

II. MÉTODOS PARA LA SELECCIÓN, EVALUACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN.

II.1 Clasificación de los métodos.

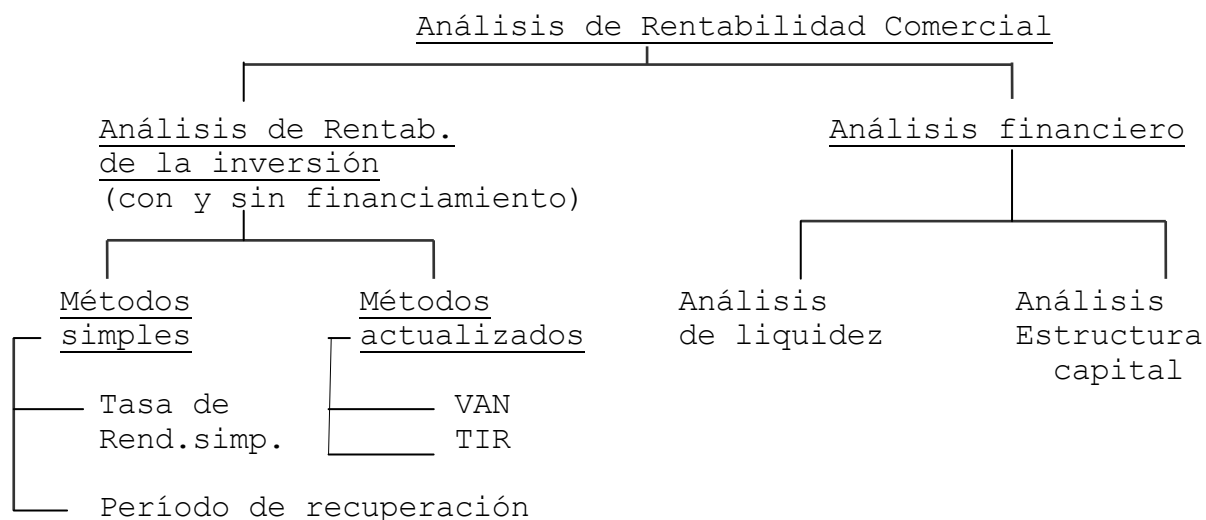
Tanto el paso de los proyectos de una etapa a otra a lo largo de su ciclo de vida, como la elaboración de programas de inversiones, requieren previamente una selección y jerarquización de los proyectos en espera de financiamiento, a fin de determinar cuales serán financiados y en que período. Para el desarrollo de este proceso es posible emplear distintos métodos o procedimientos, cada uno de los cuales presenta ciertas ventajas y limitaciones.

En general estos métodos pueden clasificarse en cuantitativos y cualitativos, atendiendo a las características de las valoraciones que se utilizan para la selección y/o jerarquización de los proyectos.

II.2 Métodos cuantitativos (costo-beneficio) [6].

.1 Análisis de rentabilidad.

Entre los análisis cuantitativos de selección y jerarquización de proyectos más utilizados, están los denominados análisis de rentabilidad comercial, que comprenden a su vez los siguientes tipos de análisis.



.1 Métodos simples.

Los métodos que se basan en el período de amortización y en la tasa de rendimiento simple, se denominan por lo general métodos simples o sencillos, porque no tienen en cuenta toda la vida útil del proyecto, sino sólo períodos breves de un año. Además los datos anuales se toman al valor real y no al valor actualizado.

.1 Tasa de rendimiento simple.

La tasa de rendimiento simple es la relación entre todas las utilidades netas, en un año normal de producción plena, con respecto al costo total de inversión. Tiene la desventaja de que resulta a veces difícil, y a veces imposible, determinar cual es el año más representativo del proyecto.

$$R = \frac{\text{Utilidad neta} + \text{Intereses}}{\text{Inversión}} \quad \text{ó} \quad R_{cs} = \frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Cap soc aportado}}$$

.2 Período de recuperación.

El período de recuperación o de amortización de la inversión está dado por las utilidades (considerando la depreciación y los intereses) hasta que se compensa el costo de inversión. Este criterio mide el número de años que se necesitan para recuperar el capital invertido en el proyecto.

El mayor mérito del período de amortización como criterio para seleccionar proyectos, es la facilidad con que se puede calcular. Es particularmente útil para los análisis de riesgos, los cuales son muy necesarios en países políticamente inestables y en ramas de la industria en las que la obsolescencia técnica es muy rápida.

$$PRA = \sum_{t=0}^p \text{Utilidades (t) + Depreciación (t) + Intereses (t)}$$

hasta que se compense el costo de inversión.

.2 Métodos actualizados o descontados:

El problema de deducir directamente los costos del proyecto de los beneficios de éste, radica en que los costos y los beneficios generalmente se presentan en diferentes puntos en el tiempo. Por consiguiente es necesario "actualizar" los costos y los beneficios a una fecha común.

.1 Valor Actual Neto.

El Valor Actual Neto (VAN), también conocido como Valor Presente Neto (VPN), se utiliza para comparar en igualdad de condiciones, el costo del proyecto con los beneficios que producirá.

Desde el punto de vista conceptual, el VAN mide en dinero corriente, el grado de mayor riqueza que tendrá el inversionista en el futuro si emprende el proyecto.

El VAN se obtiene al deducir de la suma de las corrientes de ingresos actualizados, la suma de las corrientes de gastos actualizados.

Muestra el monto de beneficios reales que un proyecto aportaría y considera por tanto el valor cronológico del dinero. La fórmula básica para calcular el VAN de un proyecto es la siguiente:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1 + r)^t}$$

donde: B_t = beneficios en el año "t";

C_t = costos en el año "t";

r = tasa de descuento;

n = horizonte de evaluación en años.

Si utilizamos este criterio, será conveniente emprender un determinado proyecto sólo si tiene un valor actual neto positivo, lo que significa que el inversionista será más rico en el futuro si emprende el proyecto.

Como ejemplo, examinemos un proyecto con la siguiente corriente de costos y beneficios:

1er. año: inversión:	USD 50 000	
2do. año: gastos ordinarios	USD 10 000	Ingresos: USD 30 000
3er. año: gastos ordinarios	USD 10 000	Ingresos: USD 30 000
4to. año: gastos ordinarios	USD 10 000	Ingresos: USD 30 000
5to. año: gastos ordinarios	USD 10 000	Ingresos: USD 30 000
6to. año: gastos ordinarios	USD 10 000	Ingresos: USD 30 000
	Valor residual:	USD 10 000

Si utilizamos una tasa de descuento del 12%, el VAN de este proyecto es el siguiente:

$$VAN = - 50000/1.12 + 20000/1.12^2 + 20000/1.12^3 + 20000/1.12^4 + 20000/1.12^5 + 30000/1.12^6 = \boxed{24794 \text{ USD}}$$

Aunque se trata de uno de los mejores criterios para seleccionar proyectos, el VAN no refleja la inversión de capital necesaria para obtener determinado VAN. Por tanto para asignar prioridad a los proyectos es mejor utilizar la relación entre el VAN y el valor actualizado de la inversión (VAI), indicador conocido como RVAN y se expresa:

$$RVAN = \frac{VAN}{VAI}$$

y de ella se obtiene la tasa de rendimiento actualizada. Si usamos este criterio deberán elegirse los proyectos que presenten la RVAN más alta.

Si examinamos el proyecto anterior y otro con la siguiente corriente neta de fondos:

1er. año;	-200 000
2do. año:	60 000
3er. año:	60 000
4to. año:	60 000
5to. año:	60 000
6to. año:	80 236

El VAN de este segundo proyecto es también de 24 794 USD, sin embargo la inversión necesaria para generar esa cantidad de dinero es mucho mayor. Para el primer proyecto, la relación entre el VAN y la inversión será de 0.5, mientras que para el segundo será de 0.12.

El período de actualización debe ser igual a la duración del proyecto, que en la mayoría de los casos comprende el período de construcción mas unos 10 años de vida del proyecto.

Si el VAN es positivo, la rentabilidad de la inversión está por sobre la tasa actualizada o de rechazo; si es cero, la rentabilidad será igual a la tasa de rechazo. Por consiguiente, un proyecto con un VAN positivo o cero puede considerarse aceptable.

Si el VAN es negativo, la rentabilidad está por debajo de la tasa de rechazo y el proyecto debe descartarse, siendo más efectivo colocar el dinero en un banco.

Si se debe escoger entre diversas variantes, deberá optarse por el proyecto con el VAN mayor.

En resumen, en comparación con los métodos simples el VAN ofrece grandes ventajas como método discriminatorio, dado que tiene en cuenta toda la vida del proyecto y la oportunidad de las corrientes de liquidez.

.2 Tasa Interna de Retorno (TIR).

La tasa interna de retorno de un proyecto, denominada también tasa de rentabilidad o de rendimiento, se define como la tasa de descuento que hace que el valor actual neto sea igual a cero, es decir, cuando la corriente de ingresos y egresos actualizados se igualan.

La TIR se obtiene recalculando el VAN por tanteo con diferentes tasas de actualización mediante la fórmula para el VAN, fijándolo igual a cero y calculando el valor resultante de "r". Esta TIR representa la rentabilidad exacta del proyecto.

Por ejemplo, para el primer proyecto con un VAN de 24794 USD, se obtiene una TIR de 31% resolviendo la ecuación siguiente:

$$\text{VAN} = - 50000/(1+x) + 20000/(1+x)^2 + 20000/(1+x)^3 + \\ 20000/(1+x)^4 + 20000/(1+x)^5 + 30000/(1+x)^6 = 0$$

de donde $x = 0.31$ Para el segundo proyecto analizado, se obtiene una tasa interna de retorno de 17% utilizando el mismo procedimiento.

El criterio de decisión mediante la utilización de la TIR, es que debe emprenderse el proyecto si su TIR es mayor que el costo del capital (costo de oportunidad del capital que se invertirá) o la tasa de interés pertinente para el inversionista. Si se comparan diversas variantes, se debe escoger la que tenga la TIR más alta, siempre que ésta sea mayor que la tasa de rechazo.

Entre las limitaciones de la TIR como criterio de decisión están las siguientes:

- si en el futuro hay ciertos años en que el costo sea mayor que los beneficios, es decir, si la corriente neta de fondos del proyecto presenta más de un cambio de signo en el transcurso del tiempo, hay más de una tasa de interés que llenaría el requisito de la ecuación de que el VAN sea igual a cero.
- la TIR no permite seleccionar proyectos que se excluyen recíprocamente, dado que una TIR mayor no significa necesariamente un mayor VAN.

.2 Evaluación económico-financiera de las inversiones.

.1 Su lugar en los estudios de factibilidad.

La evaluación **económica-financiera**, constituye la etapa final de los estudios de **factibilidad**, cuyo contenido se resume de la siguiente forma:

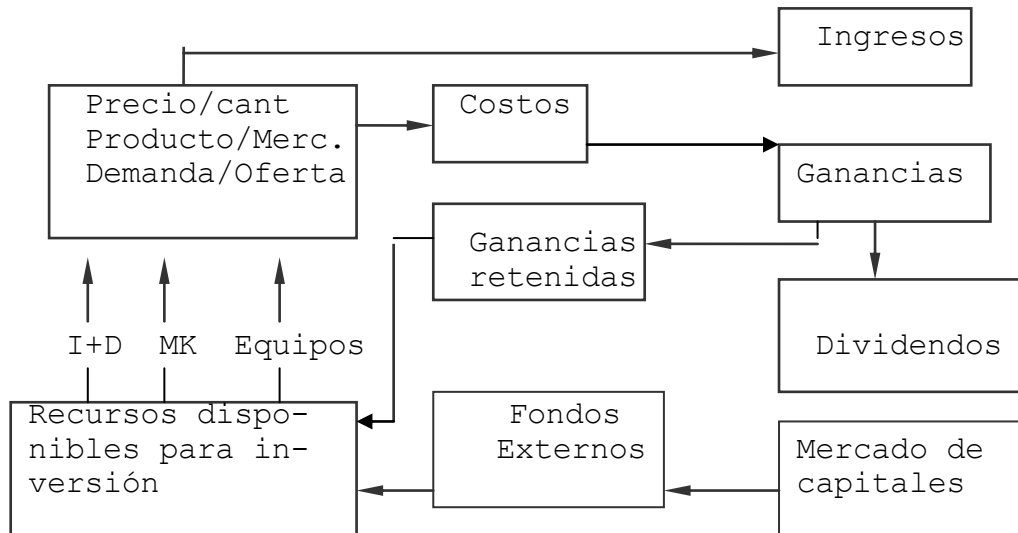
1. Antecedentes.
2. Mercado y Capacidad.
 - . Demanda y mercado.
 - . Pronóstico de ventas y comercialización.
 - . Programa de producción.
 - . Determinación de la capacidad.
3. Insumos materiales.
 - . Materias primas.
 - . Servicios, en particular energía.
4. Ubicación y emplazamiento.
5. Ingeniería del proyecto.
 - . Tecnología y equipos.
 - . Obras de ingeniería.
6. Organización de planta, gastos generales.
7. Mano de obra.
8. Calendario de ejecución.
9. **Evaluación económica-financiera.**

En los **antecedentes** se analizan las causas que motivan la realización del proyecto; a partir de las demandas del **mercado** y de la parte que pretendemos abastecer, se determina la escala o **capacidad** de producción y los **insumos** materiales que ese nivel de producción requiere; la **macro y microlocalización** de la planta se determina en correspondencia con los factores locacionales y de la mayor eficiencia del proyecto en los diferentes territorios.

Definida la **tecnología**, se elabora el plan general, se calcula la demanda de **fuerza de trabajo** y se elabora el **calendario** de ejecución del proyecto.

.2 La empresa como modelo económico-financiero. [32].

Esquemáticamente la empresa, vista como un modelo económico- financiero, presenta las siguientes relaciones:



I+D: Investigación-Desarrollo

MK : Marketing

De aquí se derivan las siguientes observaciones:

- Lo que se puede vender en el mercado, es la capacidad que debe instalarse.
- Si pagamos excesivos dividendos, vamos en contra de la autofinanciación, o sea es necesario quedarse con una parte como ganancias retenidas para el desarrollo de la empresa.
- De no tener suficientes fondos para la inversión, tengo que ir "afuera" en busca de préstamos. Nadie da dinero gratis, ni siquiera el autofinanciamiento es gratis, ya que tiene sus costos.
- Dividendo es costo de capital por acciones.

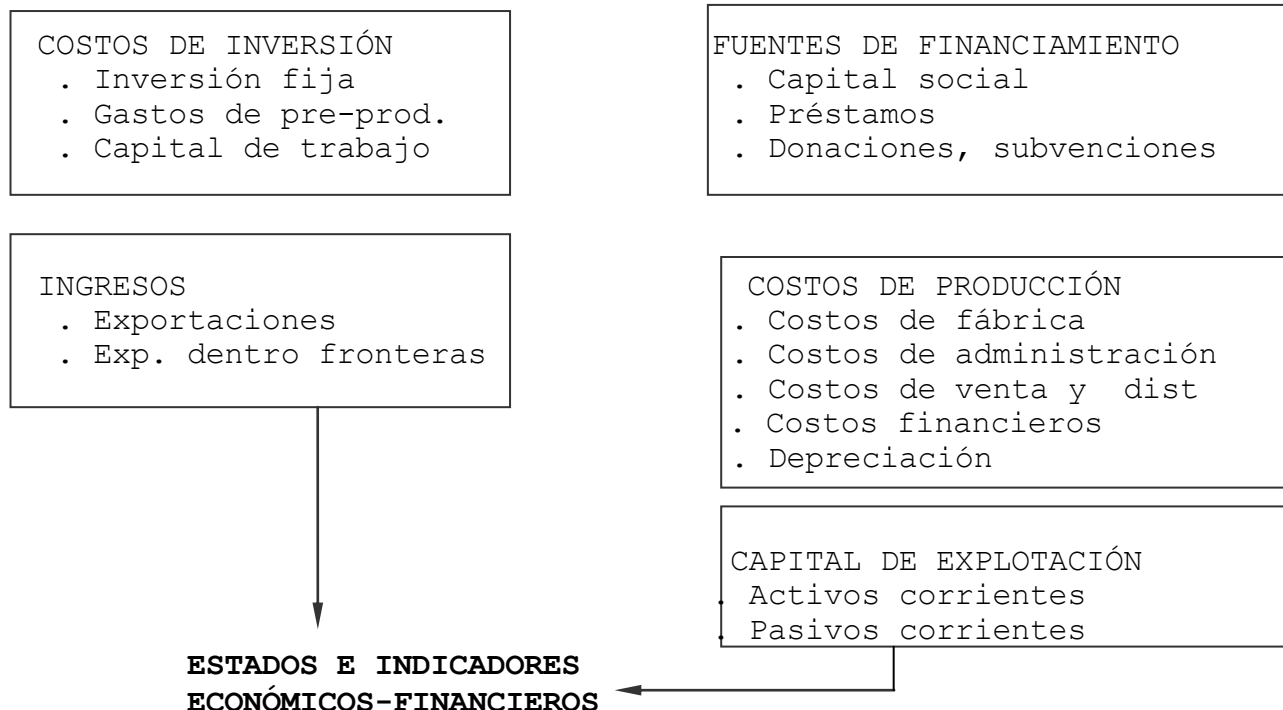
.3 Elementos del análisis económico-financiero⁷

¿Cuales son los elementos que deben tenerse en cuenta para el análisis económico-financiero de las inversiones?

Fundamentalmente son cinco los elementos a considerar:

- Costos de inversión total;
- Ingresos;
- Fuentes de financiamiento;
- Costos de producción;
- Capital de explotación.

Veamos gráficamente las interrelaciones de estos elementos y sus componentes:



Con la metodología de la ONUDI, el costo de inversión está formado por lo que se denomina inversión fija, los gastos previos a la producción y el capital de trabajo o capital de explotación.

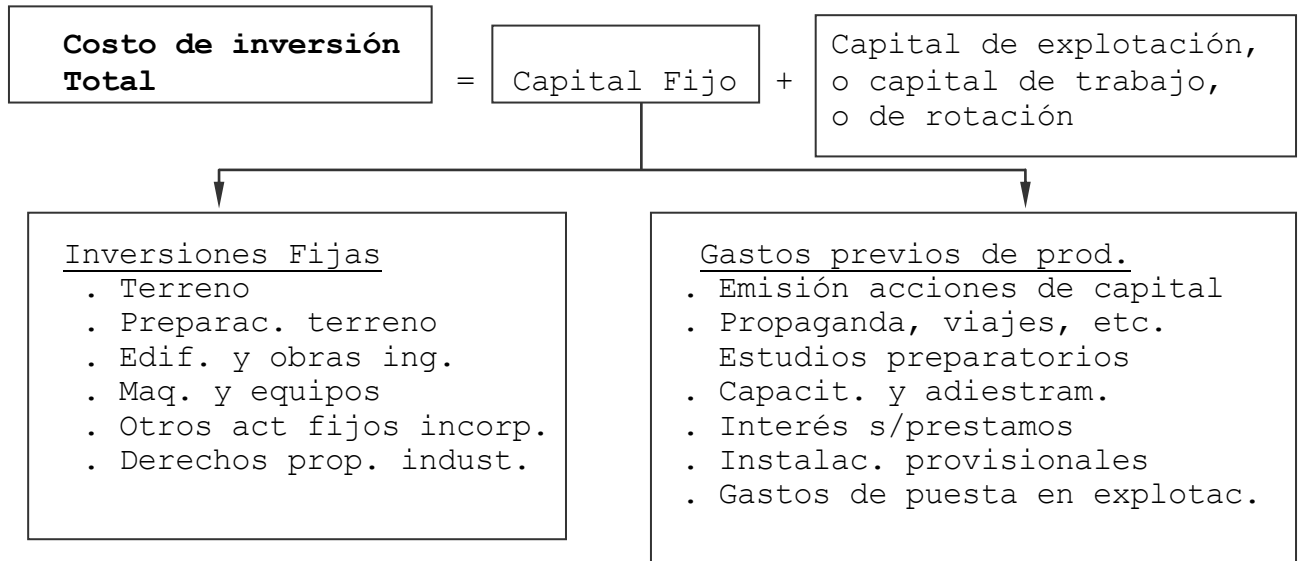
Los ingresos están dados fundamentalmente por las exportaciones, tanto al extranjero, como dentro de fronteras (turismo).

Las fuentes de financiamiento, están compuestas por el capital social, los préstamos y por determinadas donaciones o subvenciones que se obtengan.

⁷ Se utilizan los criterios de la Metodología y el "Manual para la preparación de estudios de viabilidad industrial" de la ONUDI.

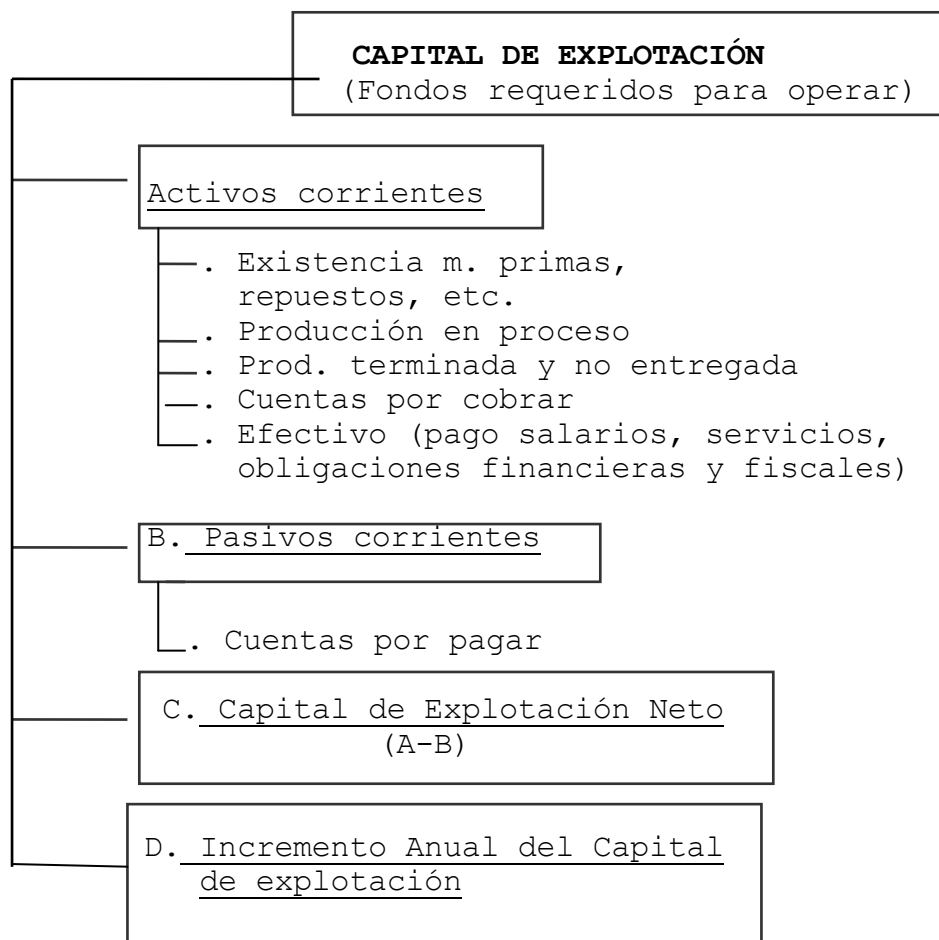
Los restantes elementos son los costos de producción y el capital de explotación, con sus pasivos corrientes y activos corrientes

Veamos más en detalle el indicador del Costo de Inversión Total.

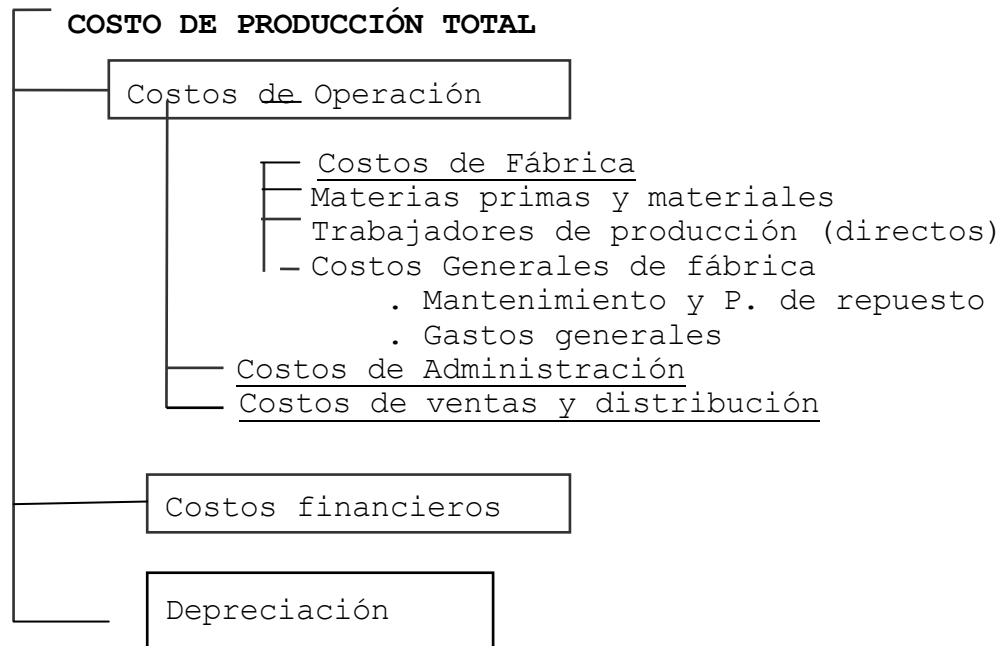


A las inversiones fijas le son inherentes gastos físicos, mientras que los gastos previos de producción son aquellos que no son totalmente físicos.

El Capital de Explotación está integrado por aquellos recursos que debo tener para que la inversión opere y se calcula como la diferencia entre Activos y Pasivos corrientes. Veamos en detalle los componentes del Capital de explotación.



La partida del Costo de Producción tiene los siguientes componen-
tes:



El **financiamiento** de un proyecto puede lograrse básicamente de tres fuentes, con los siguientes usos y características:

Fuentes de financiamiento	Uso fundamental	Características
- Capital Social	Inversión inicial	Aportado p/los dueños (socios) Paga dividendos
- Préstamos y créditos:		
. A largo plazo	Inversión inicial	Otorgados por bancos comerc. con pago de intereses.
. A corto y mediano plazo	Capital explotación	Otorgados por abastecedores con pagointer.
- Dinero en efectivo generado por el propio proyecto	Capital explotación	Se obtiene de: . ganancias ret. . depreciación . Reservas acum

4 Estado de Ingresos Netos.

Para estimar las necesidades financieras de una empresa (nueva o en expansión), se requiere la elaboración del Estado de Ingresos Netos de un "proyecto de balance" o un "pronóstico de corriente de liquidez".

El Estado de **Ingresos Netos** es un análisis muy importante y está dado por la diferencia entre los ingresos que obtenemos por nuestras ventas y los costos de producción, lo que nos da la utilidad imponible. Si a esta utilidad le deducimos nuestros impuestos sobre utilidades, se llega a alcanzar la utilidad neta.

A esta utilidad neta se le aplica el % de las utilidades acordadas a repartir entre los socios (utilidad distribuida o dividendos), cuya diferencia con la utilidad neta constituye la utilidad no distribuida.

Estado de Ingresos Netos

Indicadores	Períodos			
	Año 1	Año 2	Año 3....	Año n
1. Ingreso por ventas				
2. Costos de producción				
3. Utilidad imponible (1-2)				
4. Impuesto sobre utilidades				
5. Utilidad Neta (3-4)				
6. Utilidad distribuida				
7. Utilidad no distribuida (5-6)				
8. Reservas acumuladas o capitalizadas.				

.5 Análisis de corrientes de liquidez

La teoría del pronóstico de **Corrientes de liquidez** se basa en la recepción de dinero en efectivo prevista para un momento determinado y las salidas de dinero en efectivo pronosticadas para otros momentos.

Dicho de otra forma, la **Corriente de Liquidez o Flujo de Caja** analiza el movimiento del dinero en el tiempo, es decir, los ingresos y egresos que tenemos en el tiempo y como con el dinero que recibimos por un lado, podemos asumir los gastos del período siguiente.

De no efectuarse esta sincronización, se pueden producir pérdidas considerables de ingresos en términos de intereses (como resultado de la inmovilización de fondos), o demoras en la ejecución del proyecto (como resultado de estrangulamientos financieros).

La planificación financiera para el período operacional debe velar por que los ingresos de dinero en efectivo provenientes de las ventas sean adecuados para cubrir los costos de producción y todas las obligaciones financieras, tales como servicios de deudas, impuestos y pago de dividendos.

Corriente de liquidez para la planificación financiera

Indicadores	Const Explotac.				Valor residual
	Año 1	Año2	Año 3	Año n	
A. Entradas de efectivo					
1. Recursos financieros					
Capital social					
Préstamos					
Créditos					
Subsidios, donaciones					
2. Ingresos por ventas					
B. Salidas de efectivo					
1. Activos totales					
Inversión fija inicial					
Inversión fija corriente					
Gastos previos de prod.					
Incremento cap. explot.					
2. Costos de Operación					
3. Servicios de la deuda					
Reembolsos					
Intereses					
4. Impuestos					
5. Dividendos					
C. Saldo (A-B)					
D. Saldo acumulado (nunca debe ser negativo)					

.3 Evaluación financiera en casos de incertidumbre.

Los pronósticos de las demandas, la producción y las ventas, pueden no ser exactos por incertidumbres del futuro. Del mismo modo, no siempre son correctas las estimaciones de los costos de producción y de inversión, los precios o la duración del proyecto.

Cuando se trata de una inversión en estas condiciones, se deben examinar principalmente tres variables: ingresos por las ventas, costos de producción y costos de inversión. El equipo de planificación del proyecto debe identificar las variables que pueden tener una influencia decisiva sobre la rentabilidad del proyecto y que deben ser sometidas a análisis de incertidumbre.

Las causas de incertidumbre más comunes son la inflación, las modificaciones en la tecnología, las estimaciones erróneas de la

capacidad nominal, y el período de construcción y de prueba y puesta en marcha.

Los análisis de incertidumbre se pueden realizar en tres etapas:

- . Análisis de Umbral de Rentabilidad;
- . Análisis de Sensibilidad;
- . Análisis de Probabilidad.

.1 Análisis de Umbral de Rentabilidad.

Mediante el análisis de umbral de rentabilidad se determina el punto en el que los ingresos provenientes de las ventas coinciden con los costos de producción. Se puede definir también en términos de unidades físicas producidas, o del nivel de utilización de la capacidad, en el cual los ingresos provenientes de las ventas coinciden con los costos de producción.

En otras palabras, este análisis se realiza para determinar los niveles más bajos de producción y/o ventas a que puede elaborarse un proyecto, sin poner en peligro su viabilidad financiera.

Para calcular el umbral de rentabilidad, se deben considerar las siguientes condiciones:

- . Los costos de producción son una función del volumen de producción o de ventas;
- . El volumen de producción es igual al volumen de ventas;
- . Los costos operacionales fijos son iguales para todos los volúmenes de producción;
- . Los costos unitarios variables se modifican en proporción al volumen de producción y por consiguiente los costos de producción totales también se modifican en proporción al volumen de producción;
- . Los precios de venta unitarios de un producto o una gama de productos son iguales para todos los niveles de producción (ventas) a lo largo del tiempo;
- . Se deben utilizar datos de un año normal de operaciones;
- . El nivel de los precios de venta unitarios y de los costos de operaciones variables y fijos permanece constante;
- . Se fabrica un solo producto. Si se fabrican varios productos similares, la gama de productos debe ser convertible a un producto único;
- . La gama de productos debe permanecer constante a lo largo del tiempo.

Estas condiciones no siempre se dan en la práctica y los resultados de los análisis de umbral de rentabilidad pueden, a su vez, ser influenciados en forma negativa. Por consiguiente, los análisis de umbral de rentabilidad se deben considerar sólo como una herramienta complementaria de los otros métodos de evaluación de proyectos.

La determinación algebraica del umbral de rentabilidad, cuando se expresa en unidades físicas producidas, se realiza mediante las siguientes ecuaciones:

$$\begin{array}{ll}
 \text{Ecuación para las ventas} & y = px \\
 \text{Ecuación para los costos de producción} & y = vx + f \\
 \text{o sea} & px = vx + f \quad (1a) \\
 & \quad \quad \quad f \\
 & a = \frac{f}{p - v}
 \end{array}$$

donde: x : volumen de producción (ventas) en el punto de umbral de rentabilidad.
 y : valor de las ventas (=costos de producción)
 f : costos fijos
 p : precio de venta unitario
 v : costos unitarios variables
 a : umbral de rentabilidad

Así, pues, del análisis de umbral de rentabilidad se pueden derivar varias conclusiones prácticas:

- . no es conveniente que el UR sea elevado, dado que ello hace a la empresa vulnerable a los cambios en el nivel de producción (ventas).
- . Cuanto mayor sean los costos fijos mayor será el UR.
- . Cuanto mayor sea la diferencia entre los precios de venta unitarios y los costos operacionales variables, más bajo será el UR.

El enfoque de UR tiene la ventaja de que permite al analista calcular varios UR, teniendo en cuenta diversas propuestas de inversión resultantes de diferentes capacidades instaladas o diversos procesos tecnológicos.

El UR también se puede determinar gráficamente sobre la base de las dos ecuaciones siguientes:

$$y = px \quad \text{e} \quad y = vx + f$$

.2 Análisis de sensibilidad o de variabilidad.

Con la ayuda del análisis de sensibilidad es posible mostrar cómo la rentabilidad del proyecto se modifica cuando se asignan valores a las variables necesarias para el cómputo (precios de venta unitarios, costos unitarios, volumen de ventas).

Permite conocer los parámetros de mas cuidadoso pronóstico al modificar más sensiblemente el resultado de los cambios.

Para ilustrar la aplicación del análisis de sensibilidad en la formulación de proyectos, a continuación se indican las repercusiones de los cambios en los precios de venta unitarios y en los costos de producción variables y fijos (incluida la depreciación) sobre el umbral de rentabilidad (como porcentaje de la utilización de la capacidad).

Partidas	Valor MUSD
Ingreso de las ventas	12500
Costos de producción fijos	3280
de los cuales:	
Depreciación	780
Costos de producción variables	6500

La cantidad de unidades producidas es 2 millones y el umbral de rentabilidad se calcula en función de la utilización de la capacidad.

a) Suponiendo que el precio de venta unitario cambie primero de 6.25 a 5.75 dólares y luego a 5.50 dólares:

$$\text{Umbral de Rentabilidad} = \frac{\text{Costos de producción fijos}}{\text{Ingreso/ventas} - \text{costos prod variables}}$$

$$UR_1 = \frac{3280}{11500 - 6500} \times 100 = 65\% \text{ (ó 1300 MU = 7475 MUSD ventas)}$$

$$UR_2 = \frac{3280}{11000 - 6500} \times 100 = 73\% \text{ (ó 1460 MU = 8030 MUSD ventas)}$$

Aplicando la fórmula (1a) se puede obtener también el precio de venta con el cual se logra el umbral de rentabilidad del proyecto:

$$2000 \times p = (\$3.25 \times 2000) + 3280$$

$p = \$4.89$

En otras palabras, el proyecto sufriría pérdidas si no fuera posible alcanzar un precio de venta de 4.89 dólares. Comparando el precio del umbral de rentabilidad con el precio de venta calculado a plena utilización de la capacidad, el proyecto previsto tiene un margen de seguridad de:

$$\frac{6.25 - 4.89}{6.25} \times 100 = 21.8\%$$

El margen de seguridad en términos de la producción está dado, por supuesto, por la tasa de utilización de la capacidad en el umbral de rentabilidad y por la utilización plena de la capacidad prevista (100% - UR). En el ejemplo, el margen es 100-65=35% para UR₁ y 100-73=27% para UR₂.

b) Suponiendo que los costos de producción variables:

- 1) Aumenten en un 10%, mientras la depreciación y los costos de operaciones fijos permanecen iguales:

$$UR_1 = \frac{3280}{12500 - (6500 + 650)} \times 100 = 61\% \text{ (ó 1220 MU=7625 MUSD ventas)}$$

- 2) disminuyan en un 10%, mientras la depreciación y los costos de operaciones fijos permanecen iguales:

$$UR_2 = \frac{3280}{12500 - (6500 - 650)} \times 100 = 49\% \text{ (ó 980 MU=6125 MUSD ventas)}$$

c) Suponiendo que los costos de producción fijos:

- 1) aumenten en un 10%, mientras la depreciación y los costos de operaciones variables permanecen iguales:

$$UR_1 = \frac{2500 + 250 + 780}{12500 - 6500} \times 100 = 59\% \text{ (ó 1180 MU=7375 MUSD ventas)}$$

- 2) disminuyen en un 10%, mientras la depreciación y los costos de operaciones variables permanecen iguales:

$$UR_2 = \frac{2500 - 250 + 780}{12500 - 6500} \times 100 = 50\% \text{ (ó 1000 MU= 6250 MUSD ventas)}$$

.3 Análisis de probabilidad.

Se realiza en casos de gran incertidumbre sobre la viabilidad de un proyecto, ya que requiere de numerosos cálculos.

En los análisis de probabilidad se procura no sólo pronosticar variables a partir de estimaciones optimistas y/o pesimistas, sino también ampliar considerablemente la gama y determinar la probabilidad de que se den cada uno de los valores de la variable.

.4 Evaluación por el Método de los Efectos [7, 8].

.1 Aspectos generales.

El "**Método de los Efectos**" constituye un método de evaluación de proyectos concebido en el contexto de la elaboración de un "Plan de desarrollo", a diferencia de los métodos que utilizan los "precios de cuenta", fundamentados en el modelo neoclásico del equilibrio general.

El Método de los Efectos es la formalización de un conjunto de trabajos realizados por equipos de cooperación franceses sobre los problemas de la evaluación y la programación de proyectos en los países en vías de desarrollo.

Sobre el Método de los Efectos existe un gran desconocimiento en el área latinoamericana, a pesar de ser de amplia aceptación y aplicación generalizada en muchos países en vías de desarrollo de la zona francófona (Marruecos, Costa de Marfil, Mali,...).

Como componente del plan, el Método de los Efectos debe propender, a través del Estado, a la selección de proyectos tales que:

- se respeten las **restricciones** de la economía (financieras, de equilibrio presupuestal, de balanza de pagos, etc.);
- se logren los **objetivos** perseguidos, operando con hipótesis que caractericen la situación de los países en desarrollo, en particular la hipótesis del subempleo importante de la mano de obra.

Es decir, el **principio** en que se basa la evaluación por este método, es **medir los efectos** de cada proyecto sobre los **objetivos** perseguidos y sobre sus **restricciones**.

Una vez hecha y aprobada la selección de proyectos, se requiere la implementación por el Estado en la realidad de esos países, a través de políticas fiscales, aduaneras, de precios, de préstamos, reglamentaciones, intervenciones directas, etc.

.2 Premisas para la aplicación del Método.

El Método razona en un contexto en el cual las economías:

- están ampliamente **abiertas** al comercio exterior;
- presentan **desequilibrios** marcados en la distribución del ingreso por capas sociales y regiones, déficits en la balanza de pagos, déficit presupuestal, etc.;
- para los cuales se plantea un problema de "**desarrollo económico**";

Con independencia de si se trata de una planificación "imperativa o "indicativa", "pasiva" o "activa", el Método de los Efectos se sitúa en un contexto caracterizado por:

- un papel económico importante del **Estado**;
- una **información** estadística económica suficiente;
- una voluntad firme de las **autoridades políticas** para alcanzar ciertos objetivos;

.3 Descripción de las etapas principales del Método:

El proceso analítico para la medición de los efectos se realiza en cinco fases:

- 1.- análisis detallado de la economía del país;
- 2.- análisis detallado del proyecto;
- 3.- inserción del proyecto en la economía (economía con proyecto);
- 4.- estudio de la solución alternativa (economía sin proyecto);
- 5.- comparación de las dos soluciones para determinar los efectos del proyecto en la economía.

El contenido de cada fase del método es el siguiente:

1. Análisis de la economía:

Se explicitan las **características de la economía** en la que van a operar los objetivos y restricciones. En la práctica este análisis se traduce en la elaboración de las cuentas detalladas de sectores de producción y en la matriz insumo-producto.

De esta forma cada sector y rama de producción están caracterizados por la descomposición del valor de su producción en:

- . consumo intermedio doméstico;
- . consumo intermedio importado;
- . valor agregado, con su estructura en:
 - . salarios;
 - . impuestos;
 - . ingresos de empresarios, etc.

Cada uno de los consumos intermedios domésticos puede ser descompuesto a su vez en: consumo intermedio doméstico; consumo intermedio importado; valor agregado.

Continuando con este tipo de descomposición se puede llegar a caracterizar cada sector según el valor de la producción, en los siguientes rubros:

- . importaciones incluidas;
- . consumos intermedios importados directa o indirectamente en el proceso de producción;
- . valor agregado incluido: suma de valores agregados directos e indirectos.

Al expresar estos valores en términos porcentuales, se puede entonces disponer del valor del producto que corresponde a ingresos distribuidos en el país (tasa de valor agregado incluido) y la parte restante del valor del producto que sale de la economía (tasa de importaciones incluidas).

.2 Análisis del proyecto.

El análisis consiste en desglosar el período de operación del proyecto en los siguientes indicadores:

- . consumo intermedio doméstico por tipo de producto;
- . consumo intermedio importado por tipo de producto;
- . valor agregado: salarios (por categorías), impuestos, ingresos del empresario, etc.
- . total anual de ingresos del proyecto.

Resulta un análisis del mismo tipo que el de la fase anterior, con el fin de conocer cómo se articulará y afectará la economía, si se realiza el proyecto, lo cual será objeto de la etapa siguiente.

3.Inserción del proyecto en la economía: (economía con proyecto).

En esta etapa se relacionan (integran) las dos anteriores, con el fin de simular la inserción del proyecto en la economía, que podría presentarse en dos formas:

- analizando el conjunto de proyectos ligados al proyecto estudiado;
- analizando el conjunto de actividades ligadas al proyecto estudiado.

En el **primer** análisis se consideran aquellos proyectos que son imprescindibles para el funcionamiento del estudiado. Ej. los proyec-

tos de transporte y puerto para un proyecto de explotación de un recurso mineral.

El **segundo** análisis se refiere al conjunto de actividades afectadas por la ejecución del proyecto (o del conjunto de proyectos), implicaciones que se dan en dos sentidos:

- en el suministro de consumos intermedios suplementarios;
- por inversiones suplementarias.

En el primer caso estos recursos intermedios suplementarios pueden ser estimadas rápidamente aplicando a los consumos intermedios domésticos del proyecto estudiado, las tasas calculadas en las etapas 1 y 2.

El segundo caso se presenta cuando algunas unidades de producción doméstica operan a plena capacidad, por lo que se requerirá de una inversión suplementaria, que debe agregarse a la inversión del proyecto. De esta forma se obtendrá en esta etapa el impacto real sobre la economía por la ejecución del proyecto, disponiéndose del valor de la producción del proyecto según: importaciones incluidas, valor agregado incluido (a su vez expresado en los distintos componentes).

El rubro de inversión a considerar será igual a la suma de: la inversión propia del proyecto; la inversión de los proyectos ligados al proyecto; las inversiones suplementarias en otras ramas de la producción que permitan satisfacer el consumo intermedio del proyecto o conjunto de ellos.

.4 Estudio de la solución alternativa: (economía sin proyecto).

Las soluciones alternativas, bajo el supuesto de demanda doméstica dada (etapa 2 del plan), pueden ser de tres tipos, a las cuales corresponden tres tipos de proyectos:

- si la alternativa es la importación, se trata entonces de un **proyecto de sustitución de importaciones**.
- si la alternativa es una técnica tradicional o artesanal, se trata entonces de un **proyecto de modernización técnica**;
- si la alternativa consiste en no hacer nada, se trata entonces de un **proyecto de exportación** (o de valorización de productos anteriormente exportados en forma bruta).

Para cada uno de estos tres tipos de solución alternativas, se puede hacer un análisis similar al realizado para el proyecto. De esta forma, para un mismo valor de producción, la solución alter-

nativa está caracterizada por: importaciones totales; valor agregado total (discriminado en sus diferentes componentes).

.5 Efecto global del proyecto sobre la economía.

La comparación de las dos soluciones (con y sin proyecto) permite estimar el efecto global del proyecto sobre la economía, razonando bajo la hipótesis de subempleo importante de la mano de obra.

En un contexto de demanda final dada (etapa 2 del plan), un buen número de proyectos van a ser considerados como proyectos de sustitución de importaciones: todos aquellos proyectos para los cuales, de no realizarse, sería necesario importar el producto.

Los proyectos de modernización técnica comprenden aquellos proyectos industriales cuya producción reemplazará producciones con técnicas tradicionales o artesanales.

En los proyectos de exportación se trata de la transformación de materias primas en productos de mayor valor agregado (textiles, torta de soya, artículos de cuero, gasolina, etc), o cuya alternativa es exportarlos como se venía haciendo (algodón, soya, cueros, petróleo, etc).

El **efecto global sobre la economía** es igual al incremento en el valor agregado "a" debido a la realización del proyecto. En los tres casos anteriores, este incremento en el valor agregado es igual al ahorro de divisas para la economía y por lo tanto, es independiente del nivel de precios domésticos.

Así por ejemplo, en el caso de un proyecto de sustitución de importaciones, el valor agregado de la solución alternativa (la importación) está constituido por los derechos de aduana que el Estado recibe, o podría recibir, si colocara en el mercado el mismo producto al mismo precio.

El "a" creado caracteriza la contribución del proyecto a la producción interna bruta y por tanto constituye una medida del impacto del proyecto en el desarrollo económico del país.

.4 Selección de proyectos aplicando el Método de los Efectos.

En un contexto global los proyectos aparecerán más interesantes mientras aporten una mayor contribución a los objetivos perseguidos y sin que tengan necesidad de muchos de los recursos sometidos a restricciones.

La **selección** de proyectos será hecha entonces al confrontar los análisis de los efectos precedentes con los diversos objetivos (etapa 1 del plan) y con la restricciones existentes (financieras, equilibrio de la balanza de pagos, equilibrio presupuestal...).

Esta confrontación puede ser sintetizada presentando:

- el impacto del proyecto sobre un objetivo determinado (característica de beneficio).
- requerimiento de recursos escasos (característica de costo).

Estos dos criterios permiten la clasificación de unos proyectos contra otros, aunque es imposible dar cuenta simultáneamente por un simple cálculo, del conjunto de objetivos y restricciones de una economía.

De esta forma la selección de proyectos deberá ser el resultado de un proceso de discusión con los responsables políticos: los economistas presentan una primera selección de proyectos y sus diferentes efectos, los responsables políticos tendrán que tomar posición respecto a ellos y a precisar los objetivos perseguidos.

Esta secuencia iterativa es lo que caracteriza la esencia de los trabajos de elaboración del Plan. En términos prácticos se presentan dos tipos de cálculos:

- un cálculo global que relacionen para todos los proyectos, el valor agregado suplementario con el monto de inversiones requeridas;
- cálculos parciales más detallados, a partir de la distribución de los ingresos creados por tipo de agente.

En el Método de los Efectos el criterio de aceptación más corriente consiste en considerar como beneficio, el valor agregado suplementario; como costo, el monto de inversiones.

Si se supone que los flujos anuales de producción del proyecto son constantes, el criterio más simple de selección es la relación:

$$\frac{a}{I} \quad ; \text{ donde: } a = \text{Valor agregado suplementario creado por el proyecto (igual al ahorro de divisas).}$$

$I =$ Costo de inversiones.

Este criterio de selección corresponde lógicamente a proyectos que presentan un flujo de producción constante y de vidas útiles de la misma duración.

Si estas condiciones no se cumplen, se propone el criterio de la tasa interna de retorno, dada por la siguiente expresión:

$$-I + \sum_{t=1}^n \frac{a_t}{(1+r)^t} = 0$$

donde:

a_t = Valor agregado suplementario creado en el año t ;
 I = Costo de inversión;
 n = Vida útil del proyecto;
 r = Tasa interna de retorno.

Ya sea utilizando el primer criterio o el segundo, la significación del proceso de selección es claro: escoger los proyectos que crean un mayor valor agregado suplementario por unidad de inversión, lo cual conduciría a un desarrollo económico más rápido, pues para un monto de inversión dado, el "a" creado será máximo.

.5 Evaluación de proyectos por el criterio de los Gastos Reducidos Mínimos (GRM) [9, pág 11-23].

El criterio de los **Gastos Reducidos Mínimos (GRM)** para la evaluación de proyectos, conocido también como criterio de **eficiencia económica comparativa**, tuvo una amplia divulgación en Cuba a partir de las experiencias de su aplicación en la antigua URSS.

Se le denomina así porque se utiliza para seleccionar la mejor variante de inversión cuando hay varias **alternativas** tecnológicas para ampliar o crear nuevas capacidades de producción de uno o más bienes preseleccionados.

También el criterio de los GRM fue utilizado para la evaluación de la eficiencia comparativa de la **localización** de inversiones industriales y en la formación de los Complejos Territoriales Productivos (CTP), aplicaciones que serán expuestas en el capítulo correspondiente.

La mayor limitación atribuida a este criterio de evaluación de inversiones, radica en que sólo tiene en cuenta el costo mínimo, o mejor dicho el valor de producción mínimo como criterio económico. Sin embargo, es muy riesgoso para la economía nacional tomar una decisión de inversión sin tener en cuenta otros factores económicos y sociales, lo que conduce a que la variante tecnológica de producción más conveniente para el país, muchas veces no es la que brinda el menor costo de producción para la economía.

El criterio de **Gastos o Costos Reducidos Mínimos** se conoce generalmente en la economía socialista por la expresión siguiente:

$$C_i + E_n \cdot I_i = \text{Mínimo}; \quad (1) \quad i = 1, 2, 3, \dots, k$$

donde:

C_i = costo de producción promedio anual de la variante i .

E_n = coeficiente normativo o tasa de eficiencia económica ramal o nacional.

I_i = costo de inversión total de la variante i .

i = variantes de inversión básica. ($i = 1, 2, 3, \dots, k$).

Esta fórmula expresa los GRM para un año promedio de explotación de la inversión. Obsérvese que utilizando el coeficiente (**E_n**) aplicado al costo de inversión, pueden ser sumadas partidas de gastos que se hacen de "una sola vez" (inversiones), con partidas de gastos que se hacen "todos los años" durante la vida útil de la planta (costos de producción).

Los GRM pueden ser calculados para todo el período de recuperación de la inversión, sustituyendo en la fórmula (1) el coeficiente de eficiencia normativo por su inverso $1/E_n$, de la siguiente forma:

$$C_i \cdot T_n + I_i = \text{Mínimo}; \quad (2)$$

donde:

T_n = Período de recup. de la inversión (magnitud inversa a E_n).

La denominación de Gastos o Costos Reducidos Mínimos de este criterio de eficiencia, no es la que mejor caracteriza este indicador de eficiencia económica, ya que en esencia estamos calculando el valor o precio de la producción promedio anual (costo de producción + ganancia normada).

Esto es así, ya que de forma general la eficiencia se calcula como:

$$(a) \quad \frac{V_p - C_p}{I} = E \leq E_n ; \text{ donde } \begin{array}{l} V_p = \text{valor de producción} \\ C_p = \text{costo de producción} \\ I = \text{inversión total} \\ E = \text{eficiencia de la inv.} \end{array}$$

Como $V_p - C_p = \text{Ganancia}$

por tanto la expresión (a) quedaría como:

$\frac{\text{Ganancia}}{I} = E$	de donde:	$\text{Ganancia} = I.E \text{ y } \text{Ganancia Normada} = I . E_n$
---------------------------------	-----------	--

Por estas razones es mejor denominar este criterio como criterio de eficiencia económica comparativa.

Otro factor que ha incidido en la poca utilización de este criterio como predominante para seleccionar las mejores variantes tecnológicas de los proyectos, está dado en la gran cantidad de premisas o supuestos que hay que tener en cuenta, que en muchas ocasiones no se cumplen y hace incomparables las variantes.

Con el objetivo de contribuir a mejorar la distribución territorial de la producción industrial, en los años 70 los economistas cubanos utilizaron el criterio de los GRM, pero añadiendo a la expresión (1) los gastos de transportación de la producción terminada desde las zonas alternativas de posible ubicación de la inversión, hacia las distintas zonas de consumo del producto terminado y que minimicen el gasto total de transportación.

En este sentido la fórmula de los GRM adoptó la forma siguiente:

$C_i + E_n . I_i + \sum_{j=1}^p T_{ij} = \text{Mínimo}; \quad (3) \quad i= 1,2,3,..,k$
--

donde:

T_{ij} = gastos de transportación promedio anual de la producción terminada desde la zona i de localización de la fábrica a las distintas zonas de consumo j más cercanas.

i = zonas de posible localización de la nueva planta.

j = zonas de consumo de la producción terminada, $j=(1,2,3,...,p)$

No obstante ser más objetiva, esta fórmula (3) tenía aún limitaciones ya que no tomaba en cuenta el efecto económico en los costos de producción y las diferentes distancias de transporte de materias primas.

Además en esta expresión no se consideran los gastos en inversiones inducidas en infraestructura técnica y social, ni los necesarios para garantizar los consumos intermedios suplementarios de la inversión principal (medios de rotación), gastos que se presentan con marcadas diferencias territoriales.

Determinado por estas limitaciones, en la década de los 80, como parte del perfeccionamiento de los estudios de localización que se realizaban en el IPF, se comenzó a aplicar de forma experimental una formulación de los GRM basada en los denominados **"gastos diferenciados por territorios"**.

En el Capítulo IV se abordará en detalle las características, contenido y aplicación de esta variante del criterio de GRM.

II.3 Métodos cualitativos de evaluación de proyectos.

Hasta ahora hemos visto métodos de evaluación "unicriterios", que como su nombre indica, son métodos de toma de decisiones con objetivos o criterios **únicos**, que se emplean para la evaluación cuantitativa de los proyectos.

O sea, la fundamentación crítica de los unicriterios están en la base de métodos como el "Costo-Beneficio", que a su vez se refiere a una determinada "función de utilidad", tanto en la evaluación financiera como en la social.

Esta función ha sido muy discutida, porque hay factores cuya utilidad no se pueden **cuantificar** y que sin embargo tienen una connotación importante en determinados proyectos.

Debido a la imposibilidad de poder evaluar el efecto cuantitativo de muchos proyectos, se ha hecho necesario emplear métodos basados en criterios subjetivos. Para tener en cuenta los aspectos subjetivos de determinado proyecto de la manera mas objetiva, se utilizan diferentes técnicas y métodos **cualitativos**.

De acuerdo con estas técnicas, antes de realizar el proceso de evaluación, se deben definir los criterios que servirán de base a la evaluación cualitativa de los proyectos.

Una vez que se ha llegado a un acuerdo en relación con este marco de evaluación, los expertos o evaluadores comienzan a asignar calificaciones a cada proyecto, teniendo en cuenta la manera como satisface cada uno de los criterios.

A partir de estas definiciones primarias, se comienzan a aplicar las diferentes técnicas, métodos o procedimientos de carácter cualitativo. Entre los más utilizados están los siguientes:

.1 Métodos de Listas de Verificación. [3, pág 7-8].

Este procedimiento permite juzgar en forma sencilla y rápida si un proyecto cumple o no con los objetivos que se haya fijado el país o la institución. Para su aplicación es necesario definir claramente los objetivos a base de los cuales se juzgará el proyecto. Para cada objetivo se establece una escala en la cual se clasifica el proyecto. En cada escala se fijan niveles mínimos que el proyecto deberá cumplir a fin de ser seleccionado.

La principal ventaja de este procedimiento radica en su sencillez. Sin embargo no es posible emplearlo para jerarquizar proyectos, ya que sólo sirve para descartar rápidamente proyectos que no cumplen ciertas condiciones mínimas.

Ejemplo:

LISTA DE VERIFICACIÓN PARA TRES PROYECTOS

Proyecto evaluado	Cumplimiento del criterio (*)				
	1	2	3	4	5
PROYECTO "A"					
Generación de empleo		X			
Ahorro de divisas					X
Apoyo a sectores más pobres	X				
PROYECTO "B"					
Generación de empleo				X	
Ahorro de divisas				X	
Apoyo a sectores más pobres			X		
PROYECTO "C"					
Generación de empleo					X
Ahorro de divisas					X
Apoyo a sectores más pobres	X				



Mínimo acept.

(*) 1=Muy malo 2=Malo 3=Regular 4=Bueno 5=Excelente

.2 Técnicas de asignación de puntaje (Scoring Models) [1, pág 34].

Los criterios de partida para la aplicación de este método, pueden basarse en las políticas nacionales, en un plan de desarrollo macroeconómico o en aspectos de seguridad nacional. Naturalmente, pueden incluirse también criterios económicos. Asimismo, deberá asignarse ponderaciones a los diferentes criterios y elegirse una escala de calificación.

Con este marco de evaluación definido, los evaluadores comienzan a **asignar** calificaciones a cada proyecto, teniendo en cuenta la manera como satisface cada uno de los criterios. Estas calificaciones se multiplican luego por la **ponderación** que se les ha asignado para obtener la calificación del evaluador para el proyecto. La calificación final se calcula para cada proyecto como la calificación ponderada media que le asigna cada evaluador. Finalmente, se seleccionan los proyectos que presentan las máximas calificaciones.

Este método es básicamente una extensión de procedimiento anterior, al que se le agrega la determinación de ponderaciones para cada objetivo. Empleando dichas ponderaciones y la puntuación obtenida por el proyecto frente a cada objetivo, se determina un puntaje único para el proyecto. Para ello pueden emplearse modelos aditivos, multiplicativos u otras funciones matemáticas.

Un ejemplo de modelo aditivo es: [3 pág 8-10].

$$P_j = \sum (W_i * S_{ij})$$

donde: P_j = puntaje del proyecto j

W_i = ponderación del objetivo i

S_{ij} = puntuación del proyecto j frente al objetivo i

Estos modelos presentan la ventaja de permitir la jerarquización de proyectos según su aporte a objetivos preestablecidos. En el caso del ejemplo presentado, la primera prioridad correspondería al proyecto C, la segunda al B y la tercera al A. Se puede apreciar que el bajo rendimiento del proyecto C frente al objetivo de apoyar los sectores más pobres es compensado por un excelente puntaje frente a los otros dos objetivos.

Sin embargo, salvo que los ponderadores y las escalas de puntuación se diseñen y apliquen de modo de cumplir con las propiedades de una escala proporcional ("ratio scale"), no es posible afirmar si un proyecto es mejor o peor que otro en un determinado porcentaje. Este método es eminentemente práctico y sencillo de usar pero es necesario tener presente la limitación antes indicada.

Ejemplo:

MODELO DE PUNTUACIÓN PARA TRES PROYECTOS

Proyecto evaluado	Puntaje *	Ponderación Objetivo	Puntaje Ponder.
PROYECTO "A"			
Generación de empleo	30	0.3	9
Ahorro de divisas	90	0.3	27
Apoyo a sectores más pobres	10	0.4	4
Puntaje total del proyecto			40
PROYECTO "B"			
Generación de empleo	50	0.3	15
Ahorro de divisas	60	0.3	18
Apoyo a sectores más pobres	40	0.4	16
Puntaje total del proyecto			49
PROYECTO "C"			
Generación de empleo	100	0.3	30
Ahorro de divisas	80	0.3	24
Apoyo a sectores más pobres	10	0.4	4
Puntaje total del proyecto			58

* Escala de puntaje de 0 a 100 con: 0= no aporta nada al objetivo y 100= excelente aporte al objetivo.

.3 Métodos de interacción nominal y "Q-Sorting". [3, pág 16].

Este procedimiento para la jerarquización de proyectos se basa en el trabajo sistematizado de un grupo de evaluadores, como producto del cual se obtiene una clasificación de los proyectos según su aporte a los objetivos de la organización. El procedimiento combina etapas de trabajo individual con etapas de trabajo en grupo.

La aplicación del procedimiento se inicia pidiéndole a cada evaluador que clasifique los proyectos de acuerdo a su prioridad. Para ello puede aplicarse un procedimiento **"Q-Sorting"**. Este procedimiento consiste en una secuencia de pasos destinados a facilitar la clasificación de los proyectos en distintas categorías según la prioridad atribuida a él por el evaluador.

Cada evaluador recibe un conjunto de cuartillas en que cada una representa un proyecto. Su tarea consiste en clasificarlas en dos grupos, uno representando proyectos de alta prioridad y otro representando proyectos de baja prioridad. En el siguiente paso se le solicita separar del grupo de proyectos de baja prioridad aquellos de prioridad intermedia y los de muy baja prioridad. Asimismo, debe separar de los proyectos de alta prioridad los de prioridad inter-

media y los de muy alta prioridad. Se obtiene así una clasificación de los proyectos en cinco categorías según el nivel de prioridad atribuido a ellos por el evaluador.

Luego sigue una etapa de **interacción nominal** en que los resultados obtenidos por cada uno de los evaluadores son presentados en una sesión de grupo, sin identificar quien ha entregado cada clasificación. El modo de presentación consiste en indicar cuantos "votos" obtuvo cada proyecto en cada categoría. Estos resultados son discutidos por el grupo con el objeto de aumentar la coherencia de los juicios en el caso de aquellos proyectos en que se observe una alta dispersión entre las distintas categorías.

Enseguida se realiza, en forma individual, una segunda ronda de "Q-Sorting". Sus resultados vuelven a ser presentados al grupo y son discutidos. El procedimiento se repite hasta alcanzar un adecuado nivel de coherencia acerca de la prioridad asignada a cada uno de los proyectos.

.4 Modelos de aportes a metas. [3, pág 13].

Estos modelos pretenden medir el aporte que realiza un proyecto al logro de determinadas metas. A diferencia del método basado en una puntuación de acuerdo a la concordancia del proyecto con el objetivo, en este caso se pretende obtener una estimación del avance porcentual hacia el logro de determinada meta debido a la realización del proyecto.

Por ejemplo, si la meta es dotar de viviendas dignas a 1000 familias de escasos recursos y el proyecto contempla la construcción de 100 casas, el porcentaje de aporte a la consecución de la meta será de un 10%.

Después de estimar el aporte porcentual del proyecto a cada una de las metas propuestas, se sumarán dichos valores, eventualmente ponderado según la importancia de la meta. Se obtendrá así un indicador del aporte general del proyecto a la obtención de las metas nacionales.

.5 Métodos de Jerarquización Multicriterio. [31].

En los últimos años se han desarrollado métodos de evaluación cualitativos con objetivos múltiples (multicriterios), que se utilizan en la valoración de proyectos relacionados con la aplicación del progreso científico-técnico, el mejoramiento del medio ambiente, el desarrollo de otros sectores, etc., sin que esto quiera decir que se absoluticen y se desconozca la influencia de los factores cuantitativos vistos hasta ahora.

Las ventajas de los Métodos de Jerarquización Multicriterios se pueden resumir de la siguiente forma:

- Descomponen en sus partes a una situación compleja y no estructurada;
- Clasifican estas partes o variables en un orden jerárquico;
- Atribuyen valores numéricos a juicios subjetivos respecto a la información relativa de cada variable;
- Sintetizan los juicios a fin de determinar aquellas variables que tienen prioridad y sobre las cuales conviene actuar a fin de lograr una solución;
- Se basan en los métodos modernos de planificación, como la "planificación prospectiva", el "trabajo en grupos de especialistas", etc.

Son métodos idóneos para la aplicación del trabajo en grupo y que en esencia imponen una disciplina y una metodología de trabajo, en la búsqueda de consenso en la toma de decisiones.

Estos métodos se basan en la aplicación del principio de la "variación compensadora" o principio de "sustituibilidad", que utilizan comparaciones binarias. Es utilizado en el análisis de prioridades entre un grupo de proyectos, que se comparan entre sí y luego se tratan de sintetizar hasta llegar a la propuesta de solución del problema.

Los métodos multicriterios más utilizados, y que pueden tener una mayor aplicación, tanto en la evaluación en general de proyectos, como en la evaluación de la localización, son los procedimientos **Saaty y Electre**. Veamos en detalle el contenido de estos dos procedimientos.

.1 El procedimiento Saaty. [31].

Ejemplo: El Objetivo que se persigue es **reducir la Inflación**.

Se plantean cuatro alternativas (criterios) para lograr ese objetivo de reducir la inflación.

- A1: devaluar la moneda.
- A2: fijar precios máximos.
- A3: congelar salarios.
- A4: reducir la masa monetaria en circulación.

En este caso se utilizará un solo evaluador con un criterio de decisión que considera la alternativa A2 como la de mejores posibilidades.

Se construye una matriz de relaciones binarias:

C	A1	A2	A3	A4
A1				
A2				
A3				
A4				

El evaluador compara las filas contra las columnas, y aplica la escala del **Método "Saaty"** que va del valor 1 al 9, la cual él denominó de "predominancia", con las siguientes características:

Los valores impares, Saaty los definió así:

Escala	Características	Valor
1	Ambos elementos contribuyen de igual manera a lograr el objetivo (igual importancia de ambos elementos del par binario)	1
2	Débil predominancia de A sobre B	3
3	Considerable predominancia de A sobre B	5
4	Muy significativa predom. de A sobre B	7
5	Absoluta predominancia de A sobre B	9

Los "pares" Saaty los definió como "juicios cuantitativos intermedios" de los impares.

Partiendo de esta escala se construye una matriz, asignando los valores de predominancia por el evaluador según el método Saaty. Después se siguen los siguientes pasos:

1) Se suman las columnas;

	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/5	1/7	1/5
A2	5	1	1/3	1/4
A3	7	3	1	1/3
A4	5	4	3	1
TOT	18	8.2	4.48	1.78

No necesariamente en la parte superior de la diagonal están los valores menores; esto es para el ejemplo.

2) Se normaliza la matriz (llevar los totales al valor 1) dividiendo cada escaque entre el valor total de la columna;

3) Se suman las filas y se calcula el promedio de ellas.

	A1	A2	A3	A4	Σ	X_1	X_2	X
A1	0.06	0.02	0.03	0.11	0.22	0.06	0.14	0.10
A2	0.28	0.12	0.07	0.14	0.61	0.15	0.11	0.13
A3	0.39	0.37	0.22	0.19	1.17	0.29	0.45	0.37
A4	0.28	0.49	0.67	0.56	2.00	0.50	0.30	0.40
TOT	1.01	0.99	1.00	1.00	4.00	1.00		

En la columna X_1 se dan los resultados de la importancia de cada alternativa utilizando los criterios de un evaluador.

En la columna X_2 se ofrecen los resultados con los criterios de un segundo evaluador.

En la columna X se promedian los resultados obtenidos con los criterios de los dos evaluadores, con lo que se ponderan ambos criterios.

La **interpretación del resultado** de este ejemplo es el siguiente:

- 1) La alternativa A4 de reducción de la masa monetaria es 3 veces más activa en el logro de mi objetivo que lo que incidiría la alternativa inicialmente considerada (A2).
- 2) Si no puedo implementar en la práctica la A4, escogería la A3, que es la que le sigue en orden de importancia (congelar los salarios).

En la aplicación de este Método debe tenerse en cuenta la "Coherencia" de la valoración, es decir, se tiene que cumplir el postulado de **transitividad**. Por ejemplo:

	A1	A2	A3
A1	1	$\frac{1}{2}$	1
A2	2	1	$\frac{1}{2}$
A3	1	2	1

En este ejemplo $A1=A3$
 $A2>A1$

Con lo que A2 tendría que ser $>A3$, y en la matriz vemos que $A3>A2$, lo cual es incoherente.

Veamos otro **ejemplo** con dos proyectos con más de un evaluador, para que se vean las puntuaciones:

Criterios	Import. ó Ponderación	Proyecto 1				Proyecto 2			
		Evaluador 1		Evaluador 2		Evaluador 1		Evaluador 2	
		Puntos	Ponder.	Puntos	Ponder.	Puntos	Ponder.	Puntos	Ponder.
C1	0.4	10	4	8	3.2	8	3.2	8	3.2
C2	0.2	10	2	10	2.0	10	2.0	4	0.8
C3	0.4	5	2	5	2.0	8	3.2	10	4.0
Σ	1.0	25	8	23	7.2	26	8.4	22	8.0

Aquí no vamos a aplicar todos los pasos vistos anteriormente, ya que el objetivo es ver como se realiza la valoración con dos evaluadores a partir de la ponderación de los puntos según los criterios. No obstante, se puede determinar el mejor proyecto de la siguiente forma:

Proyectos	Evaluador 1		Evaluador 2		Promedio	
	Sin pond	Pond	Sin Pond	Pond	Sin pond	Pond
P1	25	8.0	23	7.2	24	7.6
P2	26	8.4	22	8.0	24	8.2

Donde se puede afirmar que debe seleccionarse el Proyecto 2 que obtuvo, como promedio, una valoración ponderada de 8.2 puntos mayor que el Proyecto 1 que obtuvo 7.6 puntos, independientemente que el promedio de la puntuación sin ponderar sea igual para ambos proyectos (24 puntos).

Pueden realizarse los cálculos según la metodología del Saaty para comprobar y definir la medida en que este Proyecto 2 es mejor que el Proyecto 1.

Veamos ahora un ejemplo con **tres proyectos** P1, P2 y P3, con **cinco criterios** de evaluación a su vez clasificados en dos tipos:

Criterios:

Criterios de Beneficio.

- C1: éxito probable del proyecto.
- C2: interés social del proyecto.
- C3: interés regional del proyecto.

Criterios de Gastos.

- C4: Costo financiero del proyecto.
- C5: Tiempo de ejecución del proyecto.

Aplicando el procedimiento del Saaty:

1er. paso: Determinación de la importancia relativa de los criterios.

A. Para los criterios de **beneficio**:

a) se elabora la matriz de relac. binarias: b) Se normaliza la matriz: c) Se suman las filas: d) Se calculan promedios:

	C1	C2	C3	C1	C2	C3	Σ	\bar{X}
C1	1	2	1	0.4	0.33	0.43	1.16	0.39
C2	1/2	1	1/3	0.2	0.16	0.14	0.50	0.17
C3	1	3	1	0.4	0.50	0.43	1.33	0.44
Σ	2.5	6	2.33	1.0	1.00	1.00	-	1.00

B. Para los criterios de **gastos**:

	C4	C5		\bar{X}
C4	1	1	con el mismo procedimiento llego a este valor:	0.50
C5	1	1		0.50
				1.00

2do. Paso: Estimación comparativa del aporte de cada proyecto a cada criterio de beneficio o costo.

I Etapa: En este paso se construyen para los proyectos, matrices semejantes a las construidas para los criterios en el 1er paso. Esto se hace para cada criterio

II Etapa: Se normalizan estas matrices, calculando la Σ y los promedios por filas.

I Etapa (son 5 matrices, una para cada criterio).

Criterio 1 (Beneficios)

Respecto a: Normalización:

C1:	P1	P2	P3	P1	P2	P3	Σ	\bar{X}
P1	1	2	3	0.55	0.57	0.50	1.62	0.54
P2	1/2	1	2	0.27	0.29	0.33	0.89	0.30
P3	1/3	1/2	1	0.18	0.14	0.17	0.49	0.16
Σ	1.83	3.5	6.0	1.00	1.00	1.00		

C2:	P1	P2	P3	P1	P2	P3	Σ	<div> <div>-</div> <div>X</div> <div>0.16</div> <div>0.33</div> <div>0.51</div> </div>
P1	1	1/4	1/2					
P2	4	1	1/3					
P3	2	3	1					
Σ								

C3:	P1	P2	P3	P1	P2	P3	Σ	<div> <div>-</div> <div>X</div> <div>0.35</div> <div>0.17</div> <div>0.48</div> </div>
P1	1	3	1/2					
P2	1/3	1	1/2					
P3	2	2	1					

 Σ **Criterio 2 (Gastos).**

C4:	P1	P2	P3	P1	P2	P3	Σ	<div> <div>-</div> <div>X</div> <div>0.33</div> <div>0.33</div> <div>0.33</div> </div>
P1	1	1	1					
P2	1	1	1					
P	1	1	1					
Σ								

C5:	P1	P2	P3	P1	P2	P3	Σ	<div> <div>-</div> <div>X</div> <div>0.49</div> <div>0.31</div> <div>0.20</div> </div>
P1	1	2	2					
P2	1/2	1	2					
P3	1/2	1/2	1					

 Σ

3er. paso: Resumir los resultados del 2do. paso por separado para los beneficios y los costos, atendiendo a las ponderaciones del paso 1.

Este paso se resuelve mediante la multiplicación de las matrices siguientes:

SOLUCIÓN:

I PASO: Determinación de la importancia relativa de los criterios:

Matriz de Relaciones Binarias							Matriz Normalizada							Σ Promedio	
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C1	C2	C3	C4	C5	C6			
C1	1.00	1.00	1.00	4.00	1.00	.50	.16	.17	.153	.200	.136	.130	.95	.16	
C2	1.00	1.00	2.00	4.00	1.00	.50	.16	.17	.306	.200	.136	.130	1.11	.18	
C3	1.00	.50	1.00	5.00	3.00	.50	.16	.09	.153	.250	.409	.130	1.19	.20	
C4	.25	.25	.20	1.00	.33	.33	.04	.04	.031	.050	.045	.087	.30	.05	
C5	1.00	1.00	.33	3.00	1.00	1.00	.16	.17	.051	.150	.136	.261	.93	.16	
C6	2.00	2.00	2.00	3.00	1.00	1.00	.32	.35	.306	.150	.136	.261	1.52	.25	
TOT	6.25	5.75	6.53	20.00	7.33	3.83	1.00	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	6.00	1.00	

II PASO:

Aportes de cada opción a cada criterio:

Criterio **C1**: Investigación

				Normalizada			Σ Promedio	
	A	B	C	A	B	C		
A	1.00	.25	.50	.14	.16	.11	.41	.14
B	4.00	1.00	3.00	.57	.63	.67	1.87	.62
C	2.00	.33	1.00	.29	.21	.22	.72	.24
TOT	7.00	1.58	4.50	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00

Criterio **C2**: Promoción

	A	B	C	A	B	C		
A	1.00	.25	.20	.10	.08	.12	.29	.10
B	4.00	1.00	.50	.40	.31	.29	1.00	.33
C	5.00	2.00	1.00	.50	.62	.59	1.70	.57
TOT	10.00	3.25	1.70	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00

Criterio **C3**: Beneficios

	A	B	C	A	B	C		
A	1.00	3.00	.33	.23	.60	.14	.97	.32
B	.33	1.00	1.00	.08	.20	.43	.71	.24
C	3.00	1.00	1.00	.69	.20	.43	1.32	.44
TOT	4.33	5.00	2.33	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00

Criterio **C4**: Colegas

	A	B	C	A	B	C		
A	1.00	.33	5.00	.24	.22	.38	.85	.28
B	3.00	1.00	7.00	.71	.68	.54	1.93	.64
C	.20	.14	1.00	.05	.10	.08	.22	.07
TOT	4.20	1.47	13.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00

Criterio **C5**: Cercanía

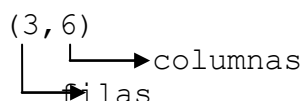
							Σ Promedio	
	A	B	C	A	B	C		
A	1.00	1.00	7.00	.47	.47	.47	1.40	.47
B	1.00	1.00	7.00	.47	.47	.47	1.40	.47
C	.14	.14	1.00	.07	.07	.07	.20	.07
TOT	2.14	2.14	15.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00

Criterio **C6**: Reputación

	A	B	C	A	B	C		
A	1.00	7.00	9.00	.80	.85	.60	2.25	.75
B	.14	1.00	5.00	.11	.12	.33	.57	.19
C	.11	.20	1.00	.09	.02	.07	.18	.06
TOT	1.25	8.20	15.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00

III PASO: Multiplicación de matrices

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C1	.16
A	.14	.10	.32	.28	.47	.75	C2	.18
B	.62	.33	.24	.64	.47	.19	C3	.20
C	.24	.57	.44	.07	.07	.06	C4	.05
							C5	.16
							C6	.25

(3,6)


(6,1)

Σ filas

.02	.02	.06	.01	.07	.19	.38
.10	.06	.05	.03	.07	.05	.36
.04	.10	.09	.00	.01	.02	.26

Respuesta: La opción A resulta el mejor trabajo para el individuo.

.2 Métodos ELECTRE I y II [31].

Constituye otro método "multicriterio" que permite el uso de criterios más allá de los puramente cuantitativos.

Viene del francés: "**E**lection **E**t **C**hoix **T**raduisant la **R**ealité" que en español significa "Elección de alternativas traduciendo la realidad".

La diferencia con el **SAATY** radica en que este último llegaba a la agregación de criterios, mientras que en el **ELECTRE** no se trata de agregar criterios, sino que se trabaja con la noción de "sobreclasificación"

La sobreclasificación viene de la traducción de los términos: "out-ranking" en inglés y del término francés de "sur".

Ejemplo: Se tienen 2 productos A y B y se quiere evaluar cual es el mejor a partir de 4 criterios:

- 1: durabilidad (DU);
- 2: presentación (PS);
- 3: gusto (GU);
- 4: precio (PR).

Se toma una escala simple, que va de : Muy Bueno (MB), Bueno (B), Neutro (N) y Malo (M) y se llega a una escala del siguiente tipo:

	A	B	
			En todos los casos el producto A es mejor al B (sin lugar a dudas).
DU	MB	B	En este caso los 4 criterios están en <u>concordancia</u> con la hipótesis de que A es mejor que B.
PS	MB	N	
GU	B	N	
PR	B	M	

De aquí surge un concepto Básico: **Concordancia**.

Supongamos que el precio puede variar de la siguiente forma:

	A	B	
			Aquí hay 3 criterios que están en <u>concordancia</u> y 1 que está en <u>discordancia</u> (Precio), siempre relacionando A con B o sea sobre la hipótesis de que <u>A es mejor que B</u> .
DU	MB	B	
PS	MB	N	
GU	B	N	
PR	N	MB	

A pesar de que el producto A sigue siendo mejor que el B, es posible que el comprador se decida por el B, ya que el precio puede ser el criterio a jerarquizar por el comprador.

Regla básica:

En general se admite la hipótesis de que A sobreclasifica a B si se verifica:

- 1.- Una determinada mayoría de puntos de vista no contradice esta afirmación;
- 2.- La minoría que se opone no está decididamente en contra.

Forma de cálculo de los coeficientes de **concordancia** y **discordancia**:

Concordancia:

$$C_{A/B} = \frac{\sum \text{de los pesos de los criterios para los que A es mejor o igual que B}}{\sum \text{de los pesos de todos los criterios del modelo}} \quad \frac{N}{D}$$

Indica en que medida la opción A es mejor que la opción B, para el conjunto de los criterios.

$$0 \leq C_{A/B} < 1$$

o sea, mientras más se acerca a 1 es mejor la opción A que la B.

Discordancia:

$D_{A/B}$ = $\frac{\text{Módulo de la mayor variación negativa, medida por los puntajes para los criterios en que A es peor que B.}}{\text{Rango máximo entre el puntaje más alto y el puntaje más bajo, obtenido en alguno de los criterios para cualquier par de opciones.}}$

Indica en que medida una opción contiene elementos desfavorables que puedan volverla insatisfactoria respecto a otra.

La discordancia se mueve entre cero y uno:

$$0 \leq D_{A/B} \leq 1$$

o sea, según tiende a cero, mejores son las posibilidades de la opción A, cuando la hipótesis sea de que A es mejor que B.

Resumiendo, esta es la base teórica del método ELECTRE, en donde para que se cumpla la hipótesis de que el producto A es mejor que el B, tiene que darse que los coeficientes de concordancia y discordancia sean:

$$C_{A/B} \longrightarrow 1$$

$$D_{A/B} \longrightarrow 0$$

Veamos la aplicación de esta base teórica en un **ejemplo** concreto.

Tres opciones (A, B y C) con 5 criterios:

	C1	C2	C3	C4	C5	
A	8	8	5	15	10	
B	10	1	8	0	15	
C	5	10	8	20	10	
%	15	15	20	30	20	= 100 \longrightarrow <u>Importancia relativa de los criterios.</u> Estos datos entran extramodelo y puede utilizarse el Saaty.

El C4 es el más importante; le siguen en orden el C3 y C5, y el C1 y C2.

Se calculan los coeficientes de Concordancia y Discordancia:

$$C_{A/B} = \frac{15 + 30}{100} = \boxed{0.45}$$

Aquí para los C2 y C4,
A es mejor que B

$$D_{A/B} = \frac{-2-3-5}{20} = \frac{-5}{20} = \boxed{0.25}$$

La mayor en valor
absoluto (módulo)
= 5

Aquí para los C1, C3 y C5,
A es peor que B.

¿Y esto que indica?

Para interpretar estos resultados, se comparan estos valores obtenidos contra umbrales o límites que da la experiencia, que serían:

$$C_{A/B} > \boxed{0.70}$$

$$D_{A/B} \leq \boxed{0.20}$$

En la comparación, vemos que:

$$C_{A/B} < 0.7 \quad \text{y}$$

$$D_{A/B} > 0.2$$

Por tanto no llego a la conclusión de que A supera a B.

Veamos el significado de estos **umbrales**.

Umbrales	Si sucede que:	Se puede decir entonces que:
$C_{A/B} > 0.7$	1) $C_{A/B} \geq 0.7$ y $D_{A/B} \leq 0.2$	A sobreclasifica a B
$D_{A/B} \leq 0.2$	2) $C_{B/A} \geq 0.7$ y $D_{B/A} \leq 0.2$	B sobreclasifica a A
	3) Si A sobrec. a B y B sobrec. a A (que es posible)	A es equivalente a B
	4) En el resto de los casos	A y B son incomparables.

Y se expresan así estas relaciones: (Matriz de resultados).

- 1) A \longleftarrow B
- 2) A \longleftrightarrow B
- 3) A \longleftrightarrow B
- 4) A B

En el ejercicio, vamos a hallar:

$$C_{B/A} = \frac{15+20+20}{100} = 0.55 \quad \text{que no es } \geq 0.7$$

$$D_{B/A} = \frac{15}{20} = 0.75 \quad \text{que no es } \leq 0.2$$

Por lo tanto estamos en el caso 4), que son incomparables A y B.

Obsérvese que estos valores con el complemento (hasta 100) de los inversos $C_{A/B}$ y $D_{A/B}$ hallados con anterioridad. (Ley de complementariedad). El ejercicio se continúa, hallando todos los coeficientes de concordancia y discordancia y conformando con esos valores las matrices correspondientes, que son las siguientes:

Matriz de concordancia

	A	B	C
A	-	0.45	0.35
B	0.55	-	0.55
C	0.85	0.65	-

Matriz de discordancia

	A	B	C
A	-	0.25	0.25
B	0.75	-	1.00
C	0.15	0.25	-

A partir de estas matrices se confecciona la siguiente Matriz de Resultados:

	A	B	C
A →	0	0	0
B →	0	0	0
C →	1	0	0

Puedo sintetizar que:

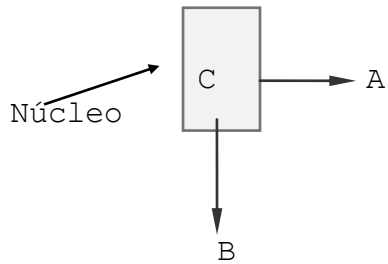
- A no sobreclasifica a nadie y es sobreclasificada por C.
- B " " " y tampoco es sobreclasificada.
- C sobreclasifica a A y no es sobreclasificada por nadie.

Por tanto no es posible decidir con estos resultados. Ante esta disyuntiva, bajamos el umbral a 0.6 y 0.25 y se nos produce la siguiente matriz de resultados:

	A	B	C
A ----->	0	0	0
B ----->	0	0	0
C ----->	1	1	0

Y ahora si podemos decir que la opción preferible es la C.

Con estos resultados podemos hacer el siguiente **grafo**:



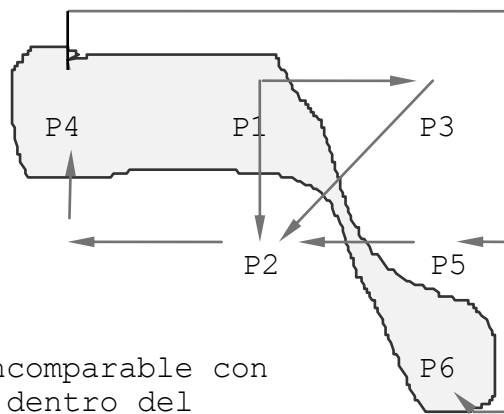
Donde C es el "núcleo" del grafo, que significa la mejor opción.

Y se observa que A y B son incomparables.

Una opción bajo análisis, será elemento de un grafo de sobreclasificación (núcleo del grafo), si se verifican las siguientes **condiciones**:

1. Cada elemento fuera del núcleo es sobreclasificado por al menos uno de los elementos ubicados dentro del núcleo;
2. Ningún elemento dentro del núcleo debe ser sobreclasificado por otro elemento del núcleo.

Ejemplo de un grafo realizado para 6 proyectos :



Partición:

P1	Entre estos proyectos está el mejor
P4	
P6	

P6 siendo incomparable con todos, está dentro del núcleo.

Núcleo del Grafo

Ventajas de la noción de **sobreclasificación** sobre la noción de **preferencia**:

1. No se exige la propiedad de transitividad; es decir, si A sobreclasifica a B y B sobreclasifica a C, no implica que A sobreclasifique a C;
2. No exige una relación necesaria entre un par de opiniones.

La principal dificultad del Método ELECTRE I, es que no es definitivo como el SAATY, o sea, no hay una jerarquización clara de los proyectos, sino que hace una partición.

El ELECTRE 2, trata de resolver esto por dos vías:

1. Introduce el criterio de sobreclasificación "fuerte" y sobreclasificación "débil".

Por ej: A $\xrightarrow{\hspace{1cm}}$ B (fuerte)
 A $\xrightarrow{\hspace{1cm}}$ B (débil)

2. Utiliza un procedimiento de síntesis de todas las relaciones de sobreclasificación.

La variante ELECTRE 2 opera, como en el caso de ELECTRE I, basado en la noción de sobreclasificación. La diferencia al ELECTRE I se refieren a:

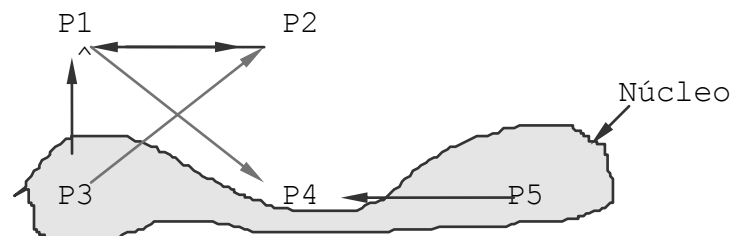
- La introducción del concepto de sobreclasificación "fuerte" y sobreclasificación "débil", lo que redundará en un análisis más refinado.
- La posibilidad de obtener una priorización de las acciones (proyectos), como situación más general que la selección de un conjunto limitado de acciones (núcleo del grafo) como era en el caso del ELECTRE I.

El ELECTRE 2 también trabaja con matrices.

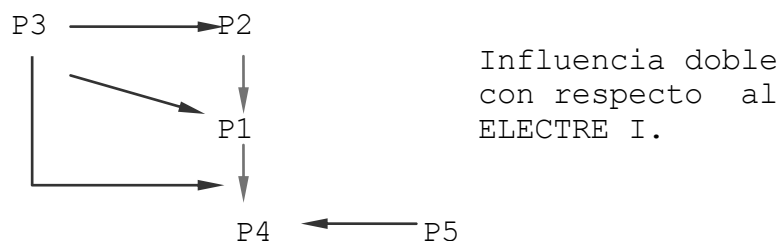
Ejemplo: 5 proyectos trabajados con 6 criterios.

(P2,P1) sobreclasificación débil;
 (P3,P1) sobreclasificación fuerte;
 (P1,P4) sobreclasificación débil;
 (P1,P5) incomparables;
 (P3,P2) Sobreclasificación fuerte;
 (P2,P4) incomparables;
 (P2,P5) incomparables;
 (P3,P4) sobreclasificación débil;
 (P3,P5) incomparables;
 (P5,P4) sobreclasificación fuerte.

Estas relaciones de sobreclasificación dan el siguiente Grafo:



Ordenando el grafo del ELECTRE 2, **sin la clasificación en fuerte y débil**:



Los resultados para este Grafo se resume de la siguiente forma: (Método de Flechas Enviadas y Recibidas).

Proyecto	Flechas recibidas	Orden	Flechas enviadas	Orden	Σ de ordenes	
P1	3	3	1	3	6	
P2	1	2	2	2	4	
P3	0	1	5	1	2	1er Lugar
P4	6	4	0	4	8	
P5	0	1	1	3	4	2do Lugar

Si se toma en cuenta la clasificación en fuerte y débil, se complica la valoración y habría que ponderar. Por ejemplo, dando el triple de valor a la fuerte sobre la débil:

Proyecto	Flechas recibidas			Valor
	Total	Fuertes	Débiles	
P1	6	1	5	3+5= 8
P4	4	3	1	9+1= 10 ← el mejor

Consideraciones generales comparativas entre el SAATY y el ELECTRE

- 1.El procedimiento SAATY proporciona un marco general de análisis, que resulta de suma utilidad para la jerarquización de objetivos y para la comprensión de problemas complejos.

Sin embargo, la exigencia de coherencia en las comparaciones de cada nivel, puede no resultar acorde con los comportamientos de los tomadores de decisiones, dentro del contexto del problema sujeto a análisis.

Ello no implica descalificar dichos comportamientos, sino el reconocimiento que en los problemas de elección surgen componentes que se sitúan en un plano que va más allá de la racionalidad.

- 2.El método ELECTRE, al menos en sus primeras versiones, brinda un tratamiento al problema de la eventual no transitividad de las preferencias introduciendo la noción de sobreclasificación.
- 3.Desde el punto de vista computacional, el procedimiento SAATY puede ser programado con relativa facilidad, mediante la aplicación de los lenguajes utilizados en los paquetes DBase. En cambio, el método ELECTRE no tiene la misma versatilidad, requiriendo lenguajes del tipo BASIC o PASCAL, para facilitar las corridas de iteración necesarias.

Ejercicio de aplicación del método ELECTRE I con un ordenamiento según el ELECTRE 2.

Una persona quiere decidir entre varios proyectos para sus próximas vacaciones y tiene **5 opciones**:

- P1 : Permanecer en casa y disfrutar de las olimpiadas por TV;
 P2 : Reservar una semana en la playa;
 P3 : Pasarla con su familia en el campo;
 P4 : Cumplimentar el trabajo de un curso recién concluido;
 P5 : Reparar la casa.

Se utilizan **4 criterios de decisión**, con el siguientes contenido y escalas valorativas:

Criterios	Escala
C1 : Esparcimiento, disfrute personal a recibir	1-10
C2 : Posibilidad de disfrute para cónyuge e hijos	1-20
C3 : Conveniencia de hacerlo en estas vacaciones	1-5
C4 : Costo	1-20

Por el método de Brainstorming se llega a la siguiente **matriz de asignación de valores**:

	C1	C2	C3	C4
P1	10	8	5	16
P2	8	18	3	12
P3	6	20	2	20
P4	2	0	4	16
P5	2	4	4	8
%	30	30	10	30 = 100%

A partir de esta matriz se calculan los **coeficientes** de concordancia y discordancia:

Concordancia

$$\begin{aligned}
 C_{1/2} &= .30 + .10 + .30 = 0.70 \\
 C_{1/3} &= .30 + .10 = 0.40 \\
 C_{1/4} &= .30 + .30 + .10 + .30 = 1.00 \\
 C_{1/5} &= .30 + .30 + .10 + .30 = 1.00
 \end{aligned}$$

Discordancia

$$\begin{aligned}
 D_{1/2} &= -10/20 = 0.50 \\
 D_{1/3} &= -12/20 = 0.60 \\
 D_{1/4} &= 0 \\
 D_{1/5} &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{2/1} &= 0.30 \\
 C_{2/3} &= .30 + .10 = 0.40 \\
 C_{2/4} &= .30 + .30 = 0.60 \\
 C_{2/5} &= .30 + .30 + .30 = 0.90
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_{2/1} &= -4/20 = 0.20 \\
 D_{2/3} &= -8/20 = 0.40 \\
 D_{2/4} &= -4/20 = 0.20 \\
 D_{2/5} &= -1/20 = 0.05
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{3/1} &= .30 + .30 = 0.60 \\
 C_{3/2} &= .30 + .30 = 0.60 \\
 C_{3/4} &= .30 + .30 + .30 = 0.90 \\
 C_{3/5} &= .30 + .30 + .30 = 0.90
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_{3/1} &= -4/20 = 0.20 \\
 D_{3/2} &= -2/20 = 0.10 \\
 D_{3/4} &= -2/20 = 0.10 \\
 D_{3/5} &= -2/20 = 0.10
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{4/1} &= .30 = 0.30 \\
 C_{4/2} &= .10 + .30 = 0.40 \\
 C_{4/3} &= .10 = 0.10 \\
 C_{4/5} &= .30 + .10 + .30 = 0.70
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_{4/1} &= -8/20 = 0.40 \\
 D_{4/2} &= -18/20 = 0.90 \\
 D_{4/3} &= -20/20 = 1.00 \\
 D_{4/5} &= -4/20 = 0.20
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{5/1} &= 0 \\
 C_{5/2} &= 0.10 \\
 C_{5/3} &= 0.10 \\
 C_{5/4} &= .30 + .30 + .10 = 0.70
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_{5/1} &= -8/20 = 0.40 \\
 D_{5/2} &= -14/20 = 0.70 \\
 D_{5/3} &= -16/20 = 0.80 \\
 D_{5/4} &= -8/20 = 0.40
 \end{aligned}$$

Se confeccionan las **matrices de concordancia y discordancia:**

Concordancia:

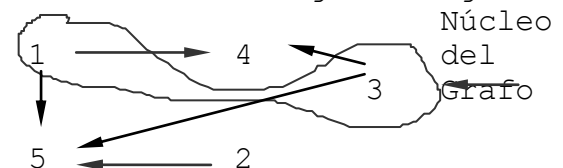
Discordancia:

	P1	P2	P3	P4	P5		P1	P2	P3	P4	P5
P1	-	0.70	0.40	1.00	1.00	P1	-	0.50	0.60	0.00	0.00
P2	0.30	-	0.40	0.60	0.90	P2	0.20	-	0.40	0.20	0.05
P3	0.60	0.60	-	0.90	0.90	P3	0.20	0.10	-	0.10	0.10
P4	0.30	0.40	0.10	-	0.70	P4	0.40	0.90	1.00	-	0.20
P5	0.00	0.10	0.10	0.70	-	P5	0.40	0.70	0.80	0.40	-

Se elabora la **Matriz de Resultados**, con el **Umbral** Típico de:
 $C_{A/B} > 0.70$ y $D_{A/B} \leq 0.20$.

	P1	P2	P3	P4	P5
P1	0	0	0	1	1
P2	0	0	0	0	1
P3	0	0	0	1	1
P4	0	0	0	0	0
P5	0	0	0	0	0

Obteniéndose el siguiente grafo:



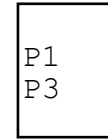
Si bajamos el **Umbral** a:
 $C_{A/B} > 0.60$ y $D_{A/B} \leq 0.30$

Obtenemos la siguiente Matriz de Resultados:

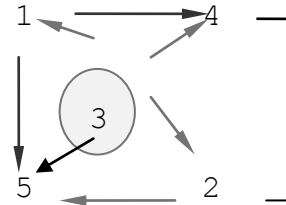
	P1	P2	P3	P4	P5
P1	0	0	0	1	1
P2	0	0	0	1	1
P3	1	1	0	1	1
P4	0	0	0	0	1
P5	0	0	0	0	0

Partición:

Entre estos
dos está el
mejor



Y el siguiente grafo:



De aquí se obtiene que la **opción 3 es la más ventajosa** y en 2do lugar la opción 1.

Por el **Método de las flechas recibidas y enviadas**, la opción 2 conjuntamente con la opción 1, comparten el 2do. lugar:

Opción	Flechas Recibidas	Orden	Flechas enviadas	Orden	Σ ordenes	
P1	1	2	3	2	4	2do lugar
P2	1	2	3	2	4	" "
P3	0	1	9	1	2	1er lugar
P4	5	3	1	3	6	
P5	9	4	0	4	8	

.4 Métodos probabilísticos.

Estos métodos son utilizados cuando la incertidumbre de los proyectos es muy grande, lo que conduce a condiciones muy riesgosas para decidir entre la ejecución de uno u otro proyecto.

Para su aplicación se requiere el concurso de especialistas con amplio dominio de las técnicas de estadística-matemática, ya que resulta un método verdaderamente complejo y con un volumen grande de información a procesar. Algunos de los más utilizados se exponen a continuación.

.1 Modelos de dominancia entre proyectos [3 pág 12].

Este tipo de modelo se emplea para determinar dominancia entre proyectos desde el punto de vista de los resultados esperados.⁸ Es decir, analiza los posibles resultados de un proyecto bajo distintos **escenarios de probabilidad** asociada a cada uno de ellos, y los **compara** con los correspondientes a otros proyectos.

Si en cualquier escenario posible se da que el peor resultado de un proyecto **A** es igual o mejor al mejor resultado de un proyecto **B**, existirá dominancia absoluta del primero sobre el segundo y será recomendable emprender el proyecto **A**.

Existirá dominancia probabilística de un proyecto **A** sobre un proyecto **B**, cuando para cualquier escenario posible, la probabilidad de obtener un cierto resultado (deseable) sea mayor para el proyecto **A** que para el **B**.

No obstante la conveniencia de este modelo para la selección de proyectos con alto grado de incertidumbre, su uso es limitado ya que resulta difícil su aplicación para proyectos de distintas ramas o actividades, bajo las condiciones de un mismo escenario.

Además, su uso se ve complicado por la dificultad para estimar en forma confiable la probabilidad asociada a cada resultado posible del proyecto.

.2 Modelos de portafolio [3, pág 14].

Conocido también como de "cartera de inversiones", según los cuales se trata de determinar el aporte marginal que significa la inclusión de un nuevo proyecto a un conjunto de proyectos ya seleccionados. Para ello se consideran factores tales como: la **rentabilidad** de cada proyecto y la **diversificación del riesgo** que introduce al portafolio⁹.

Los modelos de portafolio cuentan con una sólida base conceptual y constituyen, en teoría, el instrumento ideal para la selección de paquetes de proyectos. Sin embargo, el volumen y tipo de información requerida para aplicarlos, torna su uso impráctico en la elaboración de programas de inversiones.

⁸ Información más detallada sobre el tema puede consultarse el libro: "Decision Making Under Uncertainty. Models and Choices". Charles A. Holloway, Pentice Hall, 1979.

⁹ Para un análisis de estos modelos véase: "Financial Theory and Corporate Policy", Copeland y Weston. Adison Westley, 1983.

.5 Modelos de Programación Lineal [3, pág 14].

Dentro de los métodos económico-matemáticos más utilizados en la evaluación, jeraquización y selección de proyectos, se encuentran los modelos basados en la Programación Lineal.

Frente al problema de tratar de alcanzar **objetivos múltiples** con **recursos limitados** y sujeto a numerosas **restricciones**, se ha intentado aplicar modelos de programación lineal a la selección de paquetes de proyectos.

La función objetivo seleccionada suele ser maximizar la suma de los valores actuales netos (VAN) sociales de los proyectos incluidos en el programa de inversiones. Las restricciones reflejan limitaciones de recursos (fundamentalmente dinero), límites a la inversión por sector, región y/o institución y relaciones de dependencia, complementariedad o exclusividad entre proyectos.

Sin embargo, la aplicación de este método requiere contar con una evaluación social de cada proyecto que se postule al programa de inversiones, lo que casi nunca es logvable. Además, el problema se torna rápidamente tan complejo que no es posible encontrar una solución por procedimientos sencillos.

Por lo tanto, aún reconociendo el potencial de instrumentos de este tipo, no es posible pensar en su empleo para la determinación de programas de inversiones cuando figuren en ellos un número grande de pequeños proyectos, para los cuales no se cuente con información o metodologías para el cálculo de su VAN.