incorporación de delitos ambientales. Así, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, está compuesta por conceptos claros sobre biodiversidad, aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, protección al ambiente, participación social e información ambiental y, medidas de control, seguridad y sanciones. Todo esto, justifica el hecho de no haber incluido una plataforma de "Tecnología Ambiental" y no considerar en competencia los proyectos que le son asociados.

OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE LA EMPRESA

En la plataforma de Optimización del Sistema de la Empresa, también se deberán concluir los proyectos estratégicos y operacionales en ejecución, respetando los recursos asignados a éstos, con el fin de garantizar su terminación.

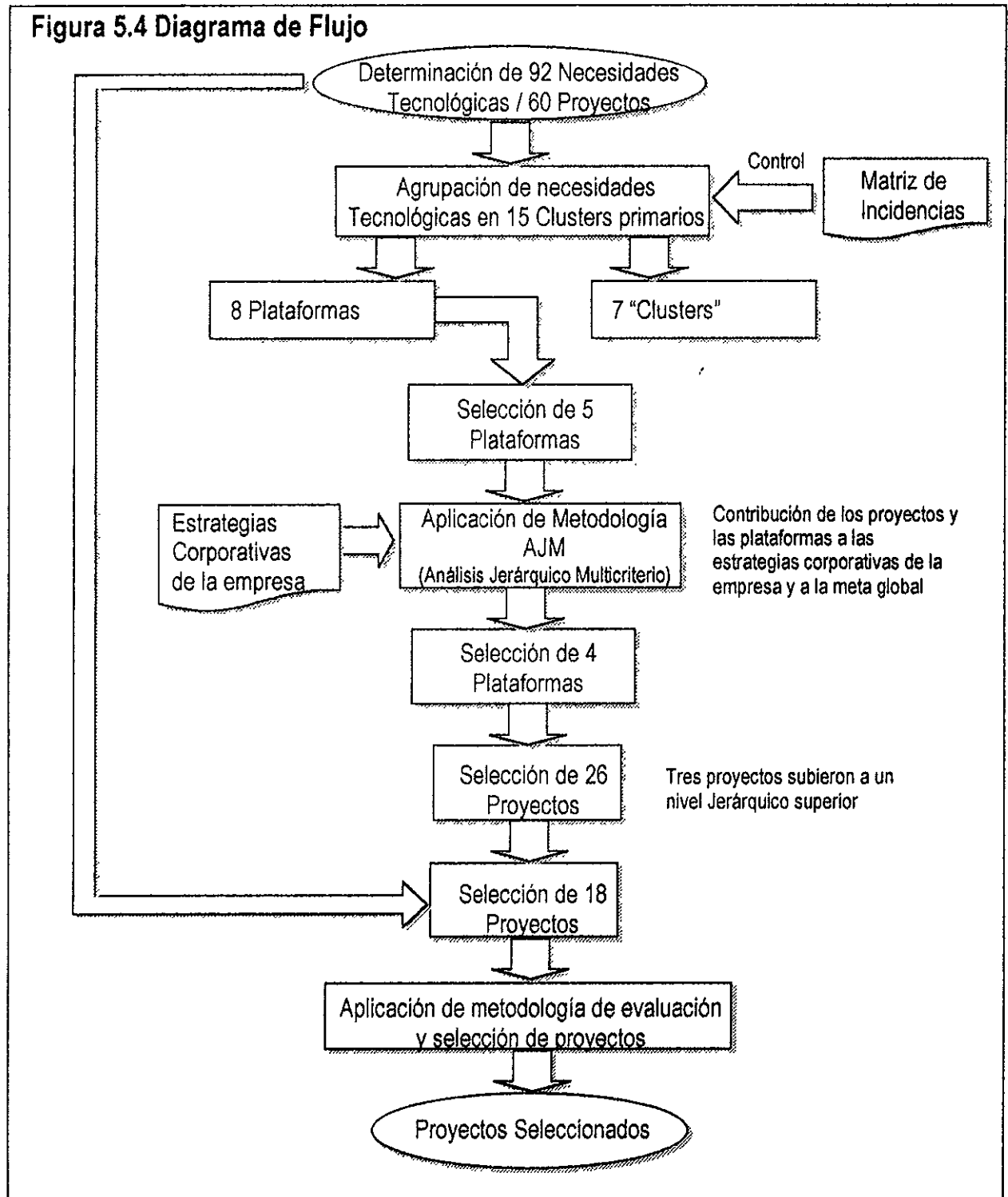
	Proyectos
A1	Optimización global del Sistema de Plantas.
A2	Optimización global de operaciones de distribución.
A3	Optimización global de operaciones a fines al área comercial.

Una vez establecido lo anterior, las plataformas a priorizar quedaron como sigue:

PROCESO DE MATERIA PRIMA
OPTIMIZACIÓN DE UNIDADES DE PROCESO
TECNOLOGÍA CATALÍTICA
OPTIMIZACIÓN DE PLANTAS
ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN

5.3.2. ETAPAS DEL EJERCICIO

En el diagrama de flujo que se presenta a en la figura 5.4, se puede observar la selección de 92 necesidades tecnológicas y la identificación de 60 proyectos.



A continuación se detallan y definen claramente las 15 plataformas originalmente consideradas.

Plataformas	Nomenclatura	Grupo de proyectos que contiene	Definición
Proceso de Carga	PC	E	Aprovechar la carga y la capacidad de producción para proporcionarle un mayor valor agregado, incrementando la capacidad de proceso en plantas, para obtener productos destinados a satisfacer la demanda nacional, con la calidad requerida, de acuerdo al Plan de Negocios.
Medición y Control	MC	F	Modernizar los sistemas de automatización y control de plantas, terminales de Almacenamiento y de Distribución.
Optimización de Unidades de Proceso	OUP	B	Mejorar las Unidades de Operación, para reducir costos de operación y aumentar rendimientos.
Tecnología Catalítica	TC	G	Proporcionar servicios técnicos catalíticos de alto nivel, incluyendo su evaluación y desarrollo para los diferentes procesos de las plantas con el fin de incrementar la producción y asegurar el cumplimiento de las normas ecológicas
Tecnología Ambiental	TA	J	Actualizar e implantar tecnologías para cumplir con las normas ambientales, previniendo, controlando y reduciendo los contaminantes hasta alcanzar estándares internacionales.
Optimización de Plantas	OP	D	Mejorar el comportamiento de unidades y equipo para aumentar rendimientos y optimizar las mezclas de carga a plantas. Alcanzar los niveles internacionales en el índice de intensidad energética, optimizar el suministro de servicios auxiliares, mejorar el control de calidad e implementar sistemas de mantenimiento correctivo y preventivo.
Optimización del Sistema de la Empresa	OSP	A	Optimizar integralmente las operaciones de la empresa y de la red de comercialización
Sistemas de Información	SI	K	Desarrollar un sistema de información para soportar las principales necesidades tecnológicas de la empresa, incluyendo los programas de mantenimiento, resultados de operación y de inventarios a nivel nacional.
Distribución	DT	H	Desarrollar tecnologías para inhibir la corrosión de las redes de distribución así como sistemas para la protección interna de los principales agentes corrosivos. Desarrollar nuevos medidores de flujo y utilizar la telemedición para la protección catódica.

Seguridad e Higiene	SH	N	Implantar tecnología actualizada para eliminar riesgos
Optimización de la Carga	OC	C	Optimización del mezclado en línea de productos para producir con la calidad requerida.
Productos Alternos	PA	O	Evaluar tecnologías alternativas para la producción de nuevos productos o tecnologías de punta, asimilándolas selectivamente.
Transportación Marina	TM	I	Desarrollar sistemas para la calibración de tuberías submarinas a monoboyas y de sistemas de medición para equipo flotante o submarino. Desarrollar protección anticorrosiva de casco de buque-tanques.
Especialidades y Subproductos	ES	L	Desarrollar la producción de asfalto de alta calidad. Mejorar la producción de lubricantes. Integrar tecnologías para generar olefinas a partir de corrientes de gas de bajo valor comercial.
Area Comercial	AC	M	Automatización de las terminales de Almacenamiento y Distribución.

5.3.3 VALOR ESTRATÉGICO

El valor estratégico de los proyectos surgidos de las necesidades tecnológicas, sus principales plataformas y sus clusters secundarios en el marco de la misión y objetivos de la empresa, tienen por objeto seleccionarlos y jerarquizarlos mediante diversos atributos que pueden arrojar beneficios puramente económicos (Relación Beneficio/Costo, Divisas Ahorradas-Generadas), después, beneficios de índole tecnológico para mejorar su capacidad de I&DT (Coherencia Tecnológica, Repercusión en la Infraestructura de I&DT), y para aumentar su Productividad, su Importancia Estratégica y su Probabilidad de Éxito.

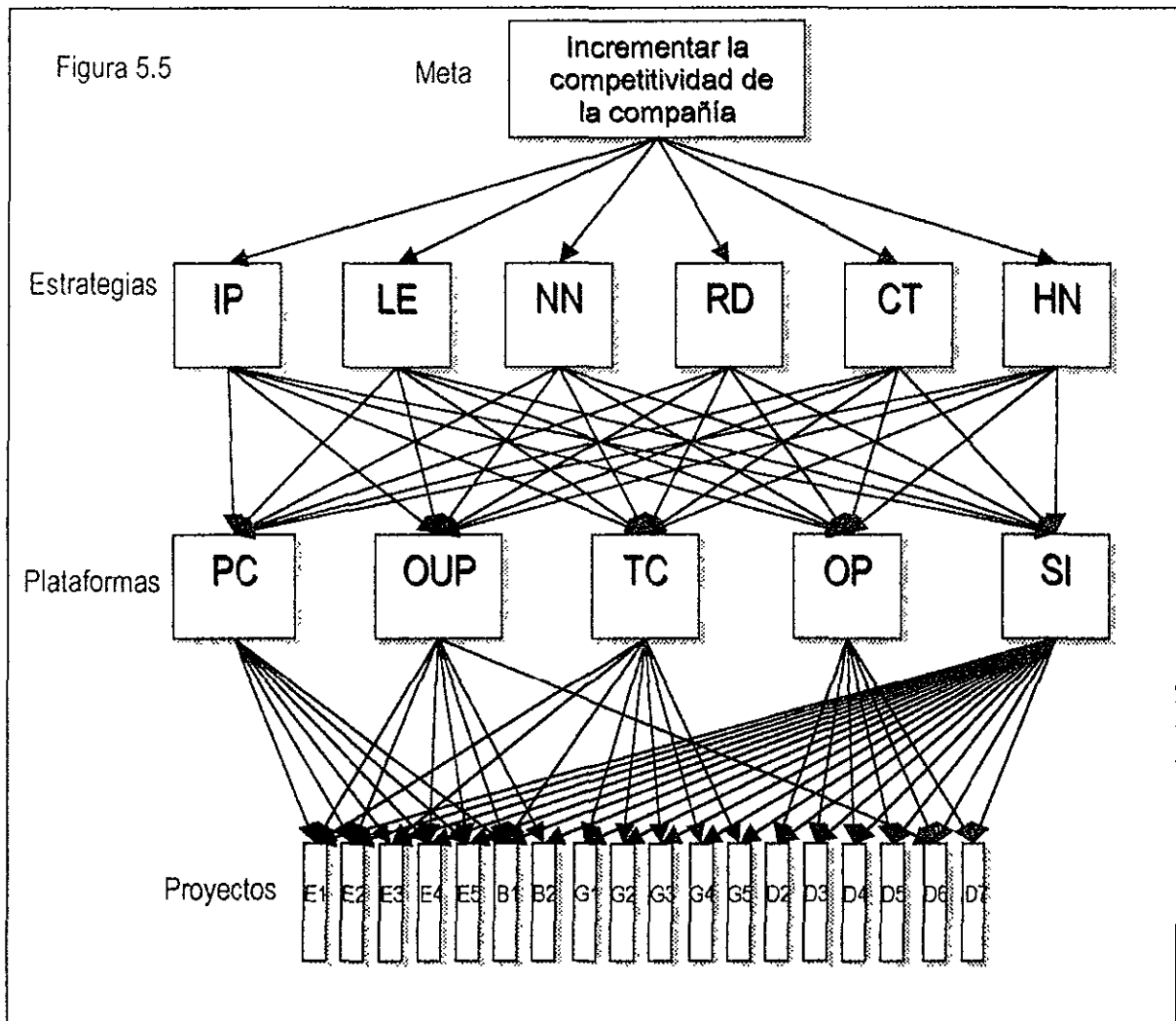
Las estrategias se definen en la tabla siguiente (Tabla 5.2):

Tabla 5.2.

Estrategia	Nomenclatura	Definición
Mejorar la imagen pública de la empresa a nivel nacional	IP	Mejorar el impacto de la Imagen de la compañía como una empresa competitiva ante la comunidad internacional y empresarial así como ante toda la sociedad mexicana
Cumplir con la legislación específica en cierta área de las operaciones de la empresa	LE	Asegurar el cumplimiento cabal de las legislaciones ambiental, fiscal y laboral.
Proveer a la empresa con nuevas opciones de negocios acordes a su planeación estratégica.	NN	Son aquellas opciones de nuevos negocios asociados a los proyectos de investigación respectivos que no están incluidos convencionalmente en la estrategia de negocios de la empresa
Reducir la dependencia en proveedores de tecnología	RD	Representa la intención de reducir la dependencia de contratistas/consultores que la empresa utiliza de manera frecuente para la realización de sus actividades mediante el entrenamiento y preparación de su personal.
Establecer la credibilidad técnica, mejorar la calidad y servicio de la empresa en la industria internacional	CT	Es la resultante del mejor posicionamiento de la compañía dentro de la industria internacional, incluyendo la presentación y publicación de artículos técnicos de alta calidad en foros internacionales hasta el reconocimiento de la compañía como líder internacional en áreas especializadas.
Proveer habilidades y/o tecnología necesaria para soportar otras actividades de I&D o de soporte técnico para la empresa	HN	Es la resultante del mejoramiento de la capacidad en actividades de I&D o de soporte técnico en las áreas de mayor importancia para la empresa.

5.3.4. ANÁLISIS JERÁRQUICO MULTICRITERIO

Para conocer la contribución de los proyectos y las plataformas a las estrategias corporativas de la empresa y consecuentemente a la meta global de la compañía, se utilizó la metodología conocida con el nombre de "Análisis Jerárquico Multicriterio". (Ver figura 5.5). Las estrategias y sus correspondientes proyectos fueron comparados y se pudo observar que aquellos que correspondían a la Administración de Sistemas de Información, tenían participación activa en la implantación de los demás, y que en ellos convergía una parte de los recursos que deberán destinarse a la implantación de cualquier acción estratégica. Por ello, se consideró, como en el caso de los proyectos de Medición y Control, que no era posible hacer una comparación adecuada entre estos proyectos relativos a los sistemas de información y todos los demás, de operatividad mucho más definida. Así, elevando los Sistemas de Información a nivel de plataforma estratégica, se analizaron 21 proyectos que se detallan en la tabla 5.3



Así, los 26 proyectos fueron comparados con las 92 necesidades tecnológicas antes descritas de tal manera de evaluar, seleccionar y jerarquizar 18 proyectos mediante un minucioso análisis del contenido de cada proyecto que permitió detectar grandes similitudes entre algunos de ellos.

Tabla 5 3.

PROYECTOS ANALIZADOS (18)

1	E1	Utilizar y Optimizar unidades para procesamiento de materia prima
2	E2	Evitar cuellos de botella en las cargas de materia prima
3	E3	Manejo específico de materia prima con características específicas
4	E4	Estimar la factibilidad para aplicar nuevas tecnologías para el procesamiento de crudos pesados
5	E5	Hidroprocesamiento de materia prima con características específicas.
6	B1	Optimización de unidades
7	B2	Capacitación en operaciones
8	G1	Servicios técnicos en catalizadores
9	G2	Evaluación de catalizadores
10	G3	Desarrollo de catalizadores
11	G4	Reciclado de desechos de catálisis
12	G5	Tecnología catalítica ecológica
13	D2	Uso eficiente de la energía
14	D3	Mejorar el mantenimiento correctivo y preventivo
15	D4	Administración de servicios auxiliares
16	D5	Mejora del control de calidad y laboratorios
17	D6	Simulación de Plantas
18	D7	Disminuir los costos de operación de las Plantas
19	K1	Desarrollar sistemas de información tecnológica
20	K2	Desarrollar sistemas de información de operaciones
21	K3	Desarrollar sistemas de información del mantenimiento

5.3.5. SELECCIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE LOS PROYECTOS

Para la etapa de selección y jerarquización de los 18 proyectos se utilizó el método ELECTRA II. Este método no-compensatorio se estructuró a través de 7 atributos. En esta etapa y en términos de la selección de los 7 atributos, se estudió diferentes enfoques a partir de recopilaciones bibliográficas. De los atributos que más se apegaron al objetivo de nuestro ejercicio, se analizaron a fondo los informados por tres grupos de investigación que se muestran en la bibliografía.^(48,49,50)

La mayor parte de ellos se encuentran englobados en:

- ◆ Criterios Corporativos, donde la estrategia corporativa es uno de sus más importantes atributos, utilizando medidas o calificaciones respecto de la consistencia con el plan estratégico (o importancia estratégica), así como de la consistencia con la imagen de la organización y de su actitud frente al riesgo.
- ◆ Criterios de Mercado, donde se utilizan atributos tales como el incremento de la posición competitiva, el valor comercial o grado de comercialización y su probabilidad de éxito.
- ◆ Criterios Financieros y Económicos, cuyos atributos engloban o detallan a través del monto de las inversiones, los beneficios potenciales, las divisas ahorradas o generadas, el valor agregado, o simplemente el impacto económico en la empresa.
- ◆ Criterios de I&D para los que se utilizan atributos relacionados con la posición tecnológica de la empresa, la disponibilidad de la tecnología, el grado de innovación para lograr ventajas competitivas, la probabilidad de éxito técnico, el tiempo de desarrollo del proyecto, la disponibilidad de los recursos, el efecto sobre otros proyectos en términos de su repercusión sobre la infraestructura de I&DT, o de una manera más global, la consistencia con la estrategia tecnológica de la organización, medida como la incidencia tecnológica. Otros atributos abarcan también a los anteriores, por ejemplo, la posición tecnológica o la disponibilidad de la tecnología.
- ◆ Criterios de Producción, dentro de éstos se incluye, compatibilidad con los procesos de operación actuales, el impacto ecológico y la productividad

En el caso de esta investigación, consideramos los siguientes siete atributos:

- 1.- Relación Beneficio/Costo
- 2.- Divisas Ahorradas y/o Generadas
- 3.- Coherencia Tecnológica
- 4.- Productividad
- 5.- Importancia Estratégica
- 6.- Repercusión en la Infraestructura de I&DT
- 7.- Probabilidad de éxito técnico con respecto a la importancia económica.

5.3.6. DESCRIPCIÓN DE LOS ATRIBUTOS

La relación Beneficio/Costo.

Comprende a los criterios financieros y económicos y considerando la importancia que se le otorga a la factibilidad económica de proyecto de inversión en las iniciativas estratégicas de la empresa, concluimos que este atributo debería incluirse en la cartera de proyectos.

La relación beneficio/costo se midió tomando información de inversiones y beneficios potenciales de los proyectos que fueron integrados por la empresa consultora. Sin embargo, en muchos casos el cálculo de esta relación implicó consultas bibliográficas⁽⁵¹⁾. Cuando las inversiones eran de largo plazo utilizamos la anualización de éstas tomando en cuenta su vida útil y una tasa de interés equivalente a la Libor de septiembre de 1998.

Divisas ahorradas y/o generadas.

Es también un atributo clasificado dentro de los criterios económico-financieros. Este atributo se incluyó principalmente en razón de las importaciones que podrían sustituirse en un plazo mediano.

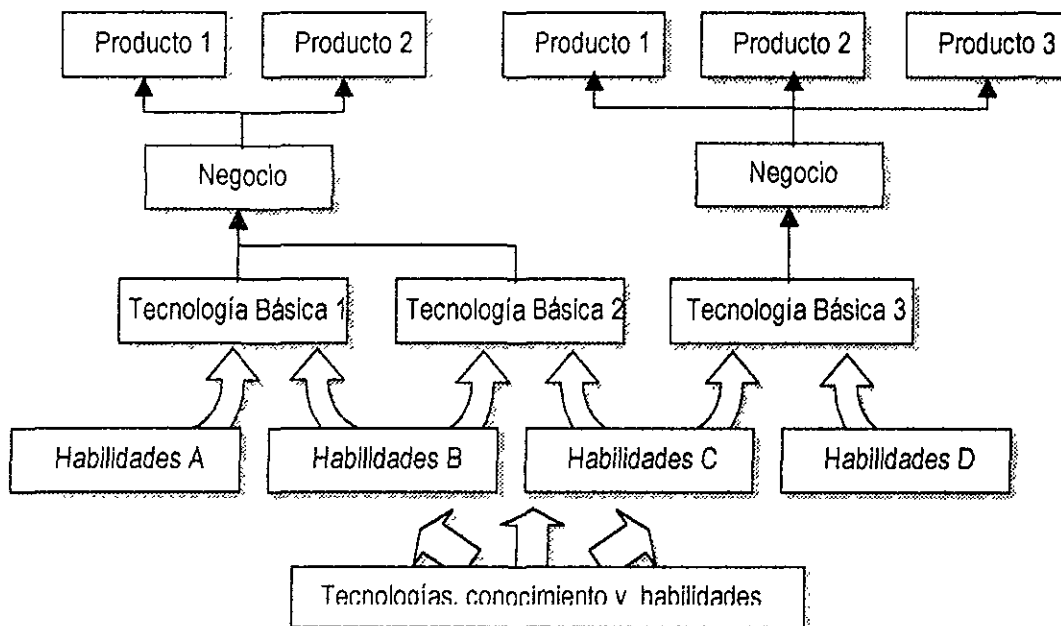
Coherencia Tecnológica.

Este atributo pertenece a los criterios de I&DT. La coherencia tecnológica permitirá a la empresa aprovechar íntegramente la asimilación de las nuevas tecnologías, derramando además el conocimiento obtenido vía I&DT de una de las plataformas tecnológicas a todas las demás, por medio de la evolución en la curva de aprendizaje, de la incorporación de nuevas habilidades, y de la adaptación de equipos modificados a las líneas tecnológicas usuales.

En este caso, la coherencia tecnológica se calificó considerando la repercusión que cada uno de los proyectos identificados podía tener en la curva de aprendizaje tecnológico de todas las plantas.

Así, la capacitación y las habilidades, contempladas en una de las estrategias corporativas, definieron la gran relevancia de proyectos que las contemplan, así como las posibilidades de aprovechamiento máximo que supone un alto contenido tecnológico. Por otra parte, los proyectos que no permiten la evolución del desarrollo tecnológico endógeno, calificaron más bajo, porque los recursos que requerían para elevar este contenido tecnológico, serían de menor utilidad en el mediano plazo. (Ver figura 5.6)⁽⁵²⁾

Figura 5.6. La competitividad centrada en la firma.



Fuente: Adaptado de Prahalad and Hamel, (1990)

Productividad.

Este atributo forma el subconjunto perteneciente a los criterios de producción. Para calificar este atributo consideramos importante la reducción de costos como una medida indirecta del incremento en productividad y los proyectos en donde se involucran las medidas de ahorro y uso eficiente de energía, incluida la mejor administración de los servicios auxiliares. La calificación incidió asimismo sobre los proyectos de mejorar el mantenimiento preventivo y correctivo.

Importancia Estratégica.

Corresponde a los criterios de la estrategia corporativa. Para calificar a los proyectos respecto a este atributo, utilizamos los resultados del Método Jerárquico Multicriterio, descrito anteriormente.

Repercusión en la Infraestructura de I&DT.

Este atributo corresponde también a los agrupados en los de I&D.

Se consideró que el posicionamiento de cada proyecto en este atributo, dependería del aprovechamiento que hiciera de la infraestructura del Instituto destinado a la investigación en la Industria de los Energéticos.

Así, se calificó el número de proyectos de investigación específicos que engloba cada uno de los identificados, dando una correlación directa entre éste y la calificación otorgada al proyecto para este atributo.

Probabilidad de éxito técnico respecto a la importancia económica.

Este atributo está relacionado con dos criterios: los de I&DT y los económico-financieros. Para calificar a los proyectos respecto de este atributo se tomó la información proporcionada por la empresa consultora.

Todos los proyectos se calificaron de acuerdo a una escala del 1 al 10, donde 10 es la mejor de las calificaciones que un proyecto puede obtener respecto de 1 de los 7 atributos. Sin embargo, contrariamente a lo sugerido por TWISS⁽⁴⁹⁾, las calificaciones no se otorgaron en forma subjetiva sino que fueron minuciosamente concertadas a partir de cifras y datos reales de acuerdo a lo descrito anteriormente.

Las calificaciones de cada proyecto para cada atributo se muestran en la tabla 5.4.

TABLA 5.4

		RELACIÓN BEN/COST	DIVISAS AHORR/ GEN.	COHEREN. TECNOL.	PRODUC- TIVIDAD	IMPORT. ÉSTRAT.	REPERC. INFRAEST. DE IDT	PROBAB. DE ÉXITO
PC	E1	2	9	9	8	7	1	6
PC	E2	1	6	7	6	7	4	6
PC	E3	6	9	10	3	10	9	6
PC	E4	2	2	10	2	4	8	7
PC	E5	8	7	8	3	6	2	6
OUP	B1	5	4	7	7	9	3	10
OUP	B2	10	2	9	7	4	1	10
TC	G1	3	1	7	5	3	5	10
TC	G2	6	1	5	3	4	8	10
TC	G3	5	4	6	2	2	10	4
TC	G4	2	3	8	6	3	5	2
TC	G5	1	2	9	4	3	6	2
OP	D2	6	6	9	9	6	1	6
OP	D3	1	4	5	7	1	2	4
OP	D4	8	4	4	8	1	1	7
OP	D5	5	1	6	6	3	1	10
OP	D6	3	4	7	4	6	2	4
OP	D7	1	3	3	5	1	1	4

Ponderación de los atributos.

La ponderación de los atributos influye principalmente en el Índice de Concordancia. Por esta razón estas ponderaciones se concertaron en talleres de argumentación y análisis, con el fin de armonizar dicha ponderación con el enfoque convergente en la estrategia corporativa.

A este respecto se realizaron tres series de cálculos diferentes, con el fin de demostrar tanto la estabilidad como la robustez de la solución. Las ponderaciones correspondientes a las tres series de cálculos son las siguientes:

- ◆ Serie A: El énfasis mayor en las ponderaciones se otorgó a la relación Beneficio/Costo, ya que se infirió que las utilidades obtenidas de cualquier proyecto permiten realizar inversiones sustanciosas en proyectos de importancia estratégica y coherentemente tecnológicas. Es evidente, que el ciclo del flujo del capital deberá pasar inmediatamente a nuevos proyectos con alta posibilidad de éxito técnico que, apoyados por la investigación básica, den como resultado, más distante en el tiempo, proyectos que incidan en el ahorro de divisas y en la productividad de la empresa.
- ◆ Serie B: El énfasis mayor se otorgó tomando en cuenta el enfoque general del proyecto de investigación, es decir, la generación de estrategias que permitan mejorar la competitividad tecnológica de la empresa. Por ello, el atributo de importancia estratégica recibe la mayor ponderación, seguido por los atributos de coherencia tecnológica y relación Beneficio/costo, puesto que las decisiones que se tomen en éstos dos últimos, quedan condicionados a la consistencia con los objetivos estratégicos. A mediano y largo plazos, la estrategia deberá considerar la repercusión que estas etapas emprendidas en el corto plazo, tengan sobre la infraestructura de I&DT, emprendiéndose prioritariamente aquellos que presentan mayor probabilidad de éxito técnico. Por lo anterior las divisas ahorradas y la productividad serán resultantes de las decisiones anteriores.
- ◆ Serie C: Algunos de los proyectos incluidos en las plataformas se clasificaron considerando la probabilidad de éxito técnico con respecto a la importancia económica que representaban. Con esta premisa, se realizaron cálculos considerando a este atributo como el de mayor importancia, estrechamente vinculado con la relación beneficio/costo, al cual se le otorgó una importancia ligeramente inferior. Las utilidades que así se obtuvieran, permitirían el desarrollo de proyectos cuya importancia estratégica se perfilara en el mediano o largo plazo, implicando con ello la coherencia tecnológica asociada. La posición de "Fast Follower" asignada a la empresa, resta importancia, con respecto a las ponderaciones anteriores, a la infraestructura de I&DT por considerar que estas actividades se limitarán a la asimilación de nuevas tecnologías. Siendo la productividad importante en este escenario no requiere, sin embargo, de inversiones que no concuerden cabalmente con los atributos anteriores, ni se considera que el ahorro de divisas forme parte de los objetivos de la empresa en el corto plazo.

Debe observarse que en las tres series de cálculos la suma de las ponderaciones es igual a 20. En la tabla siguiente se resumen las ponderaciones para cada atributo en las tres series ejecutadas.

Series	A	B	C
Atributo:			
Relación Beneficio/Costo	5	4	4
Divisas ahorradas y/o generadas	1	1	1
Coherencia Tecnológica	4	4	3
Productividad	1	1	2
Importancia estratégica	4	5	3
Repercusión en la Infraestructura de I&DT	2	3	2
Probabilidad de éxito técnico respecto a su importancia económica	3	2	5

5.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo a lo expresado anteriormente, la matriz de incidencias (Ver Anexo 1) fue calculada para poder establecer las plataformas primarias de las que el grupo de investigación partió para poder llevar a cabo los diferentes análisis multicriterio. La matriz de incidencias, como ya se ha comentado anteriormente, arrojó 15 plataformas cuya clasificación en términos de las necesidades tecnológicas, fue la siguiente:

1. Proceso de Materia Prima
2. Medición y control
3. Optimización de Unidades de Proceso
4. Tecnología Catalítica
5. Tecnología Ambiental
6. Optimización de Plantas
7. Optimización del Sistema de la Empresa
8. Administración de la Información
9. Distribución
10. Higiene y Seguridad
11. Optimización de Hidrocarburos
12. Combustibles Alternos
13. Transportación Marina
14. Especialidades y Sub-productos
15. Área Comercial

Por las razones descritas anteriormente, las plataformas que serán analizadas con los métodos multicriterio son 5, siendo las siguientes:

1. Proceso de Materia Prima
2. Optimización de Unidades de Proceso
3. Tecnología Catalítica
4. Optimización de Plantas
5. Optimización del Sistema de la Empresa

5.4.1. Análisis Jerárquico Multicriterio

El Análisis Jerárquico Multicriterio mostró los siguientes resultados, de acuerdo a las premisas explicadas en el capítulo anterior. Cabe mencionar que los cálculos detallados se encuentran en la memoria correspondiente, consignada al final del capítulo.

Las contribuciones respecto a la meta del primer nivel "Incrementar la competitividad tecnológica de la compañía", fueron los siguientes:

	SIGLAS	PLATAFORMAS	CONTRIBUCIÓN (%)
1	PMP	Procesamiento de Materia Prima	25.87 %
2	TC	Tecnología Catalítica	20.97 %
3	OUP	Optimización de Unidades de Proceso	19.39 %
4	OP	Optimización de Plantas	18.07 %
5	SI	Sistemas de Información	15.8 %

Puede observarse que los resultados arrojan el orden de importancia de cada una de las cinco plataformas. La que contribuye más a la competitividad tecnológica de la empresa es el Procesamiento de Materia Prima que a su vez incluye los proyectos identificados como E1 a E5. En seguida, las tecnologías catalíticas, G1 a G5. Posteriormente la Optimización de Unidades de Proceso, B1 y B2, después la Optimización de Plantas, D2 a D7, y por último los Sistemas de Información, K1 a K3.

Dado que los Sistemas de Información influyen en forma significativa en las primeras cuatro plataformas, su contribución fue prorrateada en ellas mediante el cálculo de los proyectos de cada una que corresponden a Sistemas de Información, por lo que la contribución final obtenida por medio del Análisis Jerárquico Multicriterio fue la siguiente:

	SIGLAS	PLATAFORMAS	CONTRIBUCIÓN
1	PMP	Procesamiento de Materia Prima	30.4 %
2	TC	Tecnología Catalítica	25.4 %
4	OP	Optimización de Plantas	23.3 %
3	OUP	Optimización de Unidades de Proceso	20.9 %

Se observa que se invierte el orden en dos de las plataformas: OUP pasa al cuarto lugar, en tanto que OP se coloca en tercero. La explicación es el número de proyectos de Sistemas de Información que engloba cada una de ellas. Al considerar la contribución de cada plataforma a la competitividad tecnológica de la empresa, es obvio que, a mayor número de proyectos corresponderá mayor contribución. Sin embargo el cálculo anterior ha permitido calificar cada uno de los proyectos, dándoles su verdadero valor con respecto al primer nivel, lo que hace que los Sistemas de Información sean considerados en su justa apreciación con respecto al total.

Analizando más detalladamente los proyectos, de cada una de las plataformas priorizadas, podemos notar que dentro de la denominada Procesamiento de Materia Prima (PMP), los proyectos que se le asocian tales como Utilizar y Optimizar unidades para procesamiento de materia prima, evitar cuellos de botella en las cargas de proceso, pero principalmente el que corresponde al manejo específico de materia prima con características específicas y a la estimación de la factibilidad para aplicar nuevas tecnologías en el procesamiento de materia prima, aumenta no sólo la competitividad de la empresa, sino que desarrollan una estrategia de diferenciación respecto a las compañías mundiales que compiten en la misma industria, además de proporcionar un mayor valor agregado al producto que ofrece la empresa.

Por otra parte, el segundo lugar en prioridad lo ocupa la plataforma de Tecnologías Catalíticas la que tiene un efecto sinérgico sobre el resto de las plataformas, conteniendo el mayor componente de Investigación y Desarrollo Tecnológico, lo cual representa claramente un incremento en la competitividad tecnológica de la empresa

El tercer lugar está dado a la plataforma "Optimización de Plantas", donde dos de los proyectos más importantes siguen la estrategia de *dominación por los costos* al promover un uso eficiente de la energía y en general de los servicios auxiliares, así como en la mejora del mantenimiento preventivo y correctivo.

5.4.2. ELECTRA II

Con los antecedentes obtenidos en el método anterior, se procedió a realizar el cálculo de acuerdo a la metodología de Electra II, como se describió al inicio del capítulo.

Recordemos que el Método Electra II no está viciado con la clasificación dada por las plataformas como fue el caso del Análisis Jerárquico Multicriterio, sino que otorga a cada proyecto la ventaja de ser comparado independientemente de los demás, analizando los proyectos a través de los índices de concordancia y de discordancia, y de sus respectivos umbrales, al ser clasificados respecto a los 7 atributos ya descritos. Por ello, la priorización de los proyectos debe llevar a su selección óptima, una vez que sea conocido el presupuesto global que se asignaría a toda la cartera de proyectos.

Los resultados de las tres series de cálculos demostraron que los proyectos identificados como E1 á E5 estaban entre los de mayor jerarquía, ya que tenían las mejores calificaciones para cada atributo y respondían favorablemente a las ponderaciones dadas. Además, se observó que la mayor parte de los proyectos de Optimización de Unidades de Proceso ocupaban, en el orden de prioridades los siguientes mejores. Al final de la escala, se identificó siempre el mismo proyecto D7.

Dada la robustez de la solución, se aprecia que el primero y el último lugar están siempre ocupados por los proyecto E3 y D7, respectivamente, en tanto que los siguientes lugares son consistentemente ocupados por los mismos proyectos, independientemente del valor de la ponderación de cada atributo. De la tabla 5.5, el Método Electra II caracteriza en dos grandes subconjuntos a los proyectos en términos de su dominación respecto de otros proyectos. Estos dos subconjuntos corresponden a las llamadas dominaciones “fuerte” y “débil” y para cada una de las series ejecutadas variando las ponderaciones, se puede observar fácilmente que los proyectos “E” representan entre el 40% y el 46% de las dominaciones fuertes, mientras que el grupo de los proyectos “B”, “G” y “D” representa entre el 18% y el 20% cada uno.

Proyectos	SERIE A				SERIE B				SERIE C			
	Fuerte	Débil	Total	Jerarq.	Fuerte	Débil	Total	Jerarq.	Fuerte	Débil	Total	Jerarq.
E1	4	3	7	6°	4	3	7	7°	5	1	6	8°
E2	4	1	5	9°	3	2	5	10°	4	0	4	11°
E3	13	0	13	1°	13	1	14	1°	9	4	13	1°
E4	3	2	5	10°	3	5	8	5°	3	2	5	9°
E5	5	3	8	5°	5	2	7	6°	4	3	7	5°
B1	8	1	9	3°	6	3	9	3°	7	3	10	2°
B2	6	3	9	4°	6	2	8	4°	7	2	9	3°
G1	4	2	6	8°	4	2	6	9°	6	0	6	7°
G2	3	4	7	7°	3	4	7	8°	4	3	7	5°
G3	1	0	1	16°	1	0	1	16°	1	3	4	13°
G4	3	1	4	12°	2	2	4	12°	2	1	3	14°
G5	1	2	3	14°	3	0	3	14°	0	3	3	16°
D2	5	6	11	2°	6	5	11	2°	5	4	9	4°
D3	1	0	1	16°	1	0	1	16°	1	1	2	17°
D4	2	0	2	15°	1	1	2	15°	2	1	3	14°
D5	2	3	5	11°	1	4	5	11°	1	4	5	10°
D6	2	2	4	13°	2	2	4	12°	2	2	4	12°

2° Nivel

Para poder determinar las matrices de comparación del segundo nivel se tomaron en cuenta el valor de las estrategias para cada proyecto. De esta forma, se sumaron los valores de cada proyecto (renglón) contenido en la plataforma en cuestión para cada estrategia (columna), la sumatoria final (Σ) se dividió entre el valor total (VT) dando como resultado los valores ponderados de la plataforma para cada estrategia que se muestran en el renglón señalado con la letra T. Cabe destacar que el valor de (VT) resulta de multiplicar el número de proyectos contenidos en la plataforma por el valor de 3, dado que 3 fue la máxima calificación posible para cada estrategia, resultando las matrices como se muestran a continuación:

TC	IP	LE	NN	RD	CT	HN
G1	0	1	0	1	0	2
G2	0	0	0	2	1	3
G3	0	1	0	1	1	1
G4	1	2	0	0	1	0
G5	2	2	0	1	1	1
Σ	3	6	0	5	4	7
T	0.2	0.4	0	0.333	0.267	0.467

VT= 15

No de proyectos que incluye TC = 5

Valor Total (VT) = No de proyectos * 3 = 5*3 = 15

OUP	IP	LE	NN	RD	CT	HN
B1	0	1	1	1	1	2
B2	0	1	0	1	0	1
Σ	0	2	1	2	1	3
T	0	0.333	0.167	0.333	0.167	0.5

VT= 6

No de proyectos que incluye OUP = 2

Valor Total (VT) = No de proyectos * 3 = 2*3 = 6

PMP	IP	LE	NN	RD	CT	HN
E1	0	1	1	1	1	2
E2	0	1	1	2	1	2
E3	0	1	1	1	2	2
E4	0	0	1	1	1	2
E5	0	1	1	1	1	2
Σ	0	4	5	6	6	10
T	0	0.267	0.333	0.4	0.4	0.667

VT= 15

No de proyectos que incluye PCP = 5

Valor Total (VT) = No de proyectos * 3 = 5*3 = 15

OP	IP	LE	NN	RD	CT	HN
D2	1	0	1	3	1	2
D3	1	0	0	1	0	0
D4	0	0	0	1	0	1
D5	0	0	0	1	0	3
D6	0	0	0	1	1	3
D7	0	0	0	0	1	0
Σ	2	0	1	7	3	9
T	0.111	0	0.056	0.389	0.167	0.5

VT= 18

No de proyectos que incluye OR = 6

Valor Total (VT) = No de proyectos * 3 = 6*3 = 18

SI	IP	LE	NN	RD	CT	HN
K1	0	1	1	1	0	2
K2	0	1	0	1	0	2
K3	0	0	0	0	0	1
Σ	0	2	1	2	0	5
T	0	0.222	0.111	0.222	0	0.556

VT= 9

No de proyectos que incluye SI = 3

Valor Total (VT) = No de proyectos * 3 = 3*3 = 9

Posteriormente los valores totales obtenidos en el renglón señalado con la letra T, se vaciaron en una nueva matriz que se muestra a continuación:

	IP	LE	NN	RD	CT	HN
PCP	0.0	0.3	0.3	0.4	0.4	0.7
OUP	0.0	0.3	0.2	0.3	0.2	0.5
TC	0.2	0.4	0.0	0.3	0.3	0.5
OR	0.1	0.0	0.1	0.4	0.2	0.5
SI	0.0	0.2	0.1	0.2	0.0	0.6

Con estos valores fue posible construir las matrices de comparación del segundo nivel y con ello los vectores de prioridad VP2, VP3, VP4, VP5, VP6 y VP7 los cuales resultaron de la siguiente manera:

IP	PCP	OUP	TC	OR	SI
PCP	1	0	0	0	0
OUP	0	1	0	0	0
TC	0	0	1	2	0
OR	0	0	0.5	1	0
SI	0	0	0	0	1
Σ	1	1	1.5	3	1

IP	PCP	OUP	TC	OR	SI	VP2
PCP	1	0	0	0	0	0.2
OUP	0	1	0	0	0	0.2
TC	0	0	0.667	0.667	0	0.267
OR	0	0	0.333	0.333	0	0.133
SI	0	0	0	0	1	0.2
					Σ	1

LE	PCP	OUP	TC	OR	SI
PCP	1	1	0.75	0	1.5
OUP	1	1	0.75	0	1.5
TC	1.333	1.333	1	0	2
OR	0	0	0	1	0
SI	0.667	0.667	0.5	0	1
Σ	4	4	3	1	6

LE	PCP	OUP	TC	OR	SI	VP3
PCP	0.25	0.25	0.25	0	0.25	0.2
OUP	0.25	0.25	0.25	0	0.25	0.2
TC	0.333	0.333	0.333	0	0.333	0.267
OR	0	0	0	1	0	0.2
SI	0.167	0.167	0.167	0	0.167	0.133
					Σ	1

NN	PCP	OUP	TC	OR	SI
PCP	1	1.5	0	3	3
OUP	0.667	1	0	2	2
TC	0	0	1	0	0
OR	0.333	0.5	0	1	1
SI	0.33	0.5	0	1	1
Σ	2.33	3.5	1	7	7

NN	PCP	OUP	TC	OR	SI	VP4
PCP	0.429	0.429	0	0.429	0.429	0.343
OUP	0.286	0.286	0	0.286	0.286	0.229
TC	0	0	1	0	0	0.2
OR	0.143	0.143	0	0.143	0.143	0.114
SI	0.142	0.143	0	0.143	0.143	0.114
					Σ	1

RD	PCP	OUP	TC	OR	SI
PCP	1	1.333	1.33	1	2
OUP	0.75	1	1	0.75	1.5
TC	0.75	1	1	0.75	1.5
OR	1	1.333	1.333	1	2
SI	0.5	0.667	0.667	0.5	1
Σ	4	5.333	5.33	4	8

RD	PCP	OUP	TC	OR	SI	VP5
PCP	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
OUP	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188
TC	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188
OR	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
SI	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
					Σ	1

CT	PCP	OUP	TC	OR	SI
PCP	1	2	1.33	1	0
OUP	0.5	1	0.667	1	0
TC	0.75	1.5	1	1.5	0
OR	1	1	0.667	1	0
SI	0	0	0	0	1
Σ	3.25	5.5	3.664	4.5	1

CT	PCP	OUP	TC	OR	SI	VP6
PCP	0.308	0.364	0.363	0.222	0	0.251
OUP	0.154	0.182	0.182	0.222	0	0.148
TC	0.231	0.273	0.273	0.333	0	0.222
OR	0.308	0.182	0.182	0.222	0	0.179
SI	0	0	0	0	1	0.2
					Σ	1

HN	PCP	OUP	TC	OR	SI
PCP	1	1.4	1.4	1.4	1.167
OUP	0.714	1	1	1	0.833
TC	0.71	1	1	1	0.833
OR	0.71	1	1	1	0.833
SI	0.857	1.2	1.2	1.2	1
Σ	3.991	5.6	5.6	5.6	4.667

HN	PCP	OUP	TC	OR	SI	VP7
PCP	0.251	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
OUP	0.179	0.179	0.179	0.179	0.179	0.179
TC	0.178	0.179	0.179	0.179	0.179	0.178
OR	0.178	0.179	0.179	0.179	0.179	0.178
SI	0.215	0.214	0.214	0.214	0.214	0.214
					Σ	1

Posteriormente se determinó la contribución de las plataformas a la explicación del incremento de la posición competitiva de la empresa determinando las contribuciones de cada plataforma a la meta global considerando las siguientes matrices obtenidas

VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7
0.053	0.2	0.2	0.34	0.25	0.25	0.25
0.158	0.2	0.2	0.23	0.19	0.15	0.18
0.211	0.27	0.27	0.2	0.19	0.22	0.18
0.211	0.13	0.2	0.11	0.25	0.18	0.18
0.105	0.2	0.13	0.11	0.13	0.2	0.21
0.263						

VP1	0.053	0.158	0.211	0.211	0.105	0.263	Σ	%
PCP	0.011	0.032	0.072	0.053	0.026	0.066	0.2587	25.87
OUP	0.011	0.032	0.049	0.040	0.016	0.047	0.1939	19.39
TC	0.014	0.043	0.042	0.040	0.023	0.047	0.2097	20.97
OR	0.007	0.032	0.023	0.053	0.019	0.047	0.1807	18.07
SI	0.011	0.021	0.023	0.027	0.021	0.055	0.1580	15.80
							1.00	100

Finalmente las contribuciones resultaron de la manera siguiente:

1	PCP	Proceso de Materia Prima	25.87%
2	TC	Tecnología Catalítica	20.97%
3	OUP	Optimización de Unidades de Proceso	19.39%
4	OR	Oprimización de Plantas	18.07%
5	SI	Sistemas de Información	15.8%

5.5.2. MÉTODO ELECTRA II

A continuación se presenta la memoria de cálculo para la primera de las tres series desarrolladas (Serie A).

El primer paso consistió en establecer el perfil de los juicios de los proyectos clasificados relativo a los atributos considerados. La siguiente tabla muestra los valores de cada proyecto con respecto a cada atributo.

	RBC	DAG	CT	PD	IE	RID	PE
E1	2	9	9	8	7	1	6
E2	1	6	7	6	7	4	6
E3	6	9	10	3	10	9	6
E4	2	2	10	2	4	8	7
E5	8	7	8	3	6	2	6
B1	5	4	7	7	9	3	10
B2	10	2	9	7	4	1	10
G1	3	1	7	5	3	5	10
G2	6	1	5	3	4	8	10
G3	5	4	6	2	2	10	4
G4	2	3	8	6	3	5	2
G5	1	2	9	4	3	6	2
D2	6	6	9	9	6	1	6
D3	1	4	5	7	1	2	4
D4	8	4	4	8	1	1	7
D5	5	1	6	6	3	1	10
D6	3	4	7	4	6	2	4
D7	1	3	3	5	1	1	4

En donde:

- RBC = Relación Beneficio/Costo.
- DAG = Divisas Ahorradas/Generadas
- CT = Coherencia Tecnológica
- PD = Productividad
- IE = Importancia Estratégica
- RID = Repercusión en la Infraestructura de I&DT
- PE = Probabilidad de Éxito

Índice de Concordancia

A continuación se muestran las diversas matrices que describen las comparaciones de cada proyecto con respecto a los demás en cada uno de los atributos.

E1	RBC	DAC	CT	P	IE	RID	PE		
E1	////	////	////	////	////	////	////	////	////
E2	5	1	1	1	1	0	3	18	0.9
E3	0	1	0	1	0	0	3	5	0.25
E4	5	1	0	1	1	0	0	11	0.55
E5	0	1	1	1	1	0	3	13	0.65
B1	0	1	1	1	0	0	0	6	0.3
B2	0	1	1	1	1	2	0	12	0.6
G1	0	1	1	1	1	0	0	10	0.5
G2	0	1	1	1	1	0	0	10	0.5
G3	0	1	1	1	1	0	3	13	0.65
G4	5	1	1	1	1	0	3	18	0.9
G5	5	1	1	1	1	0	3	18	0.9
D2	0	1	1	0	1	2	3	14	0.7
D3	5	1	1	1	1	0	3	18	0.9
D4	0	1	1	1	1	2	0	12	0.6
D5	0	1	1	1	1	2	0	12	0.6
D6	0	1	1	1	1	0	3	13	0.65
D7	5	1	1	1	1	2	3	20	1

E2	RBC	DAC	CT	P	IE	RID	PE		
E1	0	0	0	0	1	2	3	9	0.45
E2	////	////	////	////	////	////	////	////	////
E3	0	0	0	1	0	0	3	4	0.2
E4	0	1	0	1	1	0	0	6	0.3
E5	0	0	0	1	1	2	3	10	0.5
B1	0	1	1	0	0	2	0	7	0.35
B2	0	1	0	0	1	2	0	7	0.35
G1	0	1	1	1	1	0	0	10	0.5
G2	0	1	1	1	1	0	0	10	0.5
G3	0	1	1	1	1	0	3	13	0.65
G4	0	1	0	1	1	0	3	9	0.45
G5	5	1	0	1	1	0	3	14	0.7
D2	0	1	0	0	1	2	3	10	0.5
D3	5	1	1	0	1	2	3	19	0.95
D4	0	1	1	0	1	2	0	11	0.55
D5	0	1	1	1	1	2	0	12	0.6
D6	0	1	1	1	1	2	3	15	0.75
D7	5	1	1	1	1	2	3	20	1

E3	RBC	DAC	CT	P	IE	RID	PE		
E1	5	1	1	0	1	2	3	19	0.95
E2	5	1	1	0	1	2	3	19	0.95
E3	////	////	////	////	////	////	////	////	////
E4	5	1	1	1	1	2	0	17	0.85
E5	0	1	1	1	1	2	3	15	0.75
B1	5	1	1	0	1	2	0	16	0.8
B2	0	1	1	0	1	2	0	11	0.55
G1	5	1	1	0	1	2	0	16	0.8
G2	5	1	1	1	1	2	0	17	0.85
G3	5	1	1	1	1	0	3	18	0.9
G4	5	1	1	0	1	2	3	19	0.95
G5	5	1	1	0	1	2	3	19	0.95
D2	5	1	1	0	1	2	3	19	0.95
D3	5	1	1	0	1	2	3	19	0.95
D4	0	1	1	0	1	2	0	11	0.55
D5	5	1	1	0	1	2	0	16	0.8
D6	5	1	1	0	1	2	3	19	0.95
D7	5	1	1	0	1	2	3	19	0.95

E4	RBC	DAC	CT	P	IE	RID	PE		
E1	5	0	1	0	0	2	3	14	0.7
E2	5	0	1	0	0	2	3	14	0.7
E3	0	0	1	0	0	0	3	7	0.35
E4	////	////	////	////	////	////	////	////	////
E5	0	0	1	0	0	2	3	9	0.45
B1	0	0	1	0	0	2	0	6	0.3
B2	0	1	1	0	1	2	0	11	0.55
G1	0	1	1	0	1	2	0	11	0.55
G2	0	1	1	0	1	2	0	11	0.55
G3	0	0	1	1	1	0	3	12	0.6
G4	5	0	1	0	1	2	3	18	0.9
G5	5	1	1	0	1	2	3	19	0.95
D2	0	0	1	0	0	2	3	9	0.45
D3	5	0	1	0	1	2	3	18	0.9
D4	0	0	1	0	1	2	3	13	0.65
D5	0	1	1	0	1	2	0	11	0.55
D6	0	0	1	0	0	2	3	9	0.45
D7	5	0	1	0	1	2	3	18	0.9

E5	RBC	DAC	CT	P	IE	RID	PE		
E1	5	0	0	0	0	2	3	10	0.5
E2	5	1	4	0	0	0	3	13	0.65
E3	5	0	0	1	0	0	3	9	0.45
E4	5	1	0	1	4	0	0	11	0.55
E5	////	////	////	////	////	////	////	////	////
B1	5	1	4	0	0	0	0	10	0.5
B2	0	1	0	0	4	2	0	7	0.35
G1	5	1	4	0	4	0	0	14	0.7
G2	5	1	4	1	4	0	0	15	0.75
G3	5	1	4	1	4	0	3	18	0.9
G4	5	1	4	0	4	0	3	17	0.85
G5	5	1	0	0	4	0	3	13	0.65
D2	5	1	0	0	4	2	3	15	0.75
D3	5	1	4	0	4	2	3	19	0.95
D4	5	1	4	0	4	2	0	16	0.8
D5	5	1	4	0	4	2	0	16	0.8
D6	5	1	4	0	4	2	3	19	0.95
D7	5	1	4	0	4	2	3	19	0.95

B1	RBC	DAC	CT	P	IE	RID	PE		
E1	5	0	0	0	4	2	3	14	0.7
E2	5	0	4	1	4	0	3	17	0.85
E3	0	0	0	1	0	0	3	4	0.2
E4	5	1	0	1	4	0	3	14	0.7
E5	0	0	0	1	4	2	3	10	0.5
B1	////	////	////	////	////	////	////	////	////
B2	0	1	0	1	4	2	3	11	0.55
G1	5	1	4	1	4	0	3	18	0.9
G2	0	1	4	1	4	0	3	13	0.65
G3	5	1	4	1	4	0	3	18	0.9
G4	5	1	0	1	4	0	3	14	0.7
G5	5	1	0	1	4	0	3	14	0.7
D2	0	0	0	0	4	2	3	9	0.45
D3	5	1	4	1	4	2	3	20	1
D4	0	1	4	0	4	2	3	14	0.7
D5	5	1	4	1	4	2	3	20	1
D6	5	1	4	1	4	2	3	20	1
D7	5	1	4	1	4	2	3	20	1

B2	RBC	DAC	CT	PD	IE	RID	PE		
E1	5	0	4	0	0	2	3	14	0.7
E2	5	0	4	1	0	0	3	13	0.65
E3	5	0	0	1	0	0	3	9	0.45
E4	5	1	0	1	4	0	3	14	0.7
E5	5	0	4	1	0	0	3	13	0.65
B1	5	0	4	1	0	0	3	13	0.65
B2	////	////	////	////	////	////	////	////	////
G1	5	1	4	1	4	0	3	18	0.9
G2	5	1	4	1	4	0	3	18	0.9
G3	5	0	4	1	4	0	3	17	0.85
G4	5	0	4	1	4	0	3	17	0.85
G5	5	1	4	1	4	0	3	18	0.9
D2	5	0	4	0	0	2	3	14	0.7
D3	5	0	4	1	4	0	3	17	0.85
D4	5	0	4	0	4	2	3	18	0.9
D5	5	1	4	1	4	2	3	20	1
D6	5	0	4	1	0	0	3	13	0.65
D7	5	0	4	1	4	2	3	19	0.95

G1	RBC	DAC	CT	PD	IE	RID	PE		
E1	5	0	0	0	0	2	3	10	0.5
E2	5	0	4	0	0	2	3	14	0.7
E3	0	0	0	1	0	0	3	4	0.2
E4	5	0	0	1	0	0	3	9	0.45
E5	0	0	0	1	0	2	3	6	0.3
B1	0	0	4	0	0	2	3	9	0.45
B2	0	0	0	0	0	2	3	5	0.25
G1	////	////	////	////	////	////	////	////	////
G2	0	1	4	1	0	0	3	9	0.45
G3	0	0	4	1	4	0	3	12	0.6
G4	5	0	0	0	4	2	3	14	0.7
G5	5	0	0	1	4	0	3	13	0.65
D2	0	0	0	0	0	2	3	5	0.25
D3	5	0	4	0	4	2	3	18	0.9
D4	0	0	4	0	4	2	3	13	0.65
D5	0	1	4	0	4	2	3	14	0.7
D6	5	0	4	1	0	2	3	15	0.75
D7	5	0	4	1	4	2	3	19	0.95

G2	RBC	DAC	CT	PD	IE	RID	PE		
E1	5	0	0	0	0	2	3	10	0.5
E2	5	0	0	0	0	2	3	10	0.5
E3	5	0	0	1	0	0	3	9	0.45
E4	5	0	0	1	4	2	3	15	0.75
E5	0	0	0	1	0	2	3	6	0.3
B1	5	0	0	0	0	2	3	10	0.5
B2	0	0	0	0	4	2	3	9	0.45
G1	5	1	0	0	4	2	3	15	0.75
G2	////	////	////	////	////	////	////	////	////
G3	5	0	0	1	4	0	3	13	0.65
G4	5	0	0	0	4	2	3	14	0.7
G5	5	0	0	0	4	2	3	14	0.7
D2	5	0	0	0	0	2	3	10	0.5
D3	5	0	4	0	4	2	3	18	0.9
D4	0	0	4	0	4	2	3	13	0.65
D5	5	1	0	0	4	2	3	15	0.75
D6	5	0	0	0	0	2	3	10	0.5
D7	5	0	4	0	4	2	3	18	0.9

G3	RBC	DAC	CT	PD	IE	RID	PE		
E1	5	0	0	0	0	2	0	7	0.35
E2	5	0	0	0	0	2	0	7	0.35
E3	0	0	0	0	0	2	0	2	0.1
E4	5	1	0	1	0	2	0	9	0.45
E5	0	0	0	0	0	2	0	2	0.1
B1	5	1	0	0	0	2	0	8	0.4
B2	0	1	0	0	0	2	0	3	0.15
G1	5	1	0	0	0	2	0	8	0.4
G2	0	1	4	0	0	2	0	7	0.35
G3	////	////	////	////	////	////	////	////	////
G4	5	1	0	0	0	2	3	11	0.55
G5	5	1	0	0	0	2	3	11	0.55
D2	0	0	0	0	0	2	0	2	0.1
D3	5	1	4	0	4	2	3	19	0.95
D4	0	1	4	0	4	2	0	11	0.55
D5	5	1	4	0	0	2	0	12	0.6
D6	5	1	0	0	0	2	3	11	0.55
D7	5	1	4	0	4	2	3	19	0.95

G4	RBC	DAC	CT	PD	IE	RID	PE		
E1	5	0	0	0	0	2	0	7	0.35
E2	5	0	4	1	0	2	0	12	0.6
E3	0	0	0	1	0	0	0	1	0.05
E4	5	1	0	1	0	0	0	7	0.35
E5	0	0	4	1	0	2	0	7	0.35
B1	0	0	4	0	0	2	0	6	0.3
B2	0	1	0	0	0	2	0	3	0.15
G1	0	1	4	1	4	2	0	12	0.6
G2	0	1	4	1	0	0	0	6	0.3
G3	0	0	4	1	4	0	0	9	0.45
G4	////	////	////	////	////	////	////	////	////
G5	5	1	0	1	4	0	3	14	0.7
D2	0	0	0	0	0	2	0	2	0.1
D3	5	0	4	0	4	2	0	15	0.75
D4	0	0	4	0	4	2	0	10	0.5
D5	0	1	4	1	4	2	0	12	0.6
D6	0	0	4	1	0	2	0	7	0.35
D7	5	1	4	1	4	2	0	17	0.85

G5	RBC	DAC	CT	PD	IE	RID	PE		
E1	0	0	4	0	0	2	0	6	0.3
E2	5	0	4	0	0	2	0	11	0.55
E3	0	0	0	1	0	0	0	1	0.05
E4	0	1	0	1	0	0	0	2	0.1
E5	0	0	4	1	0	2	0	7	0.35
B1	0	0	4	0	0	2	0	6	0.3
B2	0	1	4	0	0	2	0	7	0.35
G1	0	1	4	0	4	2	0	11	0.55
G2	0	1	4	1	0	0	0	6	0.3
G3	0	0	4	1	4	0	0	9	0.45
G4	0	0	4	0	4	2	3	13	0.65
G5	////	////	////	////	////	////	////	////	////
D2	0	0	4	0	0	2	0	6	0.3
D3	5	0	4	0	4	2	0	15	0.75
D4	0	0	4	0	4	2	0	10	0.5
D5	0	1	4	0	4	2	0	11	0.55
D6	0	0	4	1	0	2	0	7	0.35
D7	5	0	4	0	4	2	0	15	0.75

D2	RBC	DAC	CT	PD	IE	RID	PE		
E1	5	0	4	1	0	2	3	15	0.75
E2	5	1	4	1	0	0	3	14	0.7
E3	5	0	0	1	0	0	3	9	0.45
E4	5	1	0	1	4	0	0	11	0.55
E5	0	0	4	1	4	0	3	12	0.6
B1	5	1	4	1	0	0	0	11	0.55
B2	0	1	4	1	4	2	0	12	0.6
G1	5	1	4	1	4	0	0	15	0.75
G2	5	1	4	1	4	0	0	15	0.75
G3	5	1	4	1	4	0	3	18	0.9
G4	5	1	4	1	4	0	3	18	0.9
G5	5	1	4	1	4	0	3	18	0.9
D2	////	////	////	////	////	////	////	////	////
D3	5	1	4	1	4	0	3	18	0.9
D4	0	1	4	1	4	2	0	12	0.6
D5	5	1	4	1	4	2	0	17	0.85
D6	5	1	4	1	4	0	3	18	0.9
D7	5	1	4	1	4	2	3	20	1

D3	RBC	DAC	CT	PD	IE	RID	PE		
E1	0	0	0	0	0	2	0	2	0.1
E2	5	0	0	1	0	0	0	6	0.3
E3	0	0	0	1	0	0	0	1	0.05
E4	0	1	0	1	0	0	0	2	0.1
E5	0	0	0	1	0	2	0	3	0.15
B1	0	1	0	1	0	0	0	2	0.1
B2	0	1	0	1	0	2	0	4	0.2
G1	0	1	0	1	0	0	0	2	0.1
G2	0	1	4	1	0	0	0	6	0.3
G3	0	1	0	1	0	0	3	5	0.25
G4	0	1	0	1	0	0	3	5	0.25
G5	5	1	0	1	0	0	3	10	0.5
D2	0	0	0	0	0	2	0	2	0.1
D3	////	////	////	////	////	////	////	////	////
D4	0	1	4	0	4	2	0	11	0.55
D5	0	1	0	1	0	2	0	4	0.2
D6	0	1	0	1	0	2	3	7	0.35
D7	5	1	4	1	4	2	3	20	1

D4	RBC	DAC	CT	PD	IE	RID	PE		
E1	5	0	0	1	0	2	3	11	0.55
E2	5	0	0	1	0	0	3	9	0.45
E3	5	0	0	1	0	0	3	9	0.45
E4	5	1	0	1	0	0	3	10	0.5
E5	5	0	0	1	0	0	3	9	0.45
B1	5	1	0	1	0	0	0	7	0.35
B2	0	1	0	1	0	2	0	4	0.2
G1	5	1	0	1	0	0	0	7	0.35
G2	5	1	0	1	0	0	0	7	0.35
G3	5	1	0	1	0	0	3	10	0.5
G4	5	1	0	1	0	0	3	10	0.5
G5	5	1	0	1	0	0	3	10	0.5
D2	5	0	0	0	0	2	3	10	0.5
D3	5	1	0	1	4	0	3	14	0.7
D4	////	////	////	////	////	////	////	////	////
D5	5	1	0	1	0	2	0	9	0.45
D6	5	1	0	1	0	0	3	10	0.5
D7	5	1	4	1	4	2	3	20	1

D5	RBC	DAC	CT	PD	IE	RID	PE		
E1	5	0	0	0	0	2	3	10	0.5
E2	5	0	0	1	0	0	3	9	0.45
E3	0	0	0	1	0	0	3	4	0.2
E4	5	0	0	1	0	0	3	9	0.45
E5	0	0	0	1	0	0	3	4	0.2
B1	5	0	0	0	0	0	3	8	0.4
B2	0	0	0	0	0	2	3	5	0.25
G1	5	1	0	1	4	0	3	14	0.7
G2	0	1	4	1	0	0	3	9	0.45
G3	5	0	4	1	4	0	3	17	0.85
G4	5	0	0	1	4	0	3	13	0.65
G5	5	0	0	1	4	0	3	13	0.65
D2	0	0	0	0	0	2	3	5	0.25
D3	5	0	4	0	4	0	3	16	0.8
D4	0	0	4	0	4	2	3	13	0.65
D5	////	////	////	////	////	////	////	////	////
D6	5	0	0	1	0	0	3	9	0.45
D7	5	0	4	1	4	2	3	19	0.95

D6	RBC	DAC	CT	P	IE	RID	PE		
E1	5	0	0	0	0	2	0	7	0.35
E2	5	0	4	0	0	0	0	9	0.45
E3	0	0	0	1	0	0	0	1	0.05
E4	5	1	0	1	4	0	0	11	0.55
E5	0	0	0	1	4	2	0	7	0.35
B1	0	1	4	0	0	0	0	5	0.25
B2	0	1	0	0	4	2	0	7	0.35
G1	5	1	4	0	4	0	0	14	0.7
G2	0	1	4	1	4	0	0	10	0.5
G3	0	1	4	1	4	0	3	13	0.65
G4	5	1	0	0	4	0	3	13	0.65
G5	5	1	0	1	4	0	3	14	0.7
D2	0	0	0	0	4	2	0	6	0.3
D3	5	1	4	0	4	2	3	19	0.95
D4	0	1	4	0	4	2	0	11	0.55
D5	0	1	4	0	4	2	0	11	0.55
D6	////	////	////	////	////	////	////	////	////
D7	5	1	4	0	4	2	3	19	0.95

D7	RBC	DAC	CT	P	IE	RID	PE		
E1	0	0	0	0	0	2	0	2	0.1
E2	5	0	0	0	0	0	0	5	0.25
E3	0	0	0	1	0	0	0	1	0.05
E4	0	1	0	1	0	0	0	2	0.1
E5	0	0	0	1	0	0	0	1	0.05
B1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B2	0	1	0	0	0	2	0	3	0.15
G1	0	1	0	1	0	0	0	2	0.1
G2	0	1	0	1	0	0	0	2	0.1
G3	0	0	0	1	0	0	3	4	0.2
G4	0	1	0	0	0	0	3	4	0.2
G5	5	1	0	1	0	0	3	10	0.5
D2	0	0	0	0	0	2	0	2	0.1
D3	5	0	0	0	4	0	3	12	0.6
D4	0	0	0	0	4	2	0	6	0.3
D5	0	1	0	0	0	2	0	3	0.15
D6	0	0	0	1	0	0	3	4	0.2
D7	////	////	////	////	////	////	////	////	////

La siguiente tabla muestra en resumen los valores de las columnas finales resaltadas en las matrices anteriores, construyéndose así la matriz del índice de concordancia.

IC	E1	E2	E3	E4	E5	B1	B2	G1	G2	G3	G4	G5	D2	D3	D4	D5	D6	D7
E1	////	0.45	0.95	0.7	0.5	0.7	0.7	0.5	0.5	0.35	0.35	0.3	0.755	0.1	0.55	0.5	0.35	0.1
E2	0.9	////	0.95	0.7	0.65	0.85	0.65	0.7	0.5	0.35	0.6	0.55	0.7	0.3	0.455	0.45	0.45	0.25
E3	0.25	0.2	////	0.355	0.45	0.2	0.45	0.2	0.45	0.11	0.05	0.05	0.45	0.05	0.45	0.2	0.05	0.05
E4	0.55	0.3	0.85	////	0.555	0.7	0.7	0.45	0.75	0.45	0.35	0.1	0.55	0.1	0.5	0.45	0.55	0.1
E5	0.65	0.5	0.75	0.45	////	0.5	0.65	0.3	0.3	0.1	0.35	0.35	0.6	0.15	0.45	0.2	0.35	0.05
B1	0.3	0.35	0.8	0.3	0.5	////	0.65	0.45	0.5	0.4	0.3	0.3	0.55	0.1	0.35	0.4	0.25	0
B2	0.6	0.35	0.55	0.55	0.35	0.55	////	0.25	0.45	0.15	0.15	0.35	0.6	0.2	0.2	0.25	0.35	0.15
G1	0.5	0.5	0.8	0.55	0.7	0.9	0.9	////	0.755	0.4	0.6	0.55	0.75	0.1	0.35	0.7	0.7	0.1
G2	0.5	0.5	0.85	0.555	0.75	0.65	0.9	0.45	////	0.35	0.3	0.3	0.75	0.3	0.35	0.45	0.5	0.1
G3	0.65	0.65	0.9	0.6	0.9	0.9	0.85	0.6	0.65	////	0.45	0.45	0.9	0.25	0.5	0.85	0.65	0.2
G4	0.9	0.45	0.95	0.9	0.85	0.7	0.85	0.7	0.7	0.55	////	0.65	0.9	0.25	0.5	0.65	0.65	0.2
G5	0.9	0.7	0.95	0.95	0.65	0.7	0.9	0.65	0.7	0.55	0.7	////	0.9	0.5	0.55	0.65	0.7	0.5
D2	0.7	0.5	0.95	0.45	0.755	0.45	0.7	0.25	0.5	0.1	0.1	0.3	////	0.1	0.5	0.25	0.3	0.1
D3	0.9	0.95	0.95	0.9	0.95	1	0.85	0.9	0.9	0.95	0.75	0.75	0.9	////	0.7	0.8	0.95	0.6
D4	0.6	0.55	0.55	0.65	0.8	0.7	0.9	0.65	0.65	0.55	0.5	0.5	0.6	0.55	////	0.65	0.55	0.3
D5	0.6	0.6	0.8	0.55	0.8	1	1	0.7	0.75	0.6	0.6	0.55	0.85	0.2	0.45	////	0.55	0.15
D6	0.65	0.75	0.95	0.45	0.95	1	0.65	0.75	0.5	0.55	0.35	0.35	0.9	0.35	0.5	0.45	////	0.2
D7	1	1	0.95	0.9	0.95	1	0.65	0.95	0.9	0.95	0.85	0.75	1	1	1	0.95	0.95	////

Indice de Discordancia

Para el cálculo del índice de discordancia, nuevamente se utilizó la matriz en donde se muestran los valores de cada proyecto con respecto a cada atributo.

	RBC	DAG	CT	PD	IE	RID	PE
E1	2	9	9	8	7	1	6
E2	1	6	7	6	7	4	6
E3	6	9	10	3	10	9	6
E4	2	2	10	2	4	8	7
E5	8	7	8	3	6	2	6
B1	5	4	7	7	9	3	10
B2	10	2	9	7	4	1	10
G1	3	1	7	5	3	5	10
G2	6	1	5	3	4	8	10
G3	5	4	6	2	2	10	4
G4	2	3	8	6	3	5	2
G5	1	2	9	4	3	6	2
D2	6	6	9	9	6	1	6
D3	1	4	5	7	1	2	4
D4	8	4	4	8	1	1	7
D5	5	1	6	6	3	1	10
D6	3	4	7	4	6	2	4
D7	1	3	3	5	1	1	4

Sin embargo, en este caso las comparaciones se realizaron por columna de dos en dos, es decir, al revés de cómo se procedió en el índice de concordancia. A continuación se exponen las siguientes matrices que muestran los valores obtenidos. Nótese que en estas matrices se encuentran valores negativos que resultan de las diferencias realizadas entre los valores de cada proyecto.

E1	RBC	DAG	CT	PD	IE	RID	PE	RS	/10
E2	-1	-3	-2	-2	0	3	0	3	0.3
E3	4	0	1	-5	3	8	0	8	0.8
E4	0	-7	1	-6	-3	7	1	7	0.7
E5	6	-2	-1	-5	-1	1	0	6	0.6
B1	3	-5	-2	-1	2	2	4	4	0.4
B2	8	-7	0	-1	-3	0	4	8	0.8
G1	1	-8	-2	-3	-4	4	4	4	0.4
G2	4	-8	-4	-5	-3	7	4	7	0.7
G3	3	-5	-3	-6	-5	9	-2	9	0.9
G4	0	-6	-1	-2	-4	4	-4	4	0.4
G5	-1	-7	0	-4	-4	5	-4	5	0.5
D2	4	-3	0	1	-1	0	0	4	0.4
D3	-1	-5	-4	-1	-6	1	-2	1	0.1
D4	6	-5	-5	0	-6	0	1	6	0.6
D5	3	-8	-3	-2	-4	0	4	4	0.4
D6	1	-5	-2	-4	-1	1	-2	1	0.1
D7	-1	-6	-6	-3	-6	0	-2	0	0

E2	RBC	DAG	CT	PD	IE	RID	PE	RS	/10
E1	1	3	2	2	0	-3	0	3	0.3
E3	5	3	3	-3	3	5	0	5	0.5
E4	1	-4	3	-4	-3	4	1	4	0.4
E5	7	1	1	-3	-1	-2	0	7	0.7
B1	4	-2	0	1	2	-1	4	4	0.4
B2	9	-4	2	1	-3	-3	4	9	0.9
G1	2	-5	0	-1	-4	1	4	4	0.4
G2	5	-5	-2	-3	-3	4	4	5	0.5
G3	4	-2	-1	-4	-5	6	-2	6	0.6
G4	1	-3	1	0	-4	1	-4	1	0.1
G5	0	-4	2	-2	-4	2	-4	2	0.2
D2	5	0	2	3	-1	-3	0	5	0.5
D3	0	-2	-2	1	-6	-2	-2	1	0.1
D4	7	-2	-3	2	-6	-3	1	7	0.7
D5	4	-5	-1	0	-4	-3	4	4	0.4
D6	2	-2	0	-2	-1	-2	-2	2	0.2
D7	0	-3	-4	-1	-6	-3	-2	0	0

E3	RBC	DAG	CT	PD	IE	RID	PE	RS	/10
E1	-1	0	-1	5	-3	-8	0	5	0.5
E2	-5	-3	-3	3	-3	-5	0	3	0.3
E4	-4	-7	0	-1	-6	-1	1	1	0.1
E5	2	-2	-2	0	-4	-7	0	2	0.2
B1	-1	-5	-3	4	-1	-6	-4	4	0.4
B2	4	-7	-1	4	-6	-8	4	4	0.4
G1	-3	-8	-3	2	-7	-4	-4	4	0.4
G2	0	-8	-5	0	-6	-1	4	4	0.4
G3	-1	-5	-4	-1	-8	1	-2	1	0.1
G4	-4	-6	-2	3	-7	-4	-4	3	0.3
G5	-5	-7	-1	1	-7	-3	-4	1	0.1
D2	0	-3	-1	6	-4	-8	0	6	0.6
D3	-5	-5	-5	4	-9	-7	-2	4	0.4
D4	2	-5	-6	5	-9	-8	1	5	0.5
D5	-1	-8	-4	3	-7	-8	4	4	0.4
D6	-3	-5	-3	1	-4	-7	-2	1	0.1
D7	-5	-6	-7	2	-9	-8	-2	2	0.2

E4	RBC	DAG	CT	PD	IE	RID	PE	RS	/10
E1	0	7	-1	6	3	-7	-1	7	0.7
E2	-1	4	-3	4	3	-4	-1	4	0.4
E3	4	7	0	1	6	1	-1	7	0.7
E5	6	5	-2	1	2	-6	-1	6	0.6
B1	3	2	-3	5	5	-5	3	5	0.5
B2	8	0	-1	5	0	-7	3	8	0.8
G1	1	-1	-3	3	-1	-3	3	3	0.3
G2	4	-1	-5	1	0	0	3	4	0.4
G3	3	2	-4	0	-2	2	-3	3	0.3
G4	0	1	-2	4	-1	-3	-5	1	0.1
G5	-1	0	-1	2	-1	-2	-5	2	0.2
D2	4	4	-1	7	2	-7	-1	7	0.7
D3	-1	2	-5	5	-3	-6	-3	5	0.5
D4	6	2	-6	6	-3	-7	0	6	0.6
D5	3	-1	-4	4	-1	-7	3	4	0.4
D6	1	2	-3	2	2	-6	-3	2	0.2
D7	-1	1	-7	3	-3	-7	-3	3	0.3

E5	RBC	DAG	CT	PD	IE	RID	PE	RS	/10
E1	-6	2	1	5	1	-1	0	5	0.5
E2	-7	-1	-1	3	1	2	0	3	0.
E3	-2	2	2	0	4	7	0	7	0.7
E4	-6	-5	2	-1	-2	6	1	6	0.6
B1	-3	-3	-1	4	3	1	4	4	0.4
B2	2	-5	1	4	-2	-1	4	4	0.4
G1	-5	-6	-1	2	-3	3	4	4	0.4
G2	-2	-6	-3	0	-2	6	4	6	0.6
G3	-3	-3	-2	-1	-4	8	-2	8	0.8
G4	-6	-4	0	3	-3	3	-4	3	0.3
G5	-7	-5	1	1	-3	4	-4	4	0.4
D2	-2	-1	1	6	0	-1	0	6	0.6
D3	-7	-3	-3	4	-5	0	-2	4	0.4
D4	0	-3	-4	5	-5	-1	1	5	0.5
D5	-3	-6	-2	3	-3	-1	4	4	0.4
D6	-5	-3	-1	1	0	0	-2	1	0.1
D7	-7	-4	-5	2	-5	-1	-2	2	0.2

B1	RBC	DAG	CT	PD	IE	RID	PE	RS	/10
E1	-3	5	2	1	-2	-2	-4	5	0.5
E2	-4	2	0	-1	-2	1	-4	2	0.2
E3	1	5	3	-4	1	6	-4	6	0.6
E4	-3	-2	3	-5	-5	5	-3	5	0.5
E5	3	3	1	-4	-3	-1	-4	3	0.3
B2	5	-2	2	0	-5	-2	0	5	0.5
G1	-2	-3	0	-2	-6	2	0	2	0.2
G2	1	-3	-2	-4	-5	5	0	5	0.5
G3	0	0	-1	-5	-7	7	-6	7	0.7
G4	-3	-1	1	-1	-6	2	-8	2	0.2
G5	-4	-2	2	-3	-6	3	-8	3	0.3
D2	1	2	2	2	-3	-2	-4	2	0.2
D3	-4	0	-2	0	-8	-1	-6	0	0
D4	3	0	-3	1	-8	-2	-3	3	0.3
D5	0	-3	-1	-1	-6	-2	0	0	0
D6	-2	0	0	-3	-3	-1	-6	0	0
D7	-1	-1	-4	-2	-8	-2	-6	0	0

B2	RBC	DAG	CT	PD	IE	RID	PE	RS	/10
E1	-8	7	0	1	3	0	-4	7	0.7
E2	-9	4	-2	-1	3	3	-4	4	0.4
E3	-4	7	1	-4	6	8	-4	8	0.8
E4	-8	0	1	-5	0	7	-3	7	0.7
E5	-2	5	-1	-4	2	1	-4	5	0.5
B1	-5	2	-2	0	5	2	0	5	0.5
G1	-7	-1	-2	-2	-1	-1	0	4	0.4
G2	-4	-1	-4	-4	0	7	0	7	0.7
G3	-5	2	-3	-5	-2	9	-6	9	0.9
G4	-8	1	-1	-1	-1	4	-8	-1	0.4
G5	-9	0	0	-3	-1	5	-8	5	0.5
D2	-4	-4	0	2	2	0	-4	4	0.4
D3	-9	2	-4	0	-3	1	-6	2	0.2
D4	-2	2	-5	1	-3	0	-3	2	0.2
D5	-5	-1	-3	-1	-1	0	0	0	0
D6	-7	2	-2	-3	2	1	-6	2	0.2
D7	-9	1	-6	-2	-3	0	-6	1	0.1

G1	RBC	DAG	CT	PD	IE	RID	PE	RS	/10
E1	-1	8	2	3	4	-4	-4	8	0.8
E2	-2	5	0	1	4	-1	-4	5	0.5
E3	3	8	3	-2	7	4	-4	8	0.8
E4	-1	1	3	-3	1	3	-3	3	0.3
E5	5	6	1	-2	3	-3	-4	6	0.6
B1	2	3	0	2	6	-2	0	6	0.6
B2	7	1	2	2	1	-4	0	7	0.7
G2	3	0	-2	-2	1	3	0	3	0.3
G3	2	3	-1	-3	-1	5	-6	5	0.5
G4	-1	2	1	1	0	0	-8	2	0.2
G5	-2	1	2	-1	0	1	-8	2	0.2
D2	3	5	2	4	3	-4	-4	5	0.5
D3	-2	3	-2	2	-2	-3	-6	2	0.2
D4	5	3	-3	3	-2	-4	-3	5	0.5
D5	2	0	-1	1	0	-4	0	2	0.2
D6	0	3	0	-1	3	-3	-6	3	0.3
D7	-2	2	-4	0	-2	-4	-6	2	0.2

G2	RBC	DAG	CT	PD	IE	RID	PE	RS	/10
E1	-4	8	4	5	3	-7	-4	8	0.8
E2	-5	5	2	3	3	-4	-4	5	0.5
E3	0	8	5	0	6	1	-4	8	0.8
E4	-4	1	5	-1	0	0	-3	5	0.5
E5	2	6	3	0	2	-6	-4	6	0.6
B1	-1	3	2	4	5	-5	0	5	0.5
B2	4	1	-4	4	0	-7	0	4	0.4
G1	-3	0	2	2	-1	-3	0	2	0.2
G3	-1	3	1	-1	-2	2	-6	3	0.3
G4	-4	2	3	3	-1	-3	-8	3	0.3
G5	-5	1	4	1	-1	-2	-8	4	0.4
D2	0	5	4	6	2	-7	-4	6	0.6
D3	-5	3	0	4	-3	-6	-6	4	0.4
D4	2	3	-1	5	-3	-7	-3	5	0.55
D5	-1	0	1	3	-1	-7	0	3	0.3
D6	-3	3	2	1	2	-6	-6	3	0.3
D7	-5	2	-2	2	-3	-7	-6	2	0.2

G3	RBC	DAG	CT	PD	IE	RID	PE	RS	/10
E1	-3	5	3	6	5	-9	2	6	0.6
E2	-4	2	1	4	5	-6	2	5	0.5
E3	1	5	4	1	8	-1	2	8	0.8
E4	-3	-2	4	0	2	-2	3	4	0.4
E5	3	3	2	1	4	-8	2	4	0.4
B1	0	0	1	5	7	-7	6	7	0.7
B2	5	-2	3	5	2	-9	6	6	0.6
G1	-2	-3	1	3	1	-5	6	6	0.6
G2	1	-3	-1	1	2	-2	6	6	0.6
G4	-3	-1	2	4	1	-5	-2	4	0.4
G5	-4	-2	3	2	1	-4	-2	3	0.3
D2	1	2	3	7	4	-9	2	7	0.7
D3	-4	0	-1	5	-1	-8	0	5	0.5
D4	3	0	-2	6	-1	-9	3	6	0.6
D5	0	-3	0	4	1	-9	6	6	0.6
D6	-2	0	1	2	4	-8	0	4	0.4
D7	-4	-1	-3	3	-1	-9	0	3	0.3

G4	RBC	DAG	CT	PD	IE	RID	PE	RS	/10
E1	0	6	1	2	4	-4	4	6	0.6
E2	-1	3	-1	0	4	-1	4	4	0.4
E3	4	6	2	-3	7	4	4	7	0.7
E4	0	-1	2	-4	1	3	5	5	0.5
E5	6	4	0	-3	3	-3	4	6	0.6
B1	3	1	-1	1	6	-2	8	8	0.8
B2	8	-1	1	1	1	-4	8	8	0.8
G1	1	-2	-1	-1	0	0	8	8	0.8
G2	4	-2	-3	-3	1	3	8	8	0.8
G3	3	1	-2	-4	-1	5	2	5	0.5
G5	-1	-1	1	-2	0	1	0	1	0.1
D2	4	3	1	3	3	-4	4	4	0.4
D3	-1	1	-3	1	-2	-3	2	2	0.2
D4	6	1	-4	2	-2	-4	5	6	0.6
D5	3	-2	-2	0	0	-4	8	8	0.8
D6	1	1	-1	-2	3	-3	2	3	0.3
D7	-1	0	-5	-1	-2	-4	2	2	0.2

G5	RBC	DAG	CT	PD	IE	RID	PE	RS	/10
E1	1	7	0	4	4	-5	4	7	0.7
E2	0	4	-2	2	4	-2	4	4	0.4
E3	5	7	1	-1	7	3	4	7	0.7
E4	1	0	1	-2	1	2	5	5	0.5
E5	7	5	-1	-1	3	-4	4	7	0.7
B1	4	2	-2	3	6	-3	8	8	0.8
B2	9	0	0	3	1	-5	8	9	0.9
G1	2	-1	-2	1	0	-1	8	8	0.8
G2	5	-1	-4	-1	1	2	8	8	0.8
G3	4	2	-3	-2	-1	4	2	4	0.4
G4	1	1	-1	2	0	-1	0	2	0.2
D2	5	4	0	5	3	-5	4	5	0.5
D3	0	2	-4	3	-2	-4	2	3	0.3
D4	7	2	-5	4	-2	-5	5	7	0.7
D5	4	-1	-3	2	0	-5	8	8	0.8
D6	2	2	-2	0	3	-4	2	3	0.3
D7	0	1	-6	1	-2	-5	2	2	0.2

D2	RBC	DAG	CT	PD	IE	RID	PE	RS	/10
E1	-4	3	0	-1	1	0	0	3	0.3
E2	-5	0	-2	-3	1	3	0	3	0.3
E3	0	3	1	-6	4	8	0	8	0.8
E4	-4	-4	1	-7	-2	7	1	7	0.7
E5	2	1	-1	-6	0	1	0	2	0.2
B1	-1	-2	-2	-2	3	2	4	4	0.4
B2	4	-4	0	-2	-2	0	4	4	0.4
G1	-3	-5	-2	-4	-3	4	4	4	0.4
G2	0	-5	-4	-6	-2	7	4	7	0.7
G3	-1	-2	-3	-7	-4	9	-2	9	0.9
G4	-4	-3	-1	-3	-3	4	-4	4	0.4
G5	-5	-4	0	-5	-3	5	-4	5	0.5
D3	-5	-2	-4	-2	-5	1	-2	1	0.1
D4	2	-2	-5	-1	-5	0	1	2	0.2
D5	-1	-5	-3	-3	-3	0	4	4	0.4
D6	-3	-2	-2	-5	0	1	-2	1	0.1
D7	-5	-3	-6	-4	-5	0	-2	0	0

D3	RBC	DAG	CT	PD	IE	RID	PE	RS	/10
E1	1	5	4	1	6	-1	2	6	0.6
E2	0	2	2	-1	6	2	2	6	0.6
E3	5	5	5	-4	9	7	2	9	0.9
E4	1	-2	5	-5	3	6	3	6	0.6
E5	7	3	3	-4	5	0	2	7	0.7
B1	4	0	2	0	8	1	6	8	0.8
B2	9	-2	4	0	3	-1	6	9	0.9
G1	2	-3	2	-2	2	3	6	6	0.6
G2	5	-3	0	-4	3	6	6	6	0.6
G3	4	0	1	-5	1	8	0	8	0.8
G4	1	-1	3	-1	2	3	-2	3	0.3
G5	0	-2	4	-3	2	4	-2	4	0.4
D2	5	2	4	2	5	-1	2	5	0.5
D4	7	0	-1	1	0	-1	3	7	0.7
D5	4	-3	1	-1	2	-1	6	6	0.6
D6	2	0	2	-3	5	0	0	5	0.5
D7	0	-1	-2	-2	0	-1	0	0	0

D4	RBC	DAG	CT	PD	IE	RID	PE	RS	/10
E1	-6	5	5	0	6	0	-1	6	0.6
E2	-7	2	3	-2	6	3	-1	6	0.6
E3	-2	5	6	-5	9	8	-1	9	0.9
E4	-6	-2	6	-6	3	7	0	7	0.7
E5	0	3	4	-5	5	1	-1	5	0.5
B1	-3	0	3	-1	8	2	3	8	0.8
B2	2	-2	5	-1	3	0	3	5	0.5
G1	-5	-3	3	-3	2	4	3	4	0.4
G2	-2	-3	1	-5	3	7	3	7	0.7
G3	-3	0	2	-6	1	9	-3	9	0.9
G4	-6	-1	4	-2	2	4	-5	4	0.4
G5	-7	-2	5	-4	2	5	-5	5	0.5
D2	-2	2	5	1	5	0	-1	5	0.5
D3	-7	0	1	-1	0	1	-3	1	0.1
D5	-3	-3	2	-2	2	0	3	3	0.3
D6	-5	0	3	-4	5	1	-3	5	0.5
D7	-7	-1	-1	-3	0	0	-3	0	0

D5	RBC	DAG	CT	PD	IE	RID	PE	RS	/10
E1	-3	8	3	2	4	0	-4	8	0.8
E2	-4	5	1	0	4	3	-4	5	0.5
E3	1	8	4	-3	7	8	-4	8	0.8
E4	-3	1	4	-4	1	7	-3	7	0.7
E5	3	6	2	-3	3	1	-4	6	0.6
B1	0	3	1	1	6	2	0	6	0.6
B2	5	1	3	1	1	0	0	5	0.5
G1	-2	0	1	-1	0	4	0	4	0.4
G2	1	0	-1	-3	1	7	0	7	0.7
G3	0	3	0	-4	-1	9	-6	9	0.9
G4	-3	2	2	0	0	4	-8	4	0.4
G5	-4	1	3	-2	0	5	-8	5	0.5
D2	1	5	3	3	3	0	-4	5	0.5
D3	-4	3	-1	1	-2	1	-6	3	0.3
D4	3	3	-2	2	-2	0	-3	3	0.3
D6	-2	3	1	-2	3	1	-6	3	0.3
D7	-4	2	-3	-1	-2	0	-6	2	0.2

D6	RBC	DAG	CT	PD	IE	RID	PE	RS	/10
E1	-1	5	2	4	1	-1	2	5	0.55
E2	-2	2	0	2	1	2	2	2	0.2
E3	3	5	3	-1	4	7	2	7	0.7
E4	-1	-2	3	-2	-2	6	3	6	0.6
E5	5	3	1	-1	0	0	2	5	0.5
B1	2	0	0	3	3	1	6	6	0.6
B2	7	-2	2	3	-2	-1	6	7	0.7
G1	0	-3	0	1	-3	3	6	6	0.6
G2	3	-3	-2	-1	-2	6	6	6	0.6
G3	2	0	-1	-2	-4	8	0	8	0.8
G4	-1	-1	1	2	-3	3	-2	3	0.3
G5	-2	-2	2	0	-3	4	-2	4	0.4
D2	3	2	2	5	0	-1	2	5	0.5
D3	-2	0	-2	3	-5	0	0	3	0.3
D4	5	0	-3	4	-5	-1	3	5	0.5
D5	2	-3	-1	2	-3	-1	6	6	0.6
D7	-2	-1	-4	1	-5	-1	0	1	0.1

D7	RBC	DAG	CT	PD	IE	RID	PE	RS	/10
E1	1	6	6	3	6	0	2	6	0.6
E2	0	3	4	1	6	3	2	6	0.6
E3	5	6	7	-2	9	8	2	9	0.9
E4	1	-1	7	-3	3	7	3	7	0.7
E5	7	4	5	-2	5	1	2	7	0.7
B1	4	1	4	2	8	2	6	8	0.8
B2	9	-1	6	2	3	0	6	9	0.9
G1	2	-2	4	0	2	4	6	6	0.6
G2	5	-2	2	-2	3	7	6	7	0.7
G3	4	1	3	-3	1	9	0	9	0.9
G4	1	0	5	1	2	4	-2	5	0.5
G5	0	-1	6	-1	2	5	-2	6	0.6
D2	5	3	6	4	5	0	2	6	0.6
D3	0	1	2	2	0	1	0	2	0.2
D4	7	1	1	3	0	0	3	7	0.7
D5	4	-2	3	1	2	0	6	6	0.6
D6	2	1	4	-1	5	1	0	5	0.5

A continuación se muestra la tabla que resume los valores obtenidos en las matrices anteriores

ID	E1	E2	E3	E4	E5	B1	B2	G1	G2	G3	G4	G5	D2	D3	D4	D5	D6	D7
E1	////	0.3	0.5	0.7	0.5	0.5	0.7	0.8	0.8	0.6	0.6	0.7	0.3	0.6	0.6	0.8	0.55	0.6
E2	0.3	////	0.3	0.4	0.0	0.2	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.6	0.6	0.5	0.2	0.6
E3	0.8	0.5	////	0.7	0.7	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	0.8	0.7	0.9
E4	0.7	0.4	0.1	////	0.6	0.5	0.7	0.3	0.5	0.4	0.5	0.5	0.7	0.6	0.7	0.7	0.6	0.7
E5	0.6	0.7	0.2	0.6	////	0.3	0.5	0.6	0.6	0.4	0.6	0.7	0.2	0.7	0.5	0.6	0.5	0.7
B1	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	////	0.5	0.6	0.5	0.7	0.8	0.8	0.4	0.8	0.8	0.6	0.6	0.8
B2	0.8	0.9	0.4	0.8	0.4	0.5	////	0.7	0.4	0.6	0.8	0.9	0.4	0.9	0.5	0.5	0.7	0.9
G1	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.2	0.4	////	0.2	0.6	0.8	0.8	0.4	0.6	0.4	0.4	0.6	0.6
G2	0.7	0.5	0.4	0.4	0.6	0.5	0.7	0.3	////	0.6	0.8	0.8	0.7	0.6	0.7	0.7	0.6	0.7
G3	0.9	0.6	0.1	0.3	0.8	0.7	0.9	0.5	0.3	////	0.5	0.4	0.9	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9
G4	0.4	0.1	0.3	0.10	0.3	0.2	0.4	0.2	0.3	0.4	////	0.2	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3	0.5
G5	0.5	0.2	0.1	0.2	0.4	0.3	0.5	0.2	0.4	0.3	0.1	////	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.6
D2	0.4	0.5	0.6	0.7	0.6	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7	0.4	0.5	////	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6
D3	0.1	0.1	0.4	0.5	0.4	0	0.2	0.2	0.4	0.5	0.2	0.3	0.1	////	0.1	0.3	0.3	0.2
D4	0.6	0.7	0.5	0.6	0.5	0.3	0.2	0.5	0.55	0.6	0.6	0.7	0.2	0.7	////	0.3	0.5	0.7
D5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0	0.0	0.2	0.3	0.6	0.8	0.8	0.4	0.6	0.3	////	0.6	0.6
D6	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.1	0.5	0.5	0.3	////	0.5
D7	0	0	0.2	0.3	0.2	0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0	0	0	0.2	0.1	////

Por último, con las matrices del índice de concordancia y discordancia se realizó la determinación de las calificaciones para la sobreclasificación de los proyectos según los umbrales de concordancia y discordancia.

Índice de concordancia	Índice de discordancia	Sobreclasificación
$0.8 \leq IC \leq 1$	$0 \leq ID < 0.2$	Fuerte F
$0.7 \leq IC < 0.8$	$0 \leq ID < 0.2$	Fuerte F
$0.6 \leq IC < 0.7$	$0 \leq ID < 0.2$	Débil f
$0.8 \leq IC \leq 1$	$0.2 < ID \leq 0.4$	Fuerte F
$0.7 \leq IC < 0.8$	$0.2 < ID \leq 0.4$	Débil f
$0.6 \leq IC < 0.7$	$0.2 < ID \leq 0.4$	Débil f

Con el paso anterior se pudo finalmente determinar las jerarquías de los proyectos como se muestra a continuación:

	E1	E2	E3	E4	E5	B1	B2	G1	G2	G3	G4	G5	D2	D3	D4	D5	D6	D7
E1	XX												D					
E2	F	XX	F	D		F	D				D		D					
E3			XX															
E4		D	F	XX														
E5			F		XX								D					
B1			F			XX												
B2			D				XX						D					
G1			F	D	D	F	F	XX	F				D			D		
G2			F	D					XX									
G3			F	D					D	XX								
G4	F		F	F	F	D	F	F	D		XX	F	F			D	D	
G5		D	F	F	D	D		D	D		D	XX					D	
D2	F						D						XX					
D3	F	F	F		F	F	F	F	F		F	F	F	XX	D	D	F	
D4						D	F						F		XX	D		
D5	D	D	F	D	F	F	F	F	D				F			XX		
D6	D	F	F		F	F		D					F				XX	
D7	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	XX
F's	5	3	13	3	5	6	6	4	3	1	2	3	6	1	1	4	2	
D's	2	3	1	5	2	3	2	2	4		2		5		1	1	2	
T's	7	6	14	8	7	9	8	6	7	1	4	3	11	1	2	5	4	0
J	6	9	1	5	6	3	4	8	7	14	11	12	2	14	13	10	11	15

CAPÍTULO VI.-
CONCLUSIONES
Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

La presente tesis tuvo por objeto presentar los elementos teóricos y prácticos que permitan al tomador de decisiones aplicar una metodología sistematizada para la evaluación, selección y jerarquización de proyectos de I&DT. De esta forma nuestras conclusiones son las siguientes:

1. El conocimiento científico y tecnológico es uno de los principales factores que favorecen al crecimiento económico y por lo tanto, a la generación de empleos y mayor bienestar en la sociedad en el esquema al cual se enfrentan las empresas actualmente, con una tendencia cada vez más acelerada y creciente hacia la globalización y por lo tanto a la necesidad de incrementar su competitividad.
2. En este contexto, la Investigación y el Desarrollo Tecnológicos en las empresas, que se desarrolla en la incorporación de tecnologías en nuevos procesos o productos, en la innovación tecnológica o en cualesquiera de las actividades de la cadena de valor, es a mediano y largo plazo, su única forma de conservar los niveles de competitividad siempre y cuando éstas apliquen correctamente el potencial tecnológico a sus intereses estratégicos. Por esta razón, sin la suficiente y adecuada inversión en Investigación y Desarrollo, los productos y procesos de las empresas no pueden irrumpir con calidad y precios competitivos en los mercados nacionales e internacionales. Desde este punto de vista, la administración tecnológica debe cumplir con varias funciones, entre las que destaca:
 - Relacionar la ciencia y la ingeniería con la administración de las empresas.
 - Planear, desarrollar e implantar tecnologías relevantes para lograr sus objetivos estratégicos y operacionales.
 - Considerar la explotación efectiva de las tecnologías como un activo de la empresa para desarrollar y mantener ventajas competitivas.

De esta forma la administración estratégica de la tecnología, minimizará y neutralizará los impactos negativos para la organización que provenga de su entorno para conservar su posición como líder o, en su caso rápido seguidor de las tecnologías de punta, soportando la estrategia global de la empresa y de cada uno de sus negocios.

Por otro lado, concluimos que la estrategia tecnológica desarrolla un enfoque para adquirir o utilizar una tecnología considerando la influencia del entorno para el logro de su misión y objetivos.

Así mismo consideramos que la estrategia de la I&DT tiene propósitos que vinculan a la estrategia general de la empresa como una medida de permanencia y, en su caso, a la expansión de los negocios existentes, a nuevos negocios y a ampliar y profundizar sus capacidades tecnológicas.

Propusimos también varios modelos para alinear la estrategia tecnológica con la estrategia corporativa tomando en cuenta que la primera debe desarrollarse

considerando diferentes actividades que en forma sucinta son el pronóstico tecnológico, la difusión y monitoreo de la tecnología y la auditoría tecnológica. Para nosotros la tecnología como elemento de competitividad, conduce proactivamente al proceso de planeación y es un factor directriz de la estrategia corporativa.

El desarrollo de la I&DT es así, desde nuestro punto de vista, un proceso sistemático y cíclico que se integra desde la organización para explotar potencialmente sus beneficios. Es cierto, sin embargo, que la elaboración y elección de la estrategia tecnológica es un proceso que involucra a todas las áreas funcionales de la empresa. Dentro de este proceso la innovación es uno de sus elementos más importantes.

Por otra parte, el marco estratégico para la administración de la I&DT debe comprender las siguientes etapas:

- a) Desarrollo de una estrategia de negocios coherentes con sus objetivos.
- b) Identificación de las tecnologías clave requeridas.
- c) Determinación de las capacidades tecnológicas actuales y deseadas.
- d) Generación de la estrategia de adquisición de la tecnología.
- e) Generación de opciones que caractericen y ayuden a seleccionar una cartera de proyectos de I&DT.
- f) Identificar las restricciones en recursos y tiempo.

Todo lo anterior no podrá ser eficaz sin tomar en cuenta los medios de éxito para la competitividad, los cuales pueden clasificarse como los más importantes a los costos, a la cadena de valor y su posible diferenciación y al tiempo.

Un último elemento, que nos ha parecido importante es el que se refiere a la madurez tecnológica que ubica a la tecnología a lo largo de una continuidad de avances tecnológicos que se inician con la etapa embrionaria y terminan con la declinación y obsolescencia de la tecnología, de tal forma de definir la incertidumbre y el riesgo, la probabilidad de éxito y las estrategias de inversión y mercadotecnia.

3. La inversión y la consecuente implantación de la tecnología representa según los conceptos anteriores mayores oportunidades estratégicas para las empresas. Sin embargo, ocurre que tales oportunidades conllevan a riesgos que deben ser evaluados para la organización. Debido a ello, la adecuada y correcta selección de las inversiones en I&DT es una actividad crítica para los tomadores de decisiones, los cuales se enfrentan a la tarea de elegir los más convenientes a fin de cubrir los objetivos de la empresa considerando las restricciones de recursos de la organización.
4. Se analizaron diferentes metodologías para evaluar, seleccionar y jerarquizar proyectos de I&DT. Cada uno puede ser adaptado según la problemática particular de empresas u organizaciones que requieran de un marco sólido para mejorar su proceso de toma de decisiones.

En efecto la selección de proyectos de I&DT se traduce en un portafolio o cartera de proyectos que pueden caracterizarse por ser inciertos e interdependientes para los cuales es necesario decidir sobre la oportunidad e intensidad de los esfuerzos a asumir y de su tiempo de realización. El portafolio de proyectos de I&DT potenciales está relacionado así con los recursos escasos que la empresa posee, con la naturaleza de la información disponible acerca de dichos proyectos y de sus interdependencias en conjunto con la incertidumbre y el riesgo que deben ser asumidos.

Algunas de las clasificaciones para evaluar y seleccionar proyectos de I&DT que hemos tratado en la presente tesis se refieren a los métodos de posicionamiento, económicos, basados en la teoría de decisiones y los que se refieren a la optimización de la cartera de proyectos. Así mismo, analizamos los llamados modelos cognoscitivos que ponen en contacto a los tomadores de decisiones con los analistas y expertos en I&DT. Por otra parte creemos que es de importancia primordial antes de iniciar cualquier metodología para la evaluación de proyectos, efectuar un análisis para el agrupamiento de tecnologías ("clusters") que sean acordes a los objetivos específicos; esta metodología permite además que tales agrupamientos puedan ser jerarquizados acordes a la importancia de su posicionamiento estratégico.

Sin embargo de todos ellos, la metodología multicriterio, nos ha parecido de gran valor para la evaluación, selección y jerarquización de proyectos de I&DT, ya que toman en cuenta en forma integral y simultánea todos los atributos que convergen en la planeación estratégica y corporativa de la empresa así como la opinión de expertos en forma multidisciplinaria, para complementar los factores técnicos; económicos, políticos y comerciales, proporcionando así un proceso más comprensible (cognoscitivo) para el tomador de decisiones. Estos métodos en realidad, resultan de una combinación de los anteriores, pues toman en cuenta el posicionamiento, la evaluación económica y la optimización de los proyectos. En efecto, una vez realizado el agrupamiento por tecnologías, el método ELECTRA permite no solamente jerarquizar en importancia los proyectos resultantes con múltiples atributos, sino seleccionar consecutivamente aquellos que resultan adecuados para su programación presupuestal. Así mismo el método ELECTRA permite considerar los planes tecnológicos con los estratégicos que se relacionan con el proceso global de toma de decisiones de la empresa o la organización.

5. En el ejemplo de aplicación expuesto en el Capítulo V se pudo comprobar la consistencia de los métodos multicriterio y su viabilidad para la evaluación, selección y jerarquización de una cartera de proyectos tecnológicos de una empresa consolidada en la industria de los energéticos.

6.2. RECOMENDACIONES.

- Es menester dar una importancia primordial a las actividades de I&DT tanto a nivel nacional como a nivel de la Industria Química y de proceso y dentro de ésta a las empresas que la conforman, tanto para aumentar su competitividad en una economía globalizada, como para solucionar las problemáticas tecnológicas creando una cultura de innovación y de planeación nacionales que permitan seleccionar, adaptar e implantar tecnologías más acordes con las necesidades básicas del país y de la sociedad. Esto implica una evolución de la cultura tecnológica que permita una planeación estratégica basada en el análisis de las fuerzas con las cuales deberán las empresas u organizaciones competir y ganar su posición tecnológica y de mercado.
- Es necesario que las empresas establezcan la alineación de la estrategia tecnológica con su estrategia corporativa a través de un proceso de planeación y un marco estratégico para la administración de la tecnología que permita la generación y caracterización de una cartera de proyectos de I&DT que satisfaga sus necesidades tecnológicas.
- Por lo anterior, se debe desarrollar un sistema para determinar, planear e implantar las tecnologías esenciales que podrán resultar de impacto en el futuro de las empresas resultando primordial la administración de la adquisición de la tecnología ya sea de manera interna, desarrollando habilidades y capacidades dentro de la propia empresa o de manera externa a través de convenios con otras empresas u organizaciones, principalmente los centros de investigación y educación superior de nuestro país.
- La administración de la tecnología requiere de la atención de los niveles superiores de la estructura organizacional dentro de las empresas y debe ser desplegada a través de su organización en forma estratégica para que contribuya con efectividad a su éxito en los mercados nacionales e internacionales.
- Resulta de singular importancia ubicar a la tecnología como una función de alta prioridad dentro de las empresas de nuestro sector, para asegurar la congruencia de la estrategia tecnológica con las estrategias generales de éstas.

APÉNDICE MATEMÁTICO

En la toma de decisiones con criterios múltiples intervienen al menos los siguientes pasos:⁽⁷⁷⁾

- a) Identificación de las opciones alternativas
- b) Identificación de los atributos relevantes
- c) Asociación a cada opción de un vector de atributos
- d) Selección de la mejor opción

Se supone que los puntos a, b y c han sido resueltos, por lo que sólo se analizará el punto d. Así, se puede considerar que a cada opción alternativa le corresponde un vector de atributos (o consecuencia o factores). Dado que se supone conocida la ley de asociación c y que únicamente se hará un análisis del caso determinista, el problema se puede reducir a seleccionar un elemento de un subconjunto X (llamado conjunto admisible de soluciones) del espacio producto

$$A = A_1 \times A_2 \times A_3 \dots \times A_n$$

Donde A_i es el conjunto de posibles elementos del i -ésimo atributo.

La dificultad de seleccionar el “mejor” elemento del subconjunto X estriba en que no existe un ordenamiento “natural” inducido sobre el espacio producto, aunque se pueda definir un ordenamiento total con respecto a cada atributo.

Las ideas intuitivas de “mejor”, “peor”, “inferior”, etc., están relacionadas con el concepto de preferencia, por lo que conviene estudiar sus propiedades y los modelos que implica.

7.1 MODELOS DE PREFERENCIA

El concepto de preferencia se relaciona con la noción de ser mejor y con el concepto de elección (*Von Wright* 1967)⁽⁵³⁾; aunque todas las formas de preferencia parecen estar en una relación intrínseca con la noción de bondad, aquí se usará preferencia en el contexto de problemas de elección, aún cuando esta sea de tipo potencial. Si se supone que el resultado de comparar dos alternativas es independiente de la presencia de una tercera disponible (condición de independencia de alternativas irrelevantes; *Arrow*, 1953)⁽⁵⁴⁾, entonces las preferencias pueden modelarse mediante una relación binaria P , de modo que xPy indica que “ x es preferido a y ”. En este sentido se ha desarrollado la mayor parte de las teorías de preferencia y a este se restringirá el resto del presente apéndice.

Para denotar expresiones como “ x es al menos tan preferible como y ” se usará xQy , y se puede definir una de las relaciones P o Q a partir de la otra.

El empleo de una teoría de la preferencia puede tomar uno de dos puntos de vista: el descriptivo, que intenta “predecir” la conducta electiva y el normativo, que trata de prescribirla. En ambos casos puede hablarse de una “teoría o modelo de preferencias” cuando los resultados de las comparaciones obedecen cierta estructura, que por lo general se da explícitamente mediante los llamados axiomas de preferencia.

En teoría de decisiones, el punto de vista normativo considera que los axiomas de preferencia, definidos a priori, sirven para normar, es decir, hacer racional el proceso de llegar a la “mejor decisión”. Se supone que este punto de vista tiene determinadas características:

Ayuda al decisor a lograr consistencia. Si se viola alguna suposición de preferencia “racional”, la teoría sugiere que se examinen y revisen uno o más juicios de preferencia para eliminar la inconsistencia.

Ayuda al decisor a “descubrir” o determinar las preferencias entre alternativas cuando no hay suficiente discriminación entre ellas, lo que es frecuente en los casos de criterios múltiples, si el problema de decisiones es bajo incertidumbre o riesgo.

Los axiomas se establecen de modo que, siendo lo menos restrictivos posible, permitan un tratamiento numérico de las preferencias tal que, eventualmente, al tenerse toda la información requerida, “la mejor decisión” se obtenga de la solución de un problema de optimización.

7.2 · ÁLGEBRA DE LAS RELACIONES BINARIAS

Si X, Y son dos conjuntos, entonces $R \subset X \times Y$ es por definición una relación de X en Y . Para indicar que $x \in X$ y $y \in Y$ están relacionadas por R , se emplearán indistintamente $(x, y) \in R$ o bien xRy . El subconjunto $R \subset X \times X$ es una *relación en X* . La unión y la intersección de relaciones de X en Y se definen, respectivamente, como la unión (\cup) y la intersección (\cap) de los correspondientes conjuntos de parejas.

En $X \times Y$ las relaciones: complemento, R , de $R \subset X \times Y$, *universal*, U , y *vacía*, ϕ , se definen como

$$\begin{aligned} R &\equiv \{ (x, y) \mid \in X \times Y \text{ tal que } (x, y) \notin R \} \\ U &\equiv X \times Y \\ \phi &\equiv \emptyset \end{aligned}$$

Si $R \subset X \times Y$ y $S \subset Y \times Z$, entonces la *relación producto* $RS \subset X \times Z$ y la *relación suma* $R + S \subset Y \times Z$ están definidas, respectivamente, por

$$\begin{aligned} RS &\equiv \{ (x, z) \mid \exists y \in Y \text{ tal que } (xRy, ySz) \} \\ R + S &\equiv \{ (x, z) \mid \forall y \in Y \Rightarrow (xRy, ySz) \} \end{aligned}$$

que no son, en general, conmutativas.

La *relación dual* de $R \subset X \times Y$ es la relación $R' \subset X \times Y$ definida por

$$R' \equiv \{ (y, x) \mid xRy \}$$

También se definen las relaciones en X

$$A^k \equiv A A^{k-1} \quad (k=2,3, \dots, n)$$

$$kA \equiv A + \dots + A \quad (k=2,3, \dots, n)$$

$$\Delta \equiv \{ (x, x) \mid x \in X \}$$

donde Δ se conoce como relación diagonal o de igualdad en X

7.3 RELACIONES DE ORDEN

Para construir un modelo de preferencias conviene definir una relación binaria básica. Para este propósito se han empleado dos relaciones:

Preferencia en el sentido “ x es preferible a y ”

Preferencia-indiferencia en el sentido “ x es al menos tan preferible como y ”

La primera relación se denotará xPy y la segunda xQy . Generalmente, se establece la forma de obtener una de ellas en función de la otra; así, dada la relación Q , resulta natural definir P como

$$P = Q \cap Q'$$

O sea, que “ x preferible a y ” equivale a decir que “ x es al menos tan preferible como y , y además y no es preferible a x ”. De manera análoga, para pasar de P a Q puede usarse la igualdad

$$Q = P \cup P'$$

Si se aceptan las dos últimas ecuaciones, de hecho se está suponiendo que

- a) P es asimétrica
- b) Q es conectada
- c) $P = Q'$

Las condiciones de asimetría de P y conectividad de Q son, sin embargo, generalmente aceptadas en las estructuras de preferencia.

La relación de indiferencia, denotada por I , que corresponde al concepto de ausencia de preferencia, se define formalmente como

$$I = P \cap P' = (P \cup P')$$

o bien

$$I = Q \cap Q'$$

Por tanto, I es una relación simétrica.

7.4 MODELOS DE PREFERENCIA

Como ya se ha mencionado, una teoría de preferencia contiene un conjunto de axiomas que dan cierta estructura a la relación binaria P . En la práctica se requiere, además, un modelo del que se puedan deducir los resultados de comparar dos opciones cualesquiera y que, por tanto, contendrá la misma estructura de la relación P . Formalmente, si P es una relación binaria en X , entonces un modelo de P es una función $f: X \rightarrow Y$ y una relación M en Y tal que

$$xPy \Rightarrow f(x) M f(y) \text{ para toda } x, y \in X \quad (1)$$

Se puede tener la implicación del lado contrario.

Por ejemplo, la teoría de la utilidad surgió al tratar de aplicar el modelo

$$xPy \Rightarrow u(x) > u(y) \text{ para toda } x, y \in X \quad (2)$$

donde u es una función real, y gran parte del trabajo consistió en determinar los axiomas de preferencia menos restrictivos que debería cumplir P para su aplicación.

Los primeros resultados de dicha teoría muestran que si P es asimétrico y negativo transitivo (orden débil), o sea también transitivo, y si se cumple cualquiera de las condiciones:

- a) X/I (el conjunto de clases de equivalencia de X bajo I) es contable
- b) (Caso en que X/I no es contable) Existe un subconjunto de X/I que es contable y que cumple cierta condición de densidad. (Fishburn, 1970)⁽⁵⁸⁾

entonces existe una función real u tal que

$$xPy \Leftrightarrow u(x) > u(y) \text{ para toda } x, y \in X \quad (3)$$

Al tratar de exigir menos condiciones a P de la que implica un orden débil, se llega a que si P es transitivo y asimétrico (orden parcial estricto) y se cumple cualquiera de las condiciones:

- a) X/\approx es contable, donde \approx está definida por

$$x \approx y \Leftrightarrow (xIz \Leftrightarrow yIz \text{ para todo } z \in X)$$

- b) (Caso en que X/\approx no es contable) Existe un subconjunto de X/\approx que es contable y que cumple cierta condición de densidad. (Fishburn, 1970)⁽⁵⁸⁾

entonces hay una función real que además de cumplir la ecuación 2, satisface que

$$x \approx y \Rightarrow u(x) = u(y)$$

El uso del modelo 2 implica que P sea al menos un orden parcial estricto, ya que la asimetría y la transitividad de la relación $>$ hacen necesario que P tenga esas mismas propiedades.

Todos los modelos utilitaristas caen en las formas 2 o 3, y aunque tienen la desventaja de imponer restricciones más o menos fuertes a las relaciones P, Q, I , son atractivos por la simplicidad en el manejo numérico.

Se han producido algunos modelos de preferencia como los de *Luce* (1956), *Aumann* (1962)⁽⁶²⁾ y *White* (1972)⁽⁶³⁾ en que se trata de relajar las imposiciones del modelo 2. También se menciona el modelo Electra de *Roy* (1971)⁽⁶⁴⁾ en que X es un espacio producto (caso de criterios múltiples) y el modelo de preferencia tiene la forma general

$$xRy \Leftrightarrow (xCy, xDy)$$

donde la relación C es llamada *condición de concordancia* y la D *condición de discordancia*

7.5 TEORÍA DE LA UTILIDAD

Uno de los modelos en la toma de decisiones se basa en la teoría de la utilidad, esto es, a cada curso de acción x se le asocia un escalar $u(x)$, de modo que las preferencias del que decide pueden traducirse en desigualdades entre las utilidades asociadas a cada acción. La conexión entre la toma de decisiones y la teoría de la utilidad es que, una vez obtenida la función de utilidad, el problema de tomar el mejor curso de acción puede ser traducido al de maximizar la utilidad.

7.5.1 Teorema fundamental

El resultado básico de la teoría de la utilidad es: Si la relación binaria de preferencia P entre dos acciones es un orden débil, esto es, P es asimétrica y negativa transitiva, entonces existe una función escalar u tal que

$$yPx \Leftrightarrow u(y) > u(x)$$

o sea, que u preserva el orden de las preferencias.

La asimetría de la relación binaria P significa que si yPx (y es preferida a x) entonces xPy (x no es preferida a y).

La transitividad negativa significa que si yPx (y es preferida a x) entonces xPy (x no es preferida a y).

La transitividad negativa significa que si yPx (y es preferida a x), entonces cualquier otro curso de acción debe ser comparable con x o con y , esto es, si z es cualquier opción, se debe cumplir:

$$zPx \text{ o } yPz$$

Las condiciones de asimetría y transitividad negativa implican la transitividad de la relación de preferencia, o sea

$$yPx \ \& \ xPz$$

Entonces

$$yPz$$

La transitividad negativa junto con la condición de asimetría también implican que si no existe una relación de preferencia entre dos acciones x, y , o sea que las dos acciones son indiferentes (xIy), entonces si $wPx \ \& \ xPz$, se debe cumplir que $wPy \ \& \ yPz$, es decir, que todas las acciones preferibles a x necesitan también ser preferibles a y , y viceversa; además, todas las acciones no preferibles a x también deben ser no preferibles a y , y viceversa.

La condición de que la estructura de preferencias sea un orden débil, se ha criticado fundamentalmente por implicar que la relación de indiferencia debe ser transitiva.

7.5.2. Semiórdenes y la Teoría de la Utilidad

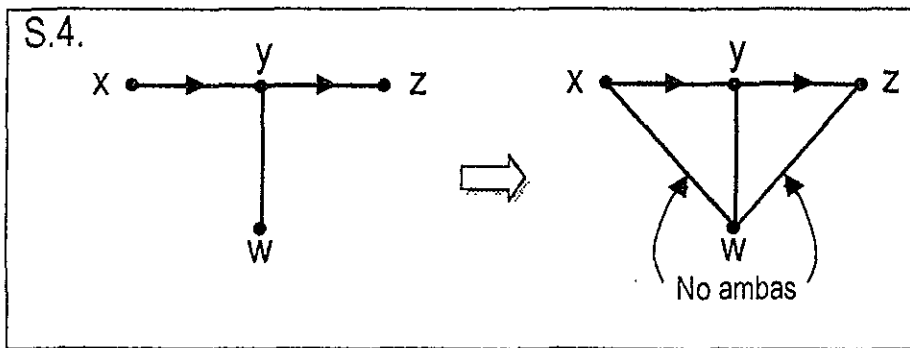
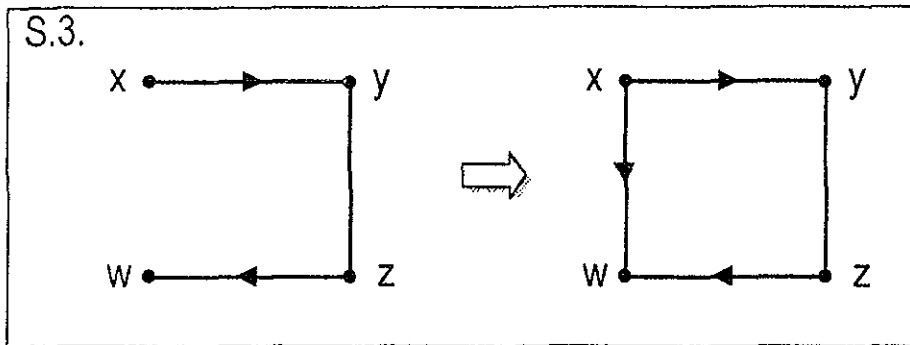
Luce (1956)⁽⁶⁵⁾ desarrolló una teoría de la preferencia que resultó de su preocupación por introducir una relación de indiferencia que pudiera ser intransitiva; según dicho autor, la intransitividad de esta relación no se debe, necesariamente, a la “irracionalidad” del que toma decisiones, sino más bien a la falta de discriminación entre las alternativas.

La teoría se basa en un concepto que *Luce* denotó como *semiorden*, ahora aceptado en la terminología común, equivalentes a una teoría de la utilidad en la que hay dos funciones llamadas “de diferencia apenas discriminada” (just noticeable difference functions), que definen un intervalo cerrado para cualquier valor de la utilidad, y se considera que una acción es indiferente a otra si la utilidad de la segunda cae dentro del intervalo de la primera, y será preferible si su utilidad rebasa el límite superior de dicho intervalo. Los resultados más importantes se resumen a continuación.

Sea X un conjunto, y P e I dos relaciones binarias sobre X , interpretándose xPy como “ x es preferible a y ” y xIy como “ x no puede ser discriminada de y ”; se dice que (P, I) es un semiorden de X , si para todo x, y, z y w en X se cumplen los axiomas:

- S.1. se cumple una y sólo una de las relaciones xPy, yPx, xIy .
- S.2. xIx
- S.3. $(xPy, yIz, zPw) \Rightarrow xPw$
- S.4. $(xPy, yPz, yIw) \Rightarrow$ no ambas xIw, zIw

El significado de los dos primeros axiomas es claro; los restantes pueden representarse en forma gráfica:



De los axiomas se deduce que: I es asimétrica, P es transitiva y $(xIy, yPz) \Rightarrow zPx$; además resulta, de inmediato, que un orden débil es un semiorden, pero no inversamente (Para más detalles, consultar la bibliografía).

7.5.3 Utilidades aditivas en conjuntos finitos

Cuando intervienen varios factores en la preferencia de una acción sobre otra, es natural, en algunas ocasiones, pensar en términos de un orden de preferencia para cada factor e investigar cómo deben combinarse estos órdenes a fin de lograra un orden de preferencia total. Para ello es necesario suponer cierto tipo de independendia entre el orden de un factor y los niveles de otros. Aquí se supone que en cada acción intervienen n factores $x_i, i = 1, \dots, n$.

7.5.4. Independencia preferencial

Es sencillo demostrar que una condición necesaria para que exista una función de utilidad aditiva es la independendia preferencial entre factores, o sea, si implica que:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} P \begin{bmatrix} y_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

Implica que:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_2 \end{bmatrix} P \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix}$$

Para todos los valores de y_2 , el primer factor es independiente en preferencia del segundo; similarmente, si

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} P \begin{pmatrix} x_1 \\ y_2 \end{pmatrix}$$

Implica que:

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ y_2 \end{pmatrix} P \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix}$$

Para todo y_1 , el segundo factor es *independiente en preferencia* del primero.

La definición anterior puede extenderse sin ninguna dificultad a grupos de atributos.

7.5.5. Intensidad de la preferencia

En lo tratado con anterioridad, la preferencia se definía entre pares de acciones. Sin embargo, a veces es necesario definir una relación de orden P^* entre las preferencias, esto es:

$$(x, y) P^* (z, w)$$

indica que la preferencia $z P w$ es mayor que la preferencia $x P y$.

Las condiciones para que exista una función de utilidad u , tal que

$$(x, y) P^* (z, w)$$

implica que

$$u(y) - u(x) > u(w) - u(z)$$

es la siguiente:

Si las acciones $x^1, x^2, \dots, x^m, w^1, w^2, \dots, w^m$ son una permutación de las acciones $y^1, y^2, \dots, y^m, z^1, z^2, \dots, z^m$ y

$$(x^j, y^j) P^* (z^j, w^j), \text{ para } j < m$$

entonces se cumple

$$(x^m, y^m) P^* (z^m, w^m)$$

7.6. MEDICIÓN DE LA UTILIDAD

Para medir la función de utilidad se ocurren naturalmente dos enfoques (*Hull, Moore y Thomas, 1973*)⁽⁶⁷⁾:

- a) Realizar un análisis de las decisiones pasadas
- b) Presentar al decisor una serie de problemas de decisión más sencillos que los que debe resolver en la práctica

El inconveniente principal del primer enfoque es el carácter único de algunas decisiones, así como la falta de registros históricos precisos y la posibilidad de que las utilidades varíen con el tiempo; de ahí que las técnicas desarrolladas para determinar las funciones de utilidad se han basado, fundamentalmente, en métodos del punto b.

7.6.1 Utilidades Multidimensionales

Desde el punto de vista de la teoría general en que una función real expresa las preferencias sobre un conjunto de posibles opciones, no hay ninguna diferencia entre una función de utilidad multidimensional y una unidimensional. Sin embargo, en el caso multidimensional, desde el punto de vista de la medición, se presentan dificultades debido a que cada atributo tiene características diferentes y es necesario realizar un gran número de comparaciones para reducir todos los criterios a uno solo. Por esto es conveniente, en algunos casos, hacer suposiciones respecto a la forma de la función de utilidad y agruparlas en las siguientes clases:

Función aditiva de utilidad

Funciones de utilidad con independencia entre factores.

7.6.2. Funciones aditivas de utilidad

La función de la utilidad aditiva toma la forma

$$U(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n u_i(x_i)$$

El problema de la medición de utilidades aditivas en el caso de n factores implica no solo la medición de n funciones de utilidad, sino además una comparación entre los orígenes y las unidades de ellas. Al respecto, se han empleado dos enfoques (*Fishburn, 1967*)⁽⁶⁶⁾:

- a) Tomar la utilidad de un factor como base (u_1) y determinar las de otros factores por comparaciones con esta.
- b) Determinar simultáneamente la función de utilidad para más de un factor o atributo.

7.6.3. Prioridad de los atributos

Se trata de resolver el problema de que no todos los atributos tienen la misma importancia. *Borisov* (1968) considera, al respecto, dos clases de criterios para establecer la prioridad:

- Principio de rigidez
- Principio de flexibilidad

El primero corresponde simplemente al principio de ordenamiento lexicográfico y el segundo a la selección de un vector de factores de peso (b_1, b_2, \dots, b_n) , de tal forma que el vector de atributos normalizado (x_1, x_2, \dots, x_n) , se reemplaza por el vector normalizado

$$(x_1, x_2, \dots, x_n) = (b_1x_1, b_2x_2, \dots, b_nx_n)$$

En conclusión, en el problema de elección de una opción, *Borisov* ^(op.cit.) considera que debe seleccionarse tres elementos:

- a) El criterio de optimización (función de utilidad)
- b) El vector ideal $(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$
- c) El vector de pesos relativos.

7.7. FUNDAMENTACIÓN MATEMÁTICA DE LOS MÉTODOS MULTICRITERIO NO-COMPENSATORIOS.

Los métodos de análisis multicriterio, también llamados « métodos de análisis con criterios múltiples », tienen por objetivo, proporcionar a los tomadores de decisión, herramientas que les permitan resolver un problema donde varios puntos de vista, la mayoría de las veces contradictorios, deben tomarse en cuenta. La primera constatación que debe hacerse, cuando se abordan este tipo de problemas, es que no existe forzosamente una decisión que sea la mejor simultáneamente para todos los puntos de vista. En general, los especialistas han subdividido estos métodos en los siguientes^(69,70):

- la teoría de la utilidad multiatributo,
- los métodos de sobre clasificación, y
- los métodos interactivos.

Esta clasificación incluye aquellos llamados « compensatorios » y « no-compensatorios ».

DEFINICIONES

Un conjunto de acciones « A », puede ser :

- Definido en extensión, por enumeración de sus elementos,
- definido por comprensión, por una propiedad característica o por restricciones matemáticas,
- estable, si se define *a priori* y no es susceptible de cambiarse en el curso de la solución,

- evolutivo, si puede ser modificada durante la solución, sea porque los resultados intermedios que aparecen en la metodología, o por que el problema de decisión se encuentra en un entorno cambiante,
- globalizado, si cada elemento de A excluye a todo otro elemento,
- fragmentado, si a través de los resultados del proceso de decisión se hacen intervenir combinaciones de varios elementos de A .

CRITERIOS Y FAMILIAS COHERENTES DE CRITERIOS.

Se llama « criterio » a una función « g », definida sobre A , que toma valores en un conjunto totalmente ordenado y que representa las preferencias del decisor, de acuerdo a su punto de vista o asesorado por un grupo de expertos, y por que sabe, puede y quiere tomar decisiones al respecto de un problema dado.

Se llaman, así:

- criterio verdadero si la estructura de preferencia subyacente es una estructura de preorden total,
- quasi-criterio, si la estructura de preferencia subyacente es una estructura quasi-ordenada (modelo con umbrales),
- criterio con intervalo, si la estructura de preferencia subyacente es una estructura de ordenes de intervalos (modelo con umbrales variables),
- pseudo-criterio, si la estructura de preferencia subyacente es una estructura con un pseudo-orden.

Cuando los problemas se basan en la consideración de varios criterios, cuya notación es $g_1, g_2, \dots, g_j, \dots, g_n$, su evaluación se escribe en general, $g_j(a)$.

La representación de los diversos puntos de vista (aspectos, factores, características, atributos, etc.) por medio de una familia $F = \{g_1, \dots, g_j, \dots, g_n\}$ de criterios es, ciertamente, la parte más delicada de un problema de toma de decisiones. La familia F de criterios debe representar todas las fases del problema, evitando las redundancias. En adelante se llamará « familia coherente de criterios » que debe acompañarse de pruebas que permitan verificar la coherencia. Se tomará como convención que las preferencias se enunciarán en un orden creciente de las g_j .

PROBLEMA MULTICRITERIO

Definición : un problema de decisión multicriterio, es una situación donde, habiendo definido un conjunto A de acciones, es una familia F coherente de criterios sobre A y, se desea :

- Determinar un subconjunto de acciones consideradas como las mejores respecto de F (problema de selección).
- Particionar A en subconjuntos que siguen normas preestablecidas (problema de clasificación).
- Ordenar las acciones de A de la mejor a la menos buena (problema de jerarquización).

Un problema de decisión multicriterio no es obviamente una realidad objetiva de la cual se pueda proporcionar inmediatamente una descripción aceptable para todos los actores en la toma de decisiones. En efecto, en realidad un problema multicriterio es una mezcla de la evaluación, selección y jerarquización de los propios criterios y también puede dar lugar a:

- definiciones diferentes de A,
- definiciones diferentes de F,
- definiciones diferentes de la problemática asociada (seleccionar, clasificar, jerarquizar).

RELACIÓN DE DOMINACIÓN⁽⁷¹⁾

Definición: dados dos elementos « a » y « b » de A, « a » domina a « b » (aDb), si y solamente si :

$$g_j(a) \geq g_j(b), j=1,2,\dots,n.$$

y al menos una de las desigualdades es estricta.

ACCIÓN EFICIENTE

Definición : una acción « a » es eficiente si y solamente si ninguna otra acción de A la domina. Por otra parte que la definición de eficiencia conduce a conceptos tales como « débilmente eficientes », « fuertemente eficientes », « propiamente eficientes », etc.

IMAGEN DE A EN EL ESPACIO DE LOS CRITERIOS.

Ya que un criterio es una función de « g » que toma sus valores en un conjunto totalmente ordenado, se puede entonces representar $g_j(a)$ por un número real.

El conjunto de las evaluaciones de una acción « a », $\{g_1(a), \dots, g_j(a), \dots, g_n(a)\}$, puede representarse por un punto en el espacio \mathfrak{R}^n .

Definición : la imagen de A en el espacio de criterios es el conjunto Z_A de puntos de \mathfrak{R}^n obtenidos, representando cada acción « a » por el punto de coordenadas $\{g_1(a), \dots, g_n(a)\}$.

PUNTO IDEAL

Definición : el punto ideal es el punto de coordenadas (z_1^*, \dots, z_n^*) pertenecientes a \mathfrak{R}^n , donde :

$$z_j^* = \max_A g_j(a), j=1,2,\dots,n.$$

$$g_j(a^j) = z_j^*$$

donde a^j es la mejor acción para el criterio « j ».

MATRIZ DE UTILIDADES (*payoff matrix*)

Definición · la matriz de utilidades es la matriz $G(n \times n)$ cuyo elemento general es:

$$G_{kl} = g_k(\hat{a}^l), \quad k, l = 1, \dots, n.$$

Se trata por lo tanto, de la matriz que retoma para cada acción (\hat{a}^l), sus evaluaciones siguiendo todos los criterios; en particular,

$$G_{ll} = z_j^*:$$

las componentes del punto ideal se encuentran en la diagonal principal de la matriz de utilidades. Nótese que la matriz de utilidades sólo es única, si cada criterio alcanza su máximo en una sola acción.

EL NADIR

Definición : el nadir es el punto de coordenadas (z_1, \dots, z_n) , donde

$$z_j = \min_i G_{ji}, \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

Es evidente que este punto depende de la matriz de utilidades elegida y del conjunto A.

ALGUNOS TEOREMAS.

Teorema 1: si « \hat{a} » es una acción que maximiza la siguiente expresión en A:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j g_j(a),$$

donde $\lambda_j \geq 0, \forall j$,

entonces « \hat{a} » es eficiente.

Teorema 2 ⁽⁷²⁾: si « \hat{a} » es la única acción que, en A, minimiza la cantidad (llamada « distancia ponderada de Tchebycheff)

$$\max_j \lambda_j (z_j^{**} - g_j(a)),$$

donde $\lambda_j > 0$ y $z_j^{**} > z_j^*, \forall j$, entonces « \hat{a} » es eficiente, y recíprocamente. En el caso para el que « \hat{a} » no es única, una al menos de las acciones óptimas es eficiente.

Teorema 3: si « à » minimiza , en A, la cantidad siguiente (llamada « distancia ponderada aumentada de Tchebycheff),

$$\max_j \lambda_j (z_j^{**} - g_j(a)) - \sum_{j=1}^n \rho_j g_j(a),$$

donde $\lambda_j > 0$, $z_j^{**} > z_j^*$ y $\rho_j > 0$, son arbitrariamente pequeñas, entonces « à » es eficiente y recíprocamente.

El teorema 1 muestra que la optimización de una combinación lineal positiva de criterios proporciona siempre una acción eficiente. Lo teoremas 2 y 3, permiten caracterizar las acciones eficientes como aquellas que minimizan una « distancia » con relación de un punto que domina ligeramente el punto ideal.

TASA DE SUBSTITUCIÓN

La noción de tasa de sustitución traduce la idea de compensación entre la pérdida sobre un criterio y la utilidad sobre otro. Sea una acción « a » caracterizada por las evaluaciones :

$$\{ g_1(a), \dots, g_j(a), \dots, g_r(a), \dots, g_n(a) \}.$$

Definición : la tasa de sustitución, en « a » del criterio « j » con relación al criterio « r » (tomado como criterio de referencia) es la cantidad $w_{j,r}(a)$ tal que la acción « b », cuyas evaluaciones serían :

$$g_1(b) = g_1(a), \quad \forall l, \text{ diferente } j, r,$$

$$g_j(b) = g_j(a) - 1,$$

$$g_r(b) = g_r(a) + w_{j,r}(a),$$

sea indiferente a « a ».

Se trata entonces de la cantidad que hay que adicionar al criterio de referencia para compensar una unidad una pérdida de una unidad sobre el criterio.

Supongamos que sea posible representar las preferencias globales del decisor por una función $U(g_1, \dots, g_n)$ que agrega todos los criterios y que es diferenciable.

Sea entonces,

$$z_a = (g_1(a), \dots, g_n(a)),$$

$$z_b = (g_1(b), \dots, g_n(b)),$$

se obtiene :

$$0 = U(z_a) - U(z_b) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial U}{\partial g_i} \right)_{z_a} (g_i(b) - g_i(a))$$

$$0 = - \left(\frac{\partial U}{\partial g_j} \right)_{z_a} + w_{j,r}(a) \left(\frac{\partial U}{\partial g_r} \right)_{z_a}$$

de lo cual resulta finalmente:

$$w_{jr}(a) = \frac{(\partial U / \partial g_j)(z_a)}{(\partial U / \partial g_r)(z_a)}$$

$$U(g_1 \dots g_n) = \sum_{i=1}^n \lambda_i g_i \quad \text{para el caso en que } U \text{ es una media ponderada de los criterios.}$$

se obtiene $w_{jr}(a) = \frac{\lambda_j}{\lambda_r} = \text{constante.}$

Esta última expresión es para el caso de la media ponderada, las **tasas de sustitución son, en realidad, los « pesos » de los diversos criterios.**

INDEPENDENCIA PREFERENCIAL

Definición : Sea F la familia de criterios, J un subconjunto de F y \underline{J} el subconjunto complementario; J es preferencialmente independiente en F si, dadas, por ejemplo, 4 acciones cualesquiera « a », « b », « c », « d », tales que :

$$g_j(a) = g_j(b), \forall j \in \underline{J}$$

$$g_j(c) = g_j(d), \forall j \in \underline{J}$$

$$g_j(a) = g_j(c), \forall j \in J$$

$$g_j(b) = g_j(d), \forall j \in J,$$

se tiene :

$$aPb \Leftrightarrow cPd,$$

donde « P » es la relación de preferencia global tomando en cuenta todos los criterios.

Dicho de otra manera, J es desde el punto de vista de las preferencias, independiente de F si las preferencias entre las acciones sólo difieren por sus evaluaciones sobre los criterios de J , y no dependen de los valores que se asocian a los criterios de su complemento, \underline{J} .

7.8. MÉTODOS ELECTRA

Roy (1971)^(op.cit.) desarrolló este método de toma de decisiones con criterios múltiples. Se puede usar en el caso en que X , el conjunto de alternativas, es finito y cada opción se caracteriza por n atributos mutuamente excluyentes y exhaustivos. Se fundamenta en la construcción de un ordenamiento menos fuerte que un orden total (como el implicado por la existencia de una función de utilidad) y menos débil que el orden parcial generado por los órdenes completos de cada uno de los atributos y en la posterior eliminación de algunas opciones.

El ordenamiento que se genera con el método Electra (llamado relación de sobreclasificación) será denotado por R , esto es, xRy indica que x está sobreclasificado con respecto a y .

La construcción de R tiene dos propósitos

1. Eliminar algunas alternativas en el proceso de selección de la mejor opción.
2. Ayudar al decisor a autoexaminar sus preferencias.

Para decidir si xRy , se deben cumplir dos condiciones.

Condición de concordancia

Esta condición se introduce con el propósito de garantizar que cuando x sobreclasifique a y , la bondad del primero debe ser superior a la del segundo sentido. Roy propone el siguiente procedimiento:

- a) Se dividen los atributos en tres grupos, con respecto a cada pareja de opciones

$$\begin{aligned} I^+(x,y): & \text{ conjunto de atributos en los cuales } xRy \\ I^-(x,y): & \text{ conjunto de atributos en los cuales } xIy \\ I(x,y) = & I^+(x,y) \end{aligned}$$

xRy indica que con respecto al i -ésimo atributo x es preferible a y

xIy indica que con respecto al i -ésimo atributo hay indiferencia entre x y y

- b) Se valora la importancia de cada uno de los tres grupos I^+ , I^- , I mediante tres pesos (b^+ , b^- , b)

Lo anterior es el primer tipo de información que debe ser proporcionada por el decisor.

En seguida se determina (una o varias) condiciones del tipo

$$f[b^+(x,y), b^-(x,y), b(x,y)] \geq C$$

de tal forma que la condición anterior sea necesaria para que xRy .

Ejemplos de f son:

$$\begin{aligned} b^+ + b^- & \geq C \\ b^+ / b^- & \geq C \end{aligned}$$

Una manera de seleccionar b^+ , b^- y b es optar por un peso para cada uno de los atributos; por ejemplo, un vector $b = (b_1, b_2, \dots, b_N)$ y hacer

$$b^- = \sum_{i \in I^-} b_i$$

$$b^+ = \sum_{i \in I^+} b_i$$

$$b = \sum_{i \in I} b_i$$

Condición de discordancia

Esta condición se introduce con el propósito de evitar que x sobreclasifique a y cuando alguno o varios de los atributos de x son muy inferiores con respecto a los de y .

Para especificar este tipo de condición se seleccionan subconjuntos D_i en los espacios productos $X_i \times X_j$ para cada atributo i .

Este es el tercer grupo de informaciones proporcionadas por el decisor.

A partir de los conjuntos D_i , la condición de discordancia se expresa como

$$xRy \Rightarrow (x_i, y_i) \in \tilde{D}_i \quad \forall i$$

Entonces la relación de sobreclasificación puede resumirse así:

$$xRy \Leftrightarrow [f(b^+, b^-, b^-) \geq C \ \& \ (x_i, y_i) \in \tilde{D}_i \ \forall i]$$

A no ser que se impongan algunas restricciones en las funciones f y en los conjuntos D_i , la relación R puede ser intransitiva, irreflexiva, cíclica, etc.

La segunda parte del método Electra consiste en eliminar algunas alternativas y reducir el espacio en que se busca la “mejor” solución.

Dado un conjunto finito de opciones (x, y, w, z) y una sobreclasificación R , entonces pueden eliminarse todas las opciones excepto aquellas que pertenecen al núcleo N que se define a continuación:

- a) Si R es acíclica entonces el núcleo es un subconjunto del espacio X de opciones que tiene las siguientes propiedades.

Para cualquier par de elementos del núcleo (x, y) debe cumplirse que $x\tilde{R}y$ & $y\tilde{R}x$, o sea que ningún elemento del núcleo debe sobreclasificar a otro elemento del mismo

Dado cualquier elemento fuera del núcleo (z) existe un elemento de este que los sobreclasifica, esto es, existe un $y \in N$ tal que si $z \notin N$ entonces yRz

- b) Cuando R tiene ciclos, entonces se procede de manera diferente.

Se agrupan todas las acciones en clases de equivalencia, de manera que x es equivalente a y si, y sólo si, hay un ciclo que incluya a estas dos opciones. La clase de equivalencia generada por x se denota por $x\tilde{\sim}$

Sobre las clases de equivalencia definidas en el párrafo anterior se construye una sobreclasificación R_C de la forma

$$x \sim_{R_C} z$$

si y sólo si existen dos elementos

$$\omega \in x \sim \text{ y } \gamma \in z \sim$$

tales que

$$\omega R \gamma$$

Como es posible demostrar que R_C es acíclica, entonces se forma el núcleo como el punto a).

Una vez reducido el problema de selección al núcleo, pueden hacerse tanto f como D , más restrictivos y aplicar el método iterativamente hasta lograr que el número quede formado por un solo elemento.

7.8.1. EL MÉTODO ELECTRA I

Definiciones : una relación de sobreclasificación es una relación binaria « S » definida en A tal que $a S b$ si, dadas las preferencias del decisor y la calidad de las evaluaciones de las acciones y la naturaleza del problema, hay argumentos suficientemente grandes para admitir que « a » es al menos tan buena que « b », sin que exista una argumentación en contra para rechazar esta afirmación.

Una relación de sobreclasificación no tiene por qué ser completa ni transitiva. Por ello, no permite, en general, de obtener una solución al mejor compromiso de inmediato o una jerarquización de las acciones. Así este tipo de métodos, puede partirse en dos etapas: la construcción de una relación de sobreclasificación y su explotación tomando en cuenta la problemática elegida.

Estos métodos, se han propuesto para problemas donde el conjunto A de acciones es finito, pero la filosofía de éstos puede extenderse a casos infinitos.

Por otra parte, estos métodos hacen intervenir la noción de « pesos » de los criterios, para poder representar su importancia relativa.

Este método se aplica para problemas de selección multicriterio; con esta meta, este método trata de obtener un subconjunto N de acciones tal que toda acción que no esté en N es sobreclasificada por al menos una acción de N. Este subconjunto (lo más pequeño que sea posible) no es, por lo tanto el conjunto de buenas acciones sino es el conjunto donde se encuentra el mejor de los compromisos buscado, dado el problema multicriterio.

CONSTRUCCIÓN DE LA RELACIÓN DE SOBRECLASIFICACIÓN.

Se atribuye a cada criterio, un peso, « p_j » que entre más grande es, más importante es el criterio que se le asocia. A cada par de acciones (a,b) el índice de concordancia se asociado es :

$$c(a,b) = \frac{1}{P} \sum_{j: g_j(a) \geq g_j(b)} p_j, \text{ donde } P = \sum_{j=1}^n p_j$$

Este índice, que varía entre 0 y 1, mide los argumentos en favor de la afirmación: « a sobreclasifica b ». Entre los criterios en favor de « b », puede haber para los cuales las preferencias de « b » sobre « a » sea tal, que ponga en duda la afirmación precedente. En ELECTRA I, este fenómeno, estaba representado por un índice de discordancia definido como sigue :

$$d(a,b) = 0, \text{ si } g_j(a) \geq g_j(b), \forall j,$$

$$\frac{1}{\partial} \max_j [g_j(b) - g_j(a)], \text{ si no, donde}$$

$$\partial = \max_{c,d,j} [g_j(c) - g_j(d)]$$

$d(a,b)$ es por lo tanto, un índice (comprendido entre 0 y 1) tanto más grande como la preferencia de « b » sobre « a » sea fuerte al menos en uno de los criterios.

Se puede observar, no obstante, que este índice sólo puede ser utilizado si las diferencias entre : $g_j(b) - g_j(a)$ tienen sentido a través de sus calificaciones y son comparables de un criterio a otro, es decir en la escala de calificaciones del conjunto de criterios. Si estas hipótesis no se verificaran, es preferible definir para cada criterio « j » un conjunto de discordancias « D » formado por los pares (x_j, y_j), tales que si :

$$g_j(a) = x_j \text{ y } g_j(b) = y_j,$$

entonces se rechaza la sobreclasificación de « b » por « a ».

Habiendo definido un umbral de concordancia, \hat{c} , (relativamente grande) y un umbral de discordancia, \hat{d} , (relativamente pequeño), se define la relación de sobreclasificación « S » por :

aSb si y solamente si :

- $c(a,b) \geq \hat{c}$,
- $d(a,b) \leq \hat{d}$,

aSb si y solamente si :

- $c(a,b) \geq \hat{c}$,
- $[g_j(a), g_j(b)] \notin D_j, \forall j,$

de acuerdo a como se haya definido la discordancia.

EXPLOTACIÓN DE LA RELACIÓN DE SOBRECLASIFICACIÓN

Teniendo la relación de sobreclasificación, « S », que puede representarse por un grafo en donde los nodos son las acciones, se busca un subconjunto « N » de acciones tal que :

- $\forall b \in A \setminus N, \exists a \in N : aSb ;$
- $\forall a, b \in N, a$ no es preferido a b (aS/b).

Se busca por lo tanto, un subconjunto « N » de acciones tal que toda acción que no está en N es sobreclasificada por al menos una acción de N y las acciones de N son incomparables entre ellas.

En teoría de grafos, el conjunto se llama « núcleo » del grafo y existen algoritmos para poderlo determinar. Es necesario recordar que si no hay circuito en el grafo, el núcleo existe y es único. Una técnica consiste entonces en reducir los circuitos del grafo inicial, es decir reemplazar cada circuito por un elemento único, que es en realidad tomar la consideración de empatar las acciones del circuito, pero esta operación puede eliminar una buena parte de la información contenida en la relación de sobreclasificación.

Para evolucionar hacia el mejor compromiso, es necesario analizar de manera más fina las acciones que se encuentran en el núcleo. Es necesario realizar por lo tanto parametrizaciones sobre p_i , \hat{c} , \hat{d} y de estudiar tanto la estabilidad como la robustez del resultado con respecto a las variaciones de los parámetros. Este análisis paramétrico puede servir igualmente a reconsiderar las acciones del núcleo.

7.8.2. EL MÉTODO ELECTRA II.

CONSTRUCCIÓN DE LA RELACIÓN DE SOBRECLASIFICACIÓN.

El método ELECTRA II, sirve para clasificar o jerarquizar las acciones de la peor a la mejor. En realidad la metodología de ELECTRA II⁽⁷³⁾, esta basada sobre la anterior, aunque de manera muy importante se recalculan los índices de discordancia y concordancia, fijando dos umbrales para la concordancia que llamaremos « \hat{c}_1 y \hat{c}_2 », tales que $\hat{c}_1 > \hat{c}_2$, construyéndose una relación de sobreclasificación « FUERTE », S^F y una relación de sobreclasificación « DEBIL », S^f como sigue :

$aS^F b$, si y sólomente si :

- $c(a,b) \geq \hat{c}_1$

$$\sum_{j: g_j(a) \geq g_j(b)} p_j \geq \sum_{j: g_j(a) \leq g_j(b)} p_j,$$

$$j: g_j(a) \geq g_j(b) \quad j: g_j(a) \leq g_j(b)$$

$$(g_j(a), g_j(b)) \notin D_j, \forall j ;$$

$aS^f b$, si y sólo si :

- $c(a, b) \geq c_2$

$$\sum_{j: g_j(a) \geq g_j(b)} p_j \geq \sum_{j: g_j(a) \leq g_j(b)} p_j,$$

$$(g_j(a), g_j(b)) \notin D_j, \forall j;$$

La discordancia puede también dar lugar a dos niveles de severidad, construyendo para cada criterio « j », dos conjuntos de discordancias :

- D_j^1
- D_j^2
- $D_j^2 \subset D_j^1$

EXPLOTACIÓN DE LA RELACIÓN DE SOBRECLASIFICACIÓN

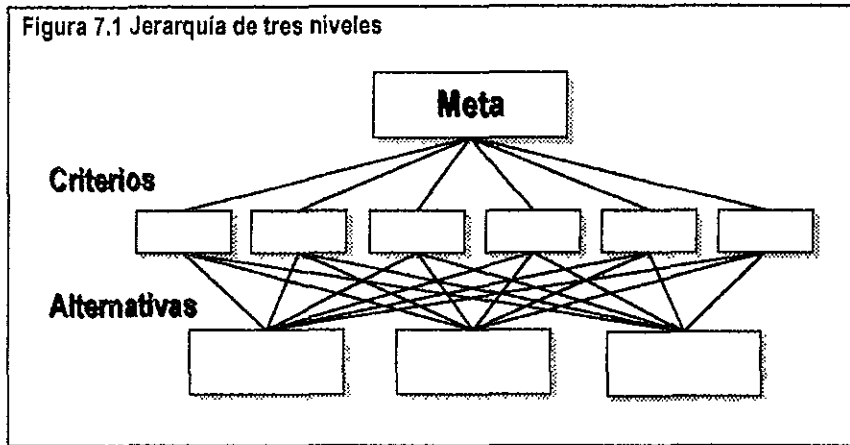
La clase de las mejores acciones, es decir, la primera clase en la jerarquización, es obtenida como sigue: después de la reducción de los circuitos de S^F , se determina el conjunto « B » de las acciones que no están sobreclasificadas fuertemente por ninguna otra acción; al interior de este conjunto, se reducen los circuitos de S^f y se determina el conjunto A^1 de las acciones que no están sobre clasificadas débilmente por ninguna otra acción de B. El conjunto A^1 constituye la primera clase de la jerarquización y el procedimiento comienza en el conjunto restante, proporcionando así un preorden completo.

Un segundo preorden de preferencia completo se construye de manera análoga, pero comenzando con la clase de las acciones menos buenas y subiendo hacia las mejores. En este caso también es muy importante un análisis de la robustez y de la estabilidad de la solución. Entre otras metodologías a seguir para obtener preordenes completos, está aquella que consiste en basarse en los nodos de un grafo, es decir, a representar el número de acciones que sobreclasifican fuertemente o que están sobreclasificadas por cada acción, y los empates pueden reorganizarse sobre la base de la sobreclasificación débil.

7.9. EL MÉTODO ANÁLISIS JERÁRQUICO MULTICRITERIO

Es una teoría general de la medición y el control. Es usado para derivar relaciones de escalas discretas o continuas para llevar a cabo comparaciones de estructuras jerárquicas a varios niveles. Estas comparaciones pueden efectuarse de medidas reales o de una escala llamada "fundamental" que refleja la fuerza relativa de la preferencias de un tomador de decisiones. Este método se preocupa especialmente del punto de partida de la consistencia y de la medición de éste punto de partida, en conjunto con la dependencia dentro y entre los grupos de elementos de su estructura. Una de sus principales aplicaciones en la toma de decisiones multicriterio. En su forma general este método tiene un marco no lineal para llevar a cabo las dos formas de resolver un problema, es decir, la deductiva y la inductiva, sin necesidad de utilizar silogismos. Esto último se ha hecho posible tomando en

consideración varios factores simultáneamente, permitiendo que exista dependencia y retroalimentación y efectuando varias iteraciones numéricas para llegar a una síntesis o conclusión. (ver figura 7.1)



Para utilizar el método para modelar un problema, se necesita una estructura jerárquica o de redes que represente el problema, Así como comparaciones par a par para establecer las relaciones dentro de la estructura. En el caso discreto, estas comparaciones conllevan a matrices de dominio para las cuales la relación de escalas se obtiene en forma de eigenvectores o eigenfunciones. Estas matrices son positivas y recíprocas, es decir:

$$a_{ij} = 1 / a_{ji}$$

Para caracterizar estas matrices pueden verse las siguientes referencias ^(40,43,44,45). De la misma manera, debido a la necesidad de caracterizar varios juicios de valor, varios trabajo de investigación explican la forma en que éstos se sintetizan en grupos.

Debemos mencionar que existen cuatro axiomas para utilizar el AJM. Brevemente, se relacionan con la relación recíproca antes mencionada, con la comparación de elementos homogéneos, con la dependencia jerárquica entre sistemas y con la explicación acerca de la validez del posicionamiento y el valor del resultado final así como con su dependencia sobre la estructura jerárquica.

MEDICIÓN ABSOLUTA Y RELATIVA E INFORMACIÓN ESTRUCTURAL

En las comparaciones relativas, las alternativas se comparan por pares de acuerdo a un atributo común. En el método se utilizan tanto comparaciones relativas como absolutas para obtener relaciones de escalas de medición. Las medidas relativas $w_i, i=1, \dots, n$, de cada uno de los n elementos es una escala de relación de valores asignados a ese elemento que son obtenidos comparándolos en pares con los otros. En las comparaciones par a par, dos elementos i y j son comparados con respecto a una propiedad que tienen en común. La i pequeña se utiliza como la unidad y la j grande es estimada como un múltiplo de esa unidad en la forma $(w_i / w_j) / I$ en donde la relación w_i / w_j se toma de una escala fundamental de valores absolutos.

La medición absoluta, algunas veces llamada calificación (“scoring”), se aplica para el posicionamiento de alternativas en términos tanto de los criterios o el grado (o intensidades) de los criterios; por ejemplo, excelente, muy bien, bien, promedio, debajo del promedio, malo y muy malo; ó A, B, C, D, E, F y G. Después de determinar las prioridades para los criterios (o subcriterios, si es que existe alguno), las comparaciones par a par se realizan entre los grados mismos para determinar las prioridades para ellos bajo cada criterio y dividiendo cada una de sus prioridades por el grado de intensidad más alto para así obtener la intensidad ideal. Finalmente, las alternativas se califican checando sus respectivos grados bajo cada criterio y sumándolos para todos los criterios. Esto produce una calificación de la escala de relación para las alternativas. Las calificaciones obtenidas pueden al final ser normalizadas dividiéndolas por sus respectivas sumas.

LA ESCALA FUNDAMENTAL

Los juicios de comparación en el AJM se aplican a pares de elementos homogéneos. La escala fundamental de valores que representan la intensidad de los juicios se muestra en la tabla 7.1

TABLA 7.1 Escala fundamental

Grado de importancia	Definición	Explicación
1	De igual importancia	Dos actividades contribuyen igualmente al objetivo
2	Débil	
3	De moderada importancia	La experiencia y el juicio favorece sutilmente una actividad sobre la otra
4	Más moderado	
5	De fuerte importancia	La experiencia y el juicio favorece drásticamente una actividad sobre la otra
6	Más fuerte	
7	Muy fuerte	Una actividad es favorecida muy fuertemente sobre otra; su dominio se demuestra en la práctica
8	Muy, muy fuerte	
9	De extrema importancia	El favorecimiento evidente de una actividad sobre la otra es uno de los más altos órdenes posibles de afirmación.
Recíproco de los anteriores	Si una actividad i tiene uno de los anteriores asignados cuando se compara con la actividad j entonces j tiene el valor recíproco cuando se compara con i	Una suposición razonable
Racionalidad	Relaciones producto de la escala	Si la consistencia fuera forzada para obtener n valores numéricos para extenderse sobre la matriz

LA SOLUCIÓN EIGENVECTORIAL PARA LOS PESOS Y SU CONSISTENCIA

Existe un número infinito de formas de obtener el vector de prioridades de la matriz (a_{ij}) . Pero el énfasis en la consistencia nos conduce a la formulación de eigen valores $Aw = nw$. Para poder apreciar esto, asumiremos que las prioridades $w = (w_1, \dots, w_n)$ se conoce con respecto a un solo criterio, entonces se podrá examinar lo que se debe recuperar para ello. De esta manera se forma la matriz de relaciones de comparación que se multiplica por el vector w para obtener:

$$\begin{pmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} = n \begin{pmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix}$$

Si a_{ij} representa la importancia de la alternativa i sobre la alternativa j y a_{jk} representa la importancia de la alternativa j sobre la alternativa k y a_{ik} la importancia de la alternativa i sobre la alternativa k , entonces se debe igualar $a_{ij} a_{jk}$ o $a_{ij} a_{jk} = a_{ik}$ para que los juicios sean consistentes. Si no se tiene ninguna escala, o no se tiene de forma conveniente, no se puede dar los valores precisos de w_i/w_j sino sólo un estimado. Nuestro problema, ahora se convierte en $A'w' = \lambda_{\max} w'$ en donde λ_{\max} es el principal eigenvalor de $A' = (a'_{ij})$ y se fuerza el valor perturbado de $A = (a_{ij})$ con su recíproco $a'_{ji} = 1/a'_{ij}$. Para simplificar la notación escribiremos $Aw = \lambda_{\max} w$ en donde A es la matriz de comparaciones par a par.

La solución se obtiene elevando la matriz a la potencia que sea suficientemente grande, y luego sumando sobre las filas y normalizando para obtener el vector de prioridades $w = (w_1, \dots, w_n)$. El proceso termina cuando la diferencia entre los componentes del vector de prioridad se obtienen a la k -ésima potencia y la potencia $(k + 1)$ es menor que algún valor menor predeterminado. El vector de prioridades se obtiene de la escala asociada a la matriz de comparaciones. Se asigna en esta escala el valor de cero a un elemento que no sea comparable con los elementos considerados.

Una forma simple de obtener el valor exacto (o estimado) de λ_{\max} cuando se tiene disponible el valor exacto (o estimado) de w en su forma normalizada es sumando las columnas de A y multiplicar el vector resultante por el vector de prioridades w .

El problema ahora es, saber que tan adecuado es el eigenvector principal estimado w . Nótese que si se obtiene $w = (w_1, \dots, w_n)^T$, resolviendo este problema, la matriz cuyas entradas sean w_i/w_j resulta en una matriz consistente la cual es nuestra matriz estimada consistente de la matriz A . La misma matriz original A , no necesita ser consistente. De hecho, las entradas de A no necesitan ser aún transitivas; por ejemplo, A_1 puede ser preferida a A_2 y A_2 a A_3 pero A_3 puede ser preferida a A_1 . Lo que se preferiría sería una medida del error que conduce a la inconsistencia. Esto nos conduce a que A es consistente si y sólo si $\lambda_{\max} = n$ y que siempre se tenga $\lambda_{\max} \geq n$.

ESTRUCTURACIÓN DE LA JERARQUÍA.

Quizás la parte más creativa y que tiene mayor influencia en la toma de decisiones es la estructuración de la decisión en forma jerárquica. El principio básico a seguir en la creación de esta estructura es siempre distinguir si se puede contestar la siguiente pregunta: “¿Es posible comparar los elementos de un nivel menor en términos de alguno o de todos los elementos para el siguiente nivel mayor?”

Una forma útil de proceder para la realización de esta tarea es bajar jerárquicamente desde la meta u objetivo tan lejos como sea posible y luego subir desde las alternativas hasta que todos los niveles se encuentren encadenados de tal forma que la comparación sea posible. A continuación se presentan algunas sugerencias para elaborar el diseño:

1. Identificar la meta global; por ejemplo: “¿Cuál es el objetivo a lograr?”, ¿Cuál es la pregunta principal?”
2. Identificar las submetas de la meta global. Si es relevante, identificar el horizonte de tiempo que afecta la decisión.
3. Identificar los criterios que se deben satisfacer para cumplir las submetas de la meta global.
4. Identificar los subcriterios de cada criterio. Nótese que los criterios o subcriterios se deben especificar en términos de rangos de valores paramétricos o en términos de intensidad tales como alto, medio, bajo.
5. Identificar los actores involucrados.
6. Identificar a los actores de las metas.
7. Identificar los actores de las políticas.
8. Identificar las opciones o los resultados posibles.
9. Tomar el resultado más conveniente y compararlo con la relación beneficio/costo de llevar a cabo la decisión o no. Realizar el mismo procedimiento cuando existan varias alternativas a escoger.
10. Realizar el análisis costo/beneficio utilizando valores marginales. Si se utilizan jerarquías dominantes, preguntarse si las alternativas conducen a mayores beneficios; por ejemplo, en términos de costos, que alternativa es más costosa.

RACIONALIDAD

El término racionalidad se define en el AJM como:

- La habilidad para enfocarse en la meta de resolución del problema
- El conocimiento de todo cuanto sea posible del problema para desarrollar una estructura sólida de relaciones e influencias.
- Tener el conocimiento, la experiencia y el acceso al conocimiento y la experiencia de otros para determinar la prioridad de las influencias y los efectos dominantes entre las relaciones en la estructura.
- Permitir las diferencias de opinión y la habilidad para desarrollar el mejor esfuerzo.

ANEXO 1

ANEXO 1
MATRIZ DE INCIDENCIAS

	AGRUPACIÓN TECNOLÓGICA															
	PROCESO DE MATERIA PRIMA	MEDICIÓN Y CONTROL	OPTIMIZACIÓN DE LA UNIDAD DE PROCESO	TECNOLOGÍA CATALÍTICA	TECNOLOGÍA AMBIENTAL	OPTIMIZACIÓN DE PLANTAS	OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN	ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN	DISTRIBUCIÓN	SEGURIDAD E HIGIENE	OPTIMIZACIÓN DE MATERIA PRIMA	PRODUCTOS ALTERNOS	TRANSPORTE	ESPECIALIDAD Y SUB-PRODUCTOS	COMERCIALIZACIÓN	
	E	F	B	G	J	D	A	K	H	N	C	O	I	L	M	
NECESIDAD TECNOLÓGICA																
Mejorar rendimientos y calidad de productos	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	
Reemplazar los tipos de productos con la combinación de las plantas	2	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	
Optimizar la producción de producto 1	3	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	
Optimizar la producción de producto 2	4	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	
Optimizar el índice de rendimiento energético	5	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	
Optimizar el consumo energético para la combinación de las plantas	6	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	
Mejorar la utilización del proceso 1	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	
Mejorar el rendimiento a las instalaciones	8	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	
Modernizar los calentadores a vapor directo	10	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	
Estimar la red de intercambiadores de calor	11	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	
Mejorar los sistemas de tratamiento aguas	12	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	
Actualizar los modelos de simulación	13	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	
Producir hidrógeno	14	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	
Optimizar interacciones las operaciones de la planta	15	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	
Mejorar la producción de producto en plantas	16	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	
Optimizar el uso de hidrógeno	17	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	
Optimizar el manejo de productos	18	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	
Optimizar la utilización de los productos	19	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	
Implementar reguladores de temperatura para procesos específicos	20	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	
Optimizar el sistema de medición en línea	21	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	
Optimizar el sistema de las nuevas unidades de subproducto	22	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	
Optimizar el proceso mediante simulación	23	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	
Identificar y evaluar mejoras a las instalaciones de la planta 1	24	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	
Identificar y evaluar mejoras a las instalaciones de la planta 2	25	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	
Identificar y evaluar mejoras a las instalaciones de la planta 3	26	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	
Optimizar el tratamiento del agua	27	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	
Identificar y evaluar mejoras a las instalaciones de planta 3	28	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	
Optimizar la producción de corrientes de vapor para elaboración de productos de alta calidad	29	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	
Mejorar la calidad de producto 1	30	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	
Mejorar la calidad de producto 2	31	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	
Minimizar consumo de componentes no deseados en producto 1	32	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	
Minimizar consumo de componentes no deseados en producto 2	33	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	
Minimizar consumo de componentes no deseados en producto 3	34	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	
Minimizar consumo no deseado en producto y residuos considerando calificaciones nuevas o existentes	35	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	
Diseñar y comercializar subproductos de alta calidad	36	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	
Diseñar de un sistema para la detección temprana de fugas	37	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
Diseñar de un sistema para la calibración de tuberías subterráneas	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
Diseñar de un sistema de medición para mangueras flotantes o subterráneas	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Diseñar de instalaciones para la corrosión	40	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
Diseñar de un sistema para la protección de la corrosión interna del agua	41	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
Diseñar de un sistema para la protección en la tubería	42	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
Diseñar de nuevos medidores de flujo	43	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
Diseñar de "smart pipe" para la determinación de grosor de paredes	44	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
Diseñar de nuevas estaciones para el paso de barco	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	
Revisión de un sistema para la liberación de cascos de barco	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Evaluar sistemas para el cálculo de tensión durante la carga y la liberación de embarcaciones	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Mejorar el nivel de inversión de tecnologías para barcos	48	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
Implementación para el control de la corrosión en tuberías	49	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
Diseñar de sistemas de medición para la determinación de volúmenes almacenados	50	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
Diseñar de instalaciones para proceso industrial 1	52	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
Evaluar tecnologías alternativas para proceso industrial 2	53	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
Evaluar tecnologías alternativas para proceso industrial 2	54	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
Evaluar tecnologías alternativas para proceso industrial 3	55	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
Diseñar de instalaciones para proceso industrial 1	56	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
Diseñar de instalaciones para proceso industrial 3	57	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
Diseñar de instalaciones para proceso 4	58	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
Diseñar de instalaciones para biomasa	59	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
Diseñar de instalaciones para procesos específicos	60	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
Diseñar de un proceso para dióxido de carbono	61	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Evaluar tecnologías para captura de CO2	62	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
Mejorar la combinación de tecnologías a diseñadas	63	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	
Procesar materia prima	64	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	
Diseñar de un esquema para la optimización de la utilización de materia prima	65	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	
Optimizar métodos atmosféricos	66	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	
Mejorar los rendimientos y calidad de los productos	67	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	
Mejorar los sistemas de medición	68	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	
Implementar sistemas de control distribuido	69	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	
Implementar sistemas de control avanzado	70	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	
Implementar sistemas de medición para flujo de información	71	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	
Actualizar o implementar tecnologías para procesar desechos y cumplir con las normas de calidad y ambientales	72	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Prevenir, controlar y reducir contaminantes cumpliendo con estándares internacionales	73	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Captación del agua	74	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Recuperación de vapor en las termantas	75	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mejorar el nivel de producto a desechos	76	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Incorporar sistemas de información eficientes para mejorar la estación al cliente	77	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Crear e implementar y utilizar sistemas de información de tecnología	78	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Diseñar sistemas de información integrados para las operaciones de las plantas	79	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Diseñar de sistemas de información para el mantenimiento de equipos	80	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Diseñar de sistemas de información para mantenimiento preventivo y predictivo	81	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
Elaboración de algoritmos de control para control de proceso	82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Proceso 1	83	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Proceso 2	84	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Proceso 3	85	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Evaluar tecnologías nuevas o de punta para producir nuevos productos y mejorar nuevos desarrollos tecnológicos	86	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	
Evaluar tecnologías para mejorar productos a partir de corrientes de agua	87	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Evaluar la factibilidad del uso de nuevas tecnologías (biotecnología, nanotecnología, etc.)	88	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	
Optimización de la red de suministro eléctrico	89	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
Automatización de las termantas	90	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Identificar y evaluar tecnologías comerciales	91	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Implementar tecnologías actual para reducir desechos	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

BIBLIOGRAFÍA

- 1.-SEP-Conacyt. 1996. *Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas*, México.
- 2.-Flores, L.A. 1991. *Tecnología Competitiva. Factor de éxito para la Industria Mexicana*. UNAM, Facultad de Química.
- 3.-Celis, C.G. 1998. *La formación de Investigadores en México*. Revista Ciencia y Desarrollo, Conacyt Mayo/Junio, México.
- 4.-Escobar, T.C. 1997. *A Model for Planning a Research and Development Program and the Interactions of Business and Technology Strategy*. 7th Mini-Euro Conference Decisions Support System. Brujas, Bélgica.
- 5.-Baily & Chakrabarty. 1998. *Innovation and Productivity Crisis*. Booking Institution, Washington.
- 6.-Escobar, T.C., Cassaigne, H.R. *Aspectos Tecnológicos de la Modernización Industrial de México. El papel de las entidades gubernamentales y la Industria Paraestatal*. Fondo de Cultura Económica.
- 7.-Bean, S.A. 1995. *Why some R&D Organizations are More Productive than Others*. Research Technology Management, January-February.
- 8.-Bhalla, K.S. 1987. *The Effective Management of Technology: A Challenge for Corporations*. Addison Wesley Co, Reading, MA.
- 9.-Ford, D. 1998. *Develop Your Technology Strategy*. Long Range Planning, Vol.21, No5.
- 10.-Norling, P. *Structuring and Managing R&D Work Processes-Why Bother?* DuPont CR&D, Experimental Station.
- 11.-Hamilton, F.W. 1990. *The Dynamics of Technology and Strategy*. European Journal of Operational Research No.47.
- 12.-Abetti, A.P. 1989. *Linking Technology and Business Strategy*. The Presidents Association.
- 13.-Chester, N.A. 1994. *Aligning Technology with Business Strategy*. Research Technology Management, January-February.
- 14.-Lander, L. & Matheson, D. 1995. *Improving the R&D Decision Process*. Research Technology Management, January-February.
- 15.-Martino, P.J. 1995. *Research and Development Project Selection*. Wiley&Sons Inc.
- 16.-Roussel, A.P., Saad, N.K. & Erickson, J.T. 1991. *Third Generation R&D: Managing the Link to Corporate Strategy*. Harvard Business School Press. Boston Massachusetts.

- 17.-Porter,E.M. 1996. *What is Strategy?* Harvard Business Review, November-December.
- 18.-Porter,E.M. 1989. *Competitive Advantage to Corporate Strategy*. Harvard Business Review, Mayo-Junio.
- 19.- Roland,C., Keneth,A. & Joseph,B. 1965. *Bussiness Policy: Text and Cases*.Burr Rideg, IL,USA.
- 20.-Wheelwright,S. & Makridakis,S. 1981. *Technological Forecasting: A Corporate Strategy*. Techn. Management, Sept-Oct.
- 21.-Kotler,P. 1988. *Marketing Management: Analysis Planning Implementation and Control*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, NJ.
- 22.-Porter,E.M. 1985. *Competitive Advantage, Creating and Sustaining Superior Performance*. The Free Press, Mac Millan Co. Inc., New York.
- 23.-Stacey & G-BTECH. 1985. *An Aproach for Integrating Technology and Business Strategy*. Batelle Memorial Institue. Columbus OH.
- 24.-Porter,E.M. 1980. *Competitive Strategy, Techniques for Analyzing Industries and Competitors*. The Free Press, Mac Millan Co. Inc., New York.
- 25.-Hax,A. & Majluf,N.S. 1984. *Strategic Management: An Integrative Perspective*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, NJ.
- 26.-Ackoff.1981.*Creating the Corporate Future*. Wiley&Sons Inc.
- 27.-Roberts,E. 1977. *Generating Effective Corporate Innovation*. Technology Review, October-November.
- 28.-Moenaert,R.K. & Souder, W.E. 1990. *An Information Transfer Model for Integrating Marketing an R&D Personnel In New Product Development Projects*. J.Prod Innov Manag.
- 29.-Baker,N. & J.Freeland.1975. *Recent advances in R&D benefit measurement and project selection methods*. Management Science, 21,1164-1175.
- 30.-Jackson,B. 1983. *Decision methods for evaluating R&D projects & Decision methods for selecting a portfolio of R&D projects*. Research Management, 26, 4, 16-22 & 26,5, 21-26.
- 31.-Souder,W.E. & T. Mandakovic. 1986. *R&D project selection models*. Research Management, 29, 4, 36-42.
- 32.-Fahrni,P. & M. Spätig.1990. *An application-oriented guide to R&D project selection and evaluation methods*. R&D Management, 20, 2, 155-171.

- 33.-Watts, K.M. & J.C. Higgins. 1987. *The use of advanced management techniques in R&D*. Omega, 15, 21-29.
- 34.-Escobar, C., Esparza, F.E., Puente, L. & Uquillas, D. 1990. *Modelos para la Jerarquización y selección óptima de proyectos de investigación y desarrollo Tecnológico*. Ciencia Ed. (IMI), 5 (1) pp 45-61.
- 35.-Aaker, D.A. & T. Tyebjee. 1978. *A model for the selection of interdependent R&D projects*. IEEE Transactions on Engineering Management, EM-25, pp 30-36.
- 36.-Fahmi, P. & M. Spätig. 1990. *An application-oriented guide to R&D project selection and evaluation*. R&D Management, 20, 2, pp 158-159.
- 37.-Tarondeau, J.C. (Adaptado). 1994. *Recherche et Développement*. Vuibert, Paris.
- 38.-Benjamin, C.O. 1985. *A linear goal programming model for public-sector project selection*. Journal of the Operational Research Society, 36, pp 13-23.
- 39.-Steele, L.W. 1988. *Selecting R&D programs and Objectives*. Research, Technology Management, Marzo-Abril; pp 17-36.
- 40.-Saaty, T.L. y L.G. Vargas. 1994. *Decision Making with the Analytic Hierarchy Process*. Vol. VII. RWS Publications. Pittsburgh, PA.
- 41.-Archer N.P. & Ghasemzadeh F. 1998. *A Decision support system for project portfolio selection*. Int.J.Technology Management, Vol. 16, Nos 1/2/3 pp 105-114.
- 42.-Flament, M., & Martínez, E. 1993. *Estrategias, planificación y gestión de ciencia y tecnología. (Evaluación multicriterio de proyectos de inversión en ciencia y tecnología)*. CEPAL-ILPES/ UNESCO/ UNU/ CYTED-D, Editorial Nueva Sociedad, Caracas Venezuela.
- 43.-Saaty, T.L. y L.G. Vargas. 1991. *The Logic of Priorities*. Vol: III. RWS Publications Pittsburgh, PA.
- 44.-Saaty, T.L. y L.G. Vargas. 1985. *Analytical Planning*. Vol: IV. RWS Publications Pittsburgh, PA.
- 45.-Saaty, T.L. y L.G. Vargas. 1994. *Fundamentals of Decision Making and priority Theory with the Analytical Hierarchy Process*. Vol. VI. RWS Publications Pittsburgh, PA.
- 46.-Mendoza, A. & Martínez, E. 1993. *Estrategias, planificación y gestión de ciencia y tecnología. (Evaluación multicriterio de proyectos de ciencia y tecnología)*. CEPAL-ILPES/ UNESCO/ UNU/ CYTED-D, Editorial Nueva Sociedad, Caracas Venezuela.
- 47.-Escobar, T.M. 1998. *Avances y Rezagos de la Legislación ambiental en México ante el deterioro del entorno ecológico*. Tesis. U. Iberoamericana. México.

- 48.-Escobar T.C. y Colaboradores. 1990. *Modelos para la Jerarquización y Selección óptima de proyectos de I&DT*. Tecnol.,Ciencia. Ed. (IMIQ) 5,1, pp 45-61.
- 49.-TWISS. 1977. *Managing Technological Innovation*. B Chapter 5: Project Selection & Evaluation, Longman, USA.
- 50.-Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo (INTEVEP). 1993. *Proceso de generación de cartera de proyectos*. Gerencia de Tecnología, Caracas.
- 51.-Maples, E.R. 1993. *Petroleum Refinery Process Economics*. Pennwell Books.
- 52.-Prahalad, C.K. & G. Hamel. 1990. *The Core Competence of the Corporation*. Harvard Business Review, May-June.
- 53.-Von Wright, G.H. 1967. *La Lógica de la Preferencia*. Editorial Universitaria, Buenos Aires, Argentina.
- 54.-Arrow, K.J. 1953. *Utility Theory without the Completeness Axiom*. John Wiley & Sons, Nueva York.
- 55.-Fishburn,P.C. 1975. *Decision and Value Theory*. John Wiley & Sons, Nueva York.
- 56.-Fishburn,P.C. 1967. *Methods of estimating Additive Utilities*. Management Science, 13, pp 435-453.
- 57.-Fishburn,P.C. 1968. *Utility Theory*.Management Science, 14, pp 335-378.
- 58.-Fishburn,P.C. 1970. *Utility Theory for Decision Making*.John Wiley & Sons, Nueva York.
- 59.-Fishburn,P.C. 1972. *Subjective Expected Utility with Mixture Sets and Boolean Algebras*.Annals of Mathematical Statistics, 43, 3.
- 60.-Fishburn,P.C. 1973. *A Mixture-Set Axiomatization of Conditional Subjective Expected Utility*. Econometrica, 41, pp 1-25.
- 61.-Fishburn,P.C & Keeney, R.L. 1975. *Generalized Utility Independence and Some Implications*. Operations Research, 23, 5, pp 928-940.
- 62.-Aumman, R.J. 1962. *Utility Theory without the Completeness Axiom*. Econometrica, 13, pp 445-462.
- 63.-White,D.J. 1972. *Uncertain Value Functions*. Management Science, 19, pp 31-41.
- 64.-Roy,B. 1971. *Problems and Methods with Multiple Objective Functions*. Mathematical programming I, Noth Holland Publishing, pp 239-266.
- 65.-Luce,R.D. 1956. *Semiororders and Theory of Utility Discrimination*. Econometrica, 24, pp 178-191.

-
- 66.-Luce,R.D. & Suppes,P. 1965. *Preference Utility and Subjective Probability*. Handbook of Mathematical Psychology, 3, John Wiley & Sons, Nueva York.
- 67.-Hull,J., Moore,P.G. & Thomas,H. 1973. *Utility and its Measurement*. Journal of the Royal Statistica Society, 136, 2, pp 226-247.
- 68.-Borisov,A. 1972. *Problemas de Optimización Vectorial*. Investigación de Operaciones. Aspectos Metodológicos, Editora Ciencia, Moscú, pp 72-91.
- 69.-Roy, B. 1985. *Méthodologie Multicritère d'aide à la Décision*. Economica, Paris.
- 70.-Scharlig,A. 1985. *Décider sur plusieurs critères*. Collection Diriger l'Entreprise, Presses Universitaires Romandes.
- 71.-Vincke,Ph. 1989. *L'aide Multicritère à la Décision*. Editions de l'Université de Bruxelles.
- 72.-Zionts,S. & J.Wallenius. 1983. *An Interactive Multiple Objective Linear Programming Method for a Class of Underlying Nonlinear Utility Functions*. Management Science, 29,5, pp 519-529.
- 73.-Roy, B. P. 1973. *La Méthode ELECTRE II, Une Application Au Média-Planning*. M. Ross (edit). North Holland, pp 291-302.
- 74.-Drucker,P. 1992. *The New Society of Organizations*. Harvard Business Review, Septiembre-Octubre, pp 22-24.
- 75.-Nollet,J., Kélada,J. & Mattio,O.D. 1994. *La Gestion de Opération et de la Production*. Edit Gaëtan Morin, 2ª Edición. Paris.
- 76.-Kleindorfer,P. 1990. *Integrating Manufacturing Strategy and Technology Choice*. European Journal of Operational Research, 47, pp 214-224.
- 77.-Canales, R., Guillen, S.T., Morcos, J. 1985. *Toma de Decisiones con Objetivos Múltiples*. Instituto de Ingeniería, UNAM.