

0088



Universidad Nacional Autónoma de México

División de Estudios de Postgrado
FACULTAD DE INGENIERIA

La Selección de Obras de Infraestructura en la Planeación del Transporte Terrestre

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE :
MAESTRO EN INGENIERIA *Planeación*

P R E S E N T A :

Juan Manuel Anchondo Adalid

MEXICO, D.F.

1979



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
SECCION DE PLANEACION

Tesis que presenta el
ING. JUAN MANUEL ANCHONDO ADALID

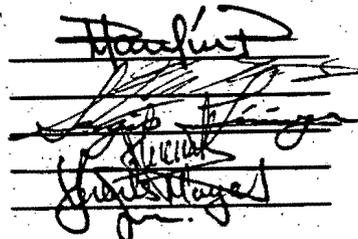
para obtener el grado de

MAESTRO EN INGENIERIA

Créditos por tesis 9

JURADO:

M. en C. Agustín Paulín Pérez
Dr. José de Jesús Acosta Flores
M. en I. Sergio Zúñiga Barrera
M. en I. José F. Guerra Recasens
Dr. Sergio Fuentes Maya



Handwritten signatures of the jury members over horizontal lines.



M. en C. Agustín Paulín Pérez

Ciudad Universitaria, D. F.

Septiembre 1979

A mis Padres:

Juan de la Cruz Anchondo Aizpuru.
María del Socorro Adalid Islas de Anchondo.

A mis hermanos:

José Miguel
Cosme Benjamín
Jesús Adrián
Mariano Austreberto
María del Socorro Alejandra

A mi tío:
Dr. Carlos Adalid e Islas.

A todos mis parientes.

AGRADECIMIENTOS:

AL MAESTRO EN INGENIERIA SERGIO ZUÑIGA BARRERA,
POR LA DIRECCION DE ESTE TRABAJO.

AL M. EN C. AGUSTIN PAULIN PEREZ,
POR LAS APORTACIONES GENERALES.

AL DR. JOSE DE JESUS ACOSTA FLORES,
POR SUS OBSERVACIONES.

C O N T E N I D O

- I. INTRODUCCION.
- II. ANTECEDENTES.
- III. PLANTEAMIENTO GENERAL.
- IV. EJERCICIO DE APLICACION.
- V. OBSERVACIONES.
- VI. CONCLUSIONES.
- VII. APENDICES.
- VIII. BIBLIOGRAFIA.

I. INTRODUCCION

Las obras de infraestructura para el transporte terrestre han desempeñado un papel fundamental en el proceso del desarrollo económico, particularmente hacia finales del siglo XIX y lo que va del siglo XX. (1,2,3).

La posibilidad de transporte a través de las superficies territoriales es una circunstancia que debe ser aprovechada en la expansión de las actividades de intercambio de bienes y servicios, toda vez que la expansión sea necesaria para el desarrollo de los procesos encaminados a proporcionar mejores condiciones de vida a una población siempre en aumento.

La expansión de las actividades de intercambio de bienes y servicios es posible gracias a la infraestructura de transporte. Tal expansión implica aumentos en la oferta y en la demanda, y, en consecuencia, incrementos en las actividades productivas; siendo estas últimas un factor importante del desarrollo económico*. (4,6).

México es un país cuyas circunstancias geográficas dificultan la comunicación terrestre de sus regiones económicas (actuales y potenciales); esta situación acentúa la importancia de las obras de infraestructura para el transporte en su participación al desarrollo.

La necesidad de una infraestructura adecuada pa-

* El incremento de las actividades productivas induce incrementos en el ingreso de las personas, y éste conduce a incrementos en la demanda de productos y servicios; lográndose un círculo del desarrollo. (4,6).

ra la comunicación expedita de las regiones económicas del país, es una verdad que no tiene oponentes; la controversia se refiere al diseño de condiciones que sean deseables en un sistema de comunicación terrestre, y a los medios necesarios para lograr esas condiciones de manera efectiva. Las condiciones deseables en un sistema de comunicación terrestre, en términos generales, pueden ser la provisión de las mayores facilidades para la movilidad de personas y artículos, y la aplicación equilibrada de los recursos nacionales destinados a los sistemas de transporte.

Los medios que pueden emplearse para el logro de las condiciones mencionadas se resumen en las actividades de planeación, la planeación de los sistemas de transporte.

Dentro de la planeación de los sistemas de transporte, la selección de estrategias de desarrollo de las obras de infraestructura es una de las empresas conceptuales de mayor importancia (7). Una estrategia de desarrollo implica un conjunto particular de obras y una secuencia de construcción, de manera que se cumplan las condiciones deseadas.

Desde este punto de vista podemos plantear que la selección de estrategias de desarrollo de las obras de infraestructura se reduce a la selección de obras y la secuenciación de su construcción.

La evaluación de las obras de infraestructura para el transporte terrestre debe tomar en cuenta a los intereses de la sociedad. Si los intereses comunitarios son conflictivos, complejos y dinámicos, la selección de obras deberá realizarse considerando en forma congruente y sistemática, a las preferencias e intereses

sociales, y a las condiciones de incertidumbre. En estos términos la evaluación o la selección de proyectos es un proceso ordinariamente difícil, ya que no existen procedimientos objetivos que puedan utilizarse de manera que sean representativos de las conveniencias de la comunidad social.

El planteamiento de juicios y razonamientos en la evaluación o selección de obras, es irrelevante cuando éstos no pueden traducirse a políticas operacionales, esfuerzos prácticos y lineamientos organizacionales.

El análisis sistemático de las obras de infraestructura para el transporte terrestre contempla múltiples objetivos, muchas veces conflictivos entre sí, incertidumbre en los acontecimientos futuros derivados de la planeación y acciones inmediatas, de mediano y largo plazos, y las preferencias de individuos o grupos de individuos. Al mismo tiempo, el objetivo de un análisis sistemático es la jerarquización y selección de obras, dentro del contexto general de la planeación de la infraestructura de transporte.

Todo tipo de selección o jerarquización se puede interpretar como la aplicación de una decisión que se refiere a un ordenamiento específico de los objetos por seleccionar; los valores o características de estos objetos, sean reales o conceptuales, sean cualitativos o cuantitativos, son datos o información que se procesa para llegar a una decisión.

Específicamente, el trabajo realizado está orientado hacia la obtención de un modelo para la evaluación de proyectos de infraestructura para el transporte terrestre, aplicando los conceptos y recomendaciones de la teoría moderna de decisiones, en su parte de análisis preferencial (23).

II. ANTECEDENTES.

En los países que se encuentran en vías de desarrollo, las obras de infraestructura para el transporte terrestre, específicamente ferrocarriles y carreteras, participan en forma importante en el desarrollo económico y social, ya que gran parte de las áreas territoriales consideradas para el desarrollo no cuentan con este tipo de infraestructura (que muchas veces es el punto de partida para otro tipo de infraestructura) la población se encuentra bajo regímenes de autoconsumo total y el tráfico de mercaderías y personas es casi nulo (8). Al iniciarse la construcción de obras carreteras u obras ferrocarrileras, se inicia un mayor aprovechamiento de los recursos naturales y la movilidad de las personas.

El mejoramiento económico y social de alguna región específica como consecuencia de la explotación agrícola de las áreas cultivables, la producción pecuaria en las regiones propicias, la extracción de minerales de los yacimientos, la explotación de maderas de los bosques, la apertura de centros recreativos o turísticos y otras actividades productivas o comerciales, es difícilmente lograda sin la disponibilidad de infraestructura para el transporte.

En el caso de las regiones en donde existen actividades económicas significativas, se cuenta con infraestructura productiva avanzada y se dispone de vías de comunicación terrestre; los incrementos en la infraestructura de transporte participan en la provisión de medios para la dispersión de población, en la revitalización de zonas marginadas y en el incremento de las actividades comerciales e industriales. En estas cir-

cunstancias, las obras para el transporte proporcionan beneficios que son recibidos por los usuarios directos de los sistemas de transporte al enfrentarse a reducciones importantes en los costos y tiempos de traslado; e indirectamente por los no usuarios al abaratare los precios de los artículos y servicios que demandan.

Así, la toma de decisiones en la construcción de obras de infraestructura para el transporte terrestre, sean carreteras, ferrocarriles o ductos, se apoya en las condiciones productivas o de consumo de las regiones en donde se localicen estas obras; si una región se considera subdesarrollada pero cuenta con grandes (o pequeños) potenciales naturales, las decisiones estarán basadas en el aprovechamiento de los recursos.

Si una región puede catalogarse como desarrollada o en vías de desarrollo, las decisiones que se tomen con respecto a la construcción de obras para el transporte estarán apoyadas en los beneficios adicionales inducidos por las obras que se hayan propuesto.

En un país como el nuestro, que cuenta con un sistema de transporte terrestre que puede considerarse desarrollado, los proyectos para obras de infraestructura son señalados casi directamente por la población a través de los diversos grupos de interés. Son pocas las regiones en las cuales la población no participa en el análisis o el planteamiento de las conveniencias de este tipo de obras; de manera que podría decidirse que existe demanda por obras de transporte terrestre.

La administración pública de las obras de transporte ha planteado a éstas como instrumento de proyección social y de justicia; enfocada a la distribución del ingreso, a la generación de empleos, el equilibrio

rural-urbano, la incorporación de regiones aisladas de las vías de comunicación al sistema de transporte, al incremento en las actividades productivas, al apoyo a los problemas de congestión y a la comunicación de los centros administrativos gubernamentales entre sí.

Las obras de infraestructura para el transporte terrestre de artículos y personas representan medios para el beneficio de algunos grupos de población, sin embargo son obras que pueden causar perjuicios a otros grupos de personas y al entorno ecológico general. Los perjuicios que pueden causar son de muy variada naturaleza; desde la creación de barreras al libre tránsito de personas, la afectación de superficies aptas para el cultivo agropecuario y los paisajes naturales, la contaminación de la vecindad de las rutas de transporte, hasta la renuncia tácita a otros beneficios sociales por la distracción de los recursos materiales y humanos.

Estos efectos posibles, son criterios que deberán incluirse para la evaluación de los proyectos de transporte, de acuerdo a su magnitud, a su importancia y a los objetivos de bienestar social nacional.

II.i. CONSIDERACIONES NORMATIVAS.

Ciertamente una obra de infraestructura para el transporte terrestre contribuye tanto al logro de objetivos relacionados con el desarrollo de una región, como al cumplimiento de políticas y estrategias nacionales y regionales, y a la aplicación de los recursos.

La prelación en la aplicación de los recursos para obras de infraestructura, debe llevarse a cabo atendiendo la deseabilidad relativa de los efectos que las obras consideradas pueden producir sobre una región, sobre un Estado o sobre el conjunto Nacional. Orientada esta deseabilidad por los planes de desarrollo, y referida a los efectos conocidos o esperados, directos o indirectos, y a sus alcances en el mediano y largo plazo.

El análisis de los efectos de las obras implica una medición o valoración, exacta y suficiente, de la relación causa-efecto de las obras de infraestructura y los efectos que puedan tener sobre el sistema económico en el cual se localicen las obras, a corto, mediano y largo plazos.

Dado que, actualmente, una obra de infraestructura para el transporte no puede identificarse con eventos exclusivos que sean representativos de los efectos planeados y fortuitos, la planeación de las obras a través de la selección de proyectos individuales, no deberá fundamentarse, exclusivamente, en el principio de causa-efecto. En caso contrario se incurre en el riesgo de mal interpretar la deseabilidad real de un proyecto, en vista de las limitaciones de identificación y medición de los efectos reales, directos e indirectos.

En estas circunstancias, la prelación de proyectos se puede realizar considerando la situación actual de una región y la situación que se desearía tener por medio de la construcción de alguna obra de infraestructura, en función de ciertos criterios o factores de evaluación que puedan ser identificados y medidos objetivamente, anterior y posteriormente a la realización de una obra. De manera que la diferencia entre la situación actual de dos o más regiones distintas, proporcionará una base de comparación entre dos o más proyectos localizados en las respectivas regiones, cuando se intente lograr una situación mejor, equivalente, en esas regiones.

II.i.i.FACTORES DE EVALUACION.

Los factores de evaluación o criterios para la evaluación de obras de infraestructura para el transporte terrestre, son aquéllos que se utilizarán como marco de referencia en la jerarquización de las obras específicas. Tales que, para cada proyecto considerado, las magnitudes de los valores de estos factores sean utilizados para normar la selección o jerarquización de los proyectos de infraestructura que sean considerados.

III. PLANTEAMIENTO GENERAL.

En la selección de obras para infraestructura de transporte terrestre es frecuente la necesidad de tomar en consideración a varios criterios de evaluación diferentes que pueden ser contradictorios entre sí, y sin embargo ser necesarios. La selección se hará en condiciones de información limitada e incierta y deberá considerar las necesidades de la sociedad. De manera que la planeación de los sistemas de transporte terrestre se realice en forma sistemática y, que sea congruente con los objetivos generales perseguidos en la planeación del desarrollo Nacional.

El análisis preferencial, como parte del proceso de planeación, permite establecer prioridades entre los diversos criterios de evaluación que vayan a ser utilizados en la selección de obras para el transporte, y, permite calificar a cada uno de los proyectos considerados, de acuerdo con las preferencias de las personas comprometidas en la planeación, y, por extensión, en las decisiones que se refieren al sistema de transporte Nacional.

En el caso en que exista un individuo representativo de las inquietudes de las personas afectadas por una obra de transporte, el análisis preferencial de esta persona proporcionará los medios necesarios para producir decisiones representativas en forma simplificada. Si el caso anterior no se da, y adicionalmente no es posible lograr un consenso general de las personas que participan en el proceso de planeación, en cuanto a sus preferencias; el análisis preferencial contribuirá en la definición de los aspectos importantes del problema de la selección de obras, y permitirá el estableci-

miento de procedimientos para el análisis sistemático - de las alternativas de transporte en un contexto cercano a la realidad (9,10,11,12,13)

El desarrollo de la teoría que sustenta al - - análisis preferencial, en la forma que se menciona y se utiliza en este trabajo, se fundamenta en el cumplimiento de los axiomas de la teoría de la utilidad enunciada por Von Neuman-Morgenstern (14,15), y aplicadas a la - teoría moderna de decisiones (16,17,18).

La teoría moderna de la utilidad está centrada - en el individuo y sus actitudes ante condiciones de - - riesgo (o incertidumbre) en la manifestación de sus preferencias; permitiendo la obtención de funciones de preferencia (utilidad) que sean representativas de las actitudes reales de un individuo.

Las funciones de preferencia obtenidas bajo es- - tos principios representarán, objetivamente, la actitud de una persona ante situaciones mucho más complejas que aquellas situaciones que hayan sido utilizadas para la construcción de las funciones (19). Plasmando adecuadamente las funciones preferenciales de una persona, por medio de modelos gráficos o matemáticos, es posible - - transformar cualquier descripción numérica de cualquier objeto o alternativa, en un valor sencillo que represente la utilidad (o el grado en que se prefiere) el objeto o alternativa analizada, con respecto a las demás, y atendiendo a una o más características de evaluación - (20).

La descripción numérica de la utilidad que se - - asocia a un proyecto de transporte determinado, en términos de varios criterios de evaluación, indicará el -

grado con que ese proyecto satisface las preferencias -
importantes de las personas involucradas en la selec- -
ción; estableciéndose una categoría preferencial que -
puede ser empleada para la selección y evaluación de -
proyectos.

IV. METODOLOGIA DE EVALUACION.

Anteriormente se mencionó la necesidad y la verosimilitud de aplicar un análisis preferencial con el fin de lograr una jerarquización y selección de obras para infraestructura de transporte terrestre, como parte esencial del proceso de planeación de dicha infraestructura.

En esta sección se presenta un ejemplo específico, como caso de aplicación, realizado sobre una parte de las obras reconocidas como infraestructura para el transporte (22).

En términos más específicos, se llega a la construcción de un modelo para la evaluación de proyectos, siguiendo los conceptos y la metodología de la teoría de decisiones en su parte de análisis preferencial (23).

El modelo a que se llega es uno muy específico - obtenido en circunstancias particulares y para un grupo de personas que, si bien se estima que sean representativas de las agencias gubernamentales comprometidas en la selección de proyectos; distan, en algún grado, de ser representativas de las conveniencias y deseos de los grupos sociales que son afectados, directa o indirectamente, por las obras de infraestructura para el transporte por vía terrestre.

Sin embargo, la aplicación de este modelo permitirá, a las personas representadas en el análisis preferencial, la concentración de un mayor nivel de esfuerzo en los aspectos más generales del proceso de planeación, al liberar una gran parte de su atención de los análisis tradicionales. La capacidad para llevar a cabo el -

análisis de un mayor número de alternativas, incorporando en forma realista a los juicios y los criterios que se estimen necesarios; permitirá a las personas encargadas de la planificación de la red de transporte, la ampliación de sus enfoques y el acercamiento a la realidad de los objetivos del sistema de transporte.

IV.i. METODOLOGIA.

La conducción de un análisis preferencial implica tres etapas (21) sucesivas:

- I. Análisis determinista.
- II. Análisis probabilista.
- III. Análisis informacional.

En la primera etapa se realiza la estructuración del problema, se definen los factores de evaluación determinantes, se especifican las medidas de efectividad de esos factores, se obtienen los modelos matemáticos que representen los valores preferenciales de las diversas magnitudes de las medidas de efectividad, se caracterizan las relaciones entre los factores de evaluación en un modelo formal, se asigna una medida preferencial simple a cada proyecto que sea considerado para la evaluación, y se jerarquiza de acuerdo a esta medida.

En la segunda etapa se incorpora, en forma explícita, la incertidumbre asociada a las magnitudes de los factores de evaluación, al análisis, asignando distribuciones de probabilidad a los factores de evaluación.

En la tercera etapa se determina el valor de la información necesaria y el costo de obtención de ésta, y se decide la utilidad de incluir información adicional en el análisis preferencial.

El modelo preferencial para la evaluación de proyectos que se incluye en este trabajo, se refiere al análisis determinista.

Para la realización del análisis determinista -
se consideró el problema de la jerarquización de los -
proyectos en los términos mencionados en los capítulos -
anteriores.

IV.ii. DEFINICION DE LOS FACTORES DE EVALUACION.

Los factores de evaluación son aquéllos criterios que se utilizarán como marco de referencia para la jerarquización de proyectos específicos. Para cada proyecto que sea considerado, las magnitudes de los factores de evaluación serán los valores que se utilicen para normar los criterios de selección (24,25,26).

Inicialmente se expuso el principio de que un marco de planeación del desarrollo económico, si bien las obras para el transporte son un factor importante, no son determinantes del desarrollo; es decir, una obra no genera desarrollo por sí misma. Para lograr un desarrollo, es necesaria la concurrencia de una gran variedad de situaciones y acciones.

Luego, las obras para el transporte deberían formar parte de un conjunto de acciones complementarias tendientes a lograr un desarrollo armónico y firme de una región geográfica específica. Bajo esta línea de pensamiento, se propuso un conjunto de factores de evaluación que indicaran los beneficios causados por las acciones complementarias a las obras para el transporte que se juzgaran necesarias para el desarrollo.

Los detalles fundamentales del desarrollo serían detectados a través de las condiciones económicas y sociales de las regiones afectadas por una obra, anterior y posteriormente a la ejecución de los proyectos. Estas condiciones deberían reflejarse en el estado de salud, la vivienda, la educación, la alimentación, el vestido, el ingreso familiar, el gasto familiar y los servicios públicos (agua potable, energía eléctrica, seguridad so

cial, justicia, etc.); de los habitantes de las regiones consideradas.

Las condiciones que presenta la información en México, causaron el abandono de esta alternativa de referencia para la asignación de factores de evaluación. En consecuencia, esta asignación se realizó en correspondencia a la disponibilidad de información a nivel Nacional, en un intento de complementar los datos requeridos con los datos disponibles.

Bajo un lineamiento pragmático más estricto, se propusieron los siguientes criterios para la asignación de factores de evaluación:

- Rentabilidad de la Inversión.
- Salario Regional.
- Planes Gubernamentales.
- Población.

Se juzgó válido suponer que estos criterios serían suficientes para lograr la jerarquización de los proyectos en un contexto social, y serían representativos para los planes de desarrollo regional si se comparaban, la situación actual y la situación deseada, en las regiones de influencia de los proyectos.

IV.ii.a El criterio de rentabilidad de la inversión pretende representar a los efectos económicos directos producidos por una obra, como son los costos directos y los beneficios a los usuarios (27):

- . Costos de diseño.

- . Costos de construcción.
- . Costos de mantenimiento.
- . Indemnizaciones.
- . Beneficios por ahorro en tiempo de transporte.
- . Beneficios por ahorro en costo de transporte.

IV.ii.b Adicionalmente a la rentabilidad de la inversión, los procedimientos que se emplean tradicionalmente en la asignación de beneficios a los usuarios, hacen posible la determinación indirecta de la demanda por estos servicios (28). Mediante el cálculo de los beneficios esperados en el primer año de servicio de una obra, es posible asignar una correspondencia directa entre los beneficios económicos estimados en ese período de tiempo y la cantidad de usuarios potenciales de la obra en ese tiempo. Al relacionar estos beneficios con los costos de operación, o con los costos totales, incurridos durante el mismo período de tiempo, se tendrá una relación que proporcione una idea de la oportunidad en la construcción de una obra para el transporte; y una forma de comparación entre dos o más obras alternativas.

Con respecto a la rentabilidad de la inversión se llegó a dos criterios de evaluación, que son:

- 1.- Rentabilidad de la Inversión.
- 2.- Oportunidad de la Inversión.

IV.ii.c El criterio de salario regional intenta reflejar una parte del estado económico-social de los habitantes de una región, dado que los salarios mínimos regionales indican la percepción monetaria mínima que garantice, teóricamente, un nivel de subsistencia, de los asalariados con el mínimo de comodidad y decoro.

Es posible identificar un incremento en las percepciones monetarias de los habitantes en donde se construyen y operan obras de transporte; este incremento puede relacionarse directamente con los proyectos (29). La proporción en que se incrementa el ingreso de los habitantes de una región, en relación a una obra, no se puede calcular en forma objetiva; luego, el dato de salario regional será referido como el salario mediano antes de la ejecución de un proyecto.

Recordando el significado teórico del salario mínimo regional, podremos plantear que la situación más deseable sería aquella en la cual el salario mediano fuera igual al salario mínimo.

Respecto al criterio de salario regional se utilizará la relación que existe entre el salario mediano, real, de la zona de influencia de una obra, y el salario mínimo correspondiente.

3.- Salario Regional.

IV.ii.d El criterio de planes gubernamentales contempla la posible contribución de las obras a la satisfacción de metas y objetivos que sean particulares a los planes y políticas gubernamentales. Los planes y las políticas podrán estar orientadas directamente hacia el desarrollo regional o nacional.

Los objetivos, las metas, las políticas y las acciones que proponen los planes nacionales (30,46,47,48, 49,50), proporcionan una pauta generalizadora de los objetivos y las políticas de los programas de desarrollo (31,32). Las zonas que señalan estos planes como prioritarias, se propusieron por su estructura urbana, su duración de recursos naturales, localización geográfica - posibilidades de desarrollo, su área de influencia, su entorno ecológico y nivel de actividad económica básica.

Las zonas prioritarias de los planes reflejan la jerarquía prioritaria de las acciones que conducirían al logro de sus objetivos. Al mismo tiempo se han señalado zonas no prioritarias como complementos de las prioritarias (30).

En relación a los planes nacionales tendremos dos criterios de evaluación:

- 4.- Zonas Prioritarias.
- 5.- Zonas no Prioritarias.

IV.ii.e.- Dentro de los planes gubernamentales, y en un marco político-administrativo, la comunicación terrestre entre las unidades administrativas municipales y las capitales de las entidades federativas a las que pertenecen, es un criterio de evaluación que señala la importancia de la integración político-administrativa en las actividades gubernamentales. Aún cuando se espera que este criterio pierda importancia a medida que las cabeceras municipales de los Estados sean provistas de comunicación, en la actualidad es una referencia política, importante (33). Un criterio de evaluación adicional, dentro de los planes y políticas gubernamentales

les, será:

6.- Cabeceras Municipales Incorporadas.

IV.ii.f El criterio de distribución de población contempla a las obras de transporte como un medio para proveer de comunicación a los conglomerados humanos que se encuentran marginados de este servicio. Es posible que una obra no comunique directamente a tales conglomerados en forma directa; tomando en cuenta la zona de influencia de un proyecto, los grupos de población que se encuentren dentro de ésta, pueden ser provistos de comunicación con esfuerzos relativamente pequeños.

Respecto al criterio de distribución de población tendremos:

7.- Población sin vías de comunicación terrestre.

IV.iii En resumen, se tienen los siguientes criterios de evaluación, que habrán de utilizarse en el análisis preferencial, y son:

- 1.- Rentabilidad de la inversión.
- 2.- Oportunidad de la inversión.
- 3.- Salario regional.
- 4.- Zonas prioritarias de los planes nacionales.
- 5.- Zonas no prioritarias.
- 6.- Cabeceras municipales incorporadas.
- 7.- Población sin vías de comunicación terrestre.

IV.iv ESPECIFICACION DE MEDIDAS DE EFECTIVIDAD.

Las medidas de efectividad proporcionan una representación numérica a los criterios de evaluación que se utilicen en el análisis preferencial. Esta representación numérica debe ser congruente con los criterios mencionados, y deberá cumplir los requisitos siguientes, en forma satisfactoria:

- Proporcionar una apreciación clara de las implicaciones que tengan los diferentes valores de las medidas de efectividad, con respecto al criterio de evaluación que les corresponda.
- Proporcionar un rango de valores, perfectamente limitado, que incluya a todos los valores que puedan ocurrir.

IV.iv.a RENTABILIDAD DE LA INVERSION.

Para este criterio de evaluación se seleccionó a la tasa interna de retorno de la obra considerada; por ser una medida de la rentabilidad, que se emplea sistemáticamente, y representar la productividad del capital. El rango de valores que se considera es $(0,1)$.

IV.iv.b OPORTUNIDAD DE LA INVERSION.

El criterio de oportunidad de la inversión, de acuerdo a la forma en que se planteó, estará representado por la tasa interna de retorno que se obtenga de los flujos positivos y negativos de capital, del primer año de operación de la obra considerada, exclusivamente. El rango de valores que se considera es: $(0,1)$.

IV.iv.c, SALARIO REGIONAL.

Para este criterio de evaluación se seleccionó - al cociente que resulta de dividir el ingreso mediano - identificado en la zona de influencia de la obra propuesta, entre el salario mínimo regional estimado para esa zona. El rango de valores que se considera es: (0, 1.25).

IV.iv.d ZONAS PRIORITARIAS DE LOS PLANES NACIONALES.

En este criterio de evaluación se determinó una medida correspondiente a la proporción en que una obra contribuye a satisfacer las metas señaladas por los planes, para la región en donde se localice la obra de - - transporte propuesta. El rango de valores que se considera es: (0,1).

IV.iv.e ZONAS NO PRIORITARIAS.

Para este criterio se determinó una medida correspondiente a la proporción en que una obra contribuye a satisfacer las metas señaladas por los planes, para la región en donde se localice a la obra propuesta.- El rango de valores que se considera es: (0,1).

IV.iv.f CABECERAS MUNICIPALES INCORPORADAS.

En este caso se seleccionó a el número de cabece ras municipales que una obra comunique con sus capitales de estado respectivas. El rango de valores considerado fué: (0,10).

IV.iv.g POBLACION SIN VIAS DE COMUNICACION TERRESTRE.

En este caso, la medida de efectividad seleccionada fué el número de personas a las cuales una obra -

de transporte terrestre proporciona este tipo de comunicación. El rango de valores considerado fué: (0,10,000).

IV.v. OBTENCION DE EXPRESIONES MATEMATICAS QUE REPRESENTEN A LOS VALORES PREFERENCIALES DE LAS MEDIDAS DE EFECTIVIDAD.

Habiéndose definido los factores de evaluación que serán utilizados para la selección de proyectos, y teniendo los límites en las medidas de efectividad; se procede a identificar condiciones de independencia preferencial y utilitaria entre subconjuntos diversos de los factores de evaluación. Las condiciones de independencia que se identifiquen indicarán la estructura de la relación que guardan los diferentes factores de evaluación entre sí.

La independencia preferencial y utilitaria entre los factores de evaluación, indica la influencia que la magnitud de unos factores ejerce sobre la situación preferencial y utilitaria del criterio evaluador, ante las magnitudes de otros factores; así, valores determinados de unos factores de evaluación pueden influenciar la posición preferencial y utilitaria respecto a otros factores.

El procedimiento para la obtención de las funciones de utilidad monodimensional y la función de utilidad multidimensional sigue los lineamientos generales de varios autores (34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45).

La figura número 1 indica la estructura jerárquica establecida para los factores de evaluación considerados.

Se pueden identificar dos niveles de jerarquía, - el nivel I que cuenta con factores agrupados en tres conjuntos denominados:

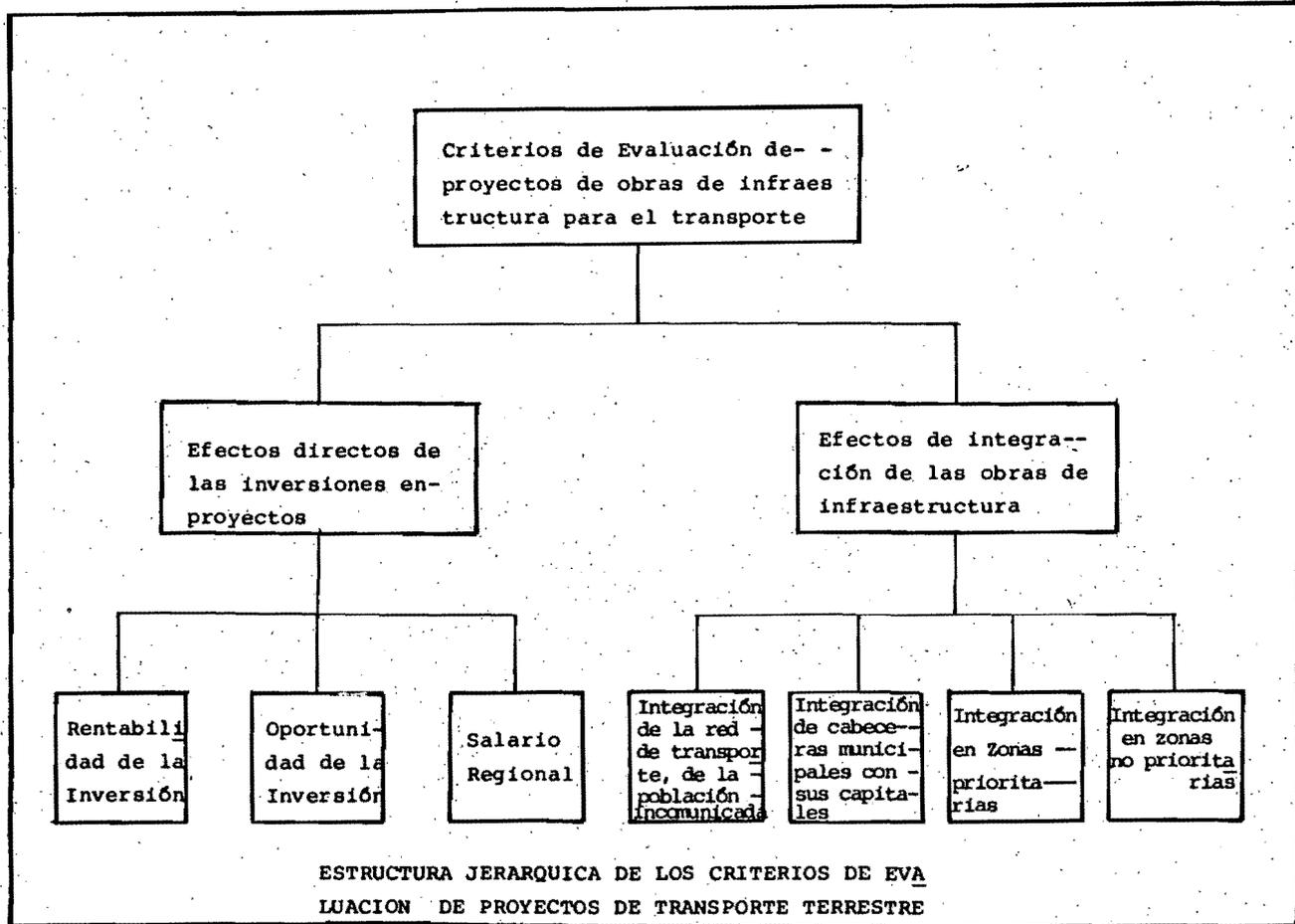
- Efectos directos de las inversiones en proyectos de infraestructura de transporte terrestre.
- Efectos de integración de las obras de infraestructura de transporte terrestre.

y, el nivel II que se refiere a los factores de evaluación individuales:

- Rentabilidad de la inversión.
- Oportunidad de la inversión.
- Salario regional.
- Comunicación de cabeceras municipales.
- Integración a la red de transporte, de la población incomunicada.
- Integración en zonas prioritarias de los planes nacionales.
- Integración en zonas no prioritarias de los planes nacionales.

Se logró identificar condiciones de independencia utilitaria entre los factores a nivel I, lo cual permitió el tratamiento separado de los factores a nivel II que corresponden a cada uno de los grupos del nivel I. (ver apéndice A, metodología para identificar independencia utilitaria).

En el grupo "efectos directos" se identificaron condiciones de independencia utilitaria mutua, considerando que el factor "rentabilidad de la inversión" fuera calculado para toda la vida económica del proyecto, excepto en el primer año de servicio. Adicionalmente el factor "oportunidad de la inversión" debería ser calculado en base a los beneficios económicos y los costos --



ESTRUCTURA JERARQUICA DE LOS CRITERIOS DE EVALUACION DE PROYECTOS DE TRANSPORTE TERRESTRE

incurridos durante el primer año de servicio de la obra exclusivamente.

En el grupo "efectos de integración" se identificaron condiciones de independencia utilitaria mutua considerando que todo proyecto de infraestructura pertenecería necesariamente a las zonas prioritarias o a su complemento; pero no necesariamente contribuiría a su integración (a sus metas), bajo los lineamientos planeados. Adicionalmente, las cabeceras municipales que no se encontraran comunicadas con sus capitales de estado, y que un proyecto de transporte comunicara, no necesariamente contaría con población incomunicada (pudiera ser que una cabecera municipal contara con alguna carretera pero no la comunicara con su capital).

Bajo estos preceptos, la función de utilidad conjunta presentaría una relación multiplicativa de la forma siguiente; (ver apéndice C).

$$U(X) = \frac{1}{K} \left(\prod_{i=1}^n (1 + K^k u(x_i)) - 1 \right)$$

Siendo necesario determinar sólo una función de utilidad condicional para cada uno de los factores de evaluación individuales.

IV.v.a REPRESENTACION MONODIMENSIONAL.

Las funciones de utilidad monodimensional para cada uno de los criterios de evaluación se determinaron considerando las preferencias manifestadas para diferentes valores de las medidas de efectividad.

Para cada criterio de evaluación, y dentro de los límites establecidos, se consideraron, adicionalmente, las características establecidas para la identificación de condiciones de independencia preferencial y utilitaria, de la etapa anterior.

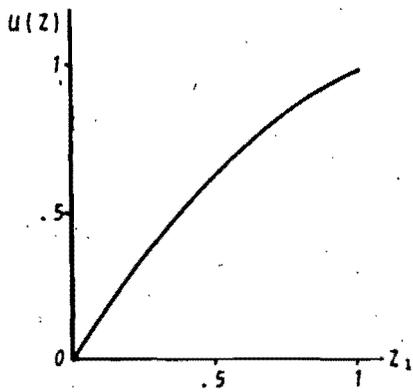
En la determinación de las funciones de utilidad monodimensional, condicionales, se verificó la actitud que se manifestaba ante el riesgo, aversión, propensión o indiferencia, con los valores de cada uno de los factores de evaluación. Para ello, se tomó en cuenta la actitud que se estimó más conveniente en relación a las implicaciones de los factores en situaciones realistas (ver apéndice B, metodología para asignación de funciones de utilidad monodimensionales).

Las expresiones matemáticas que se presentan para cada factor de evaluación, son aquéllas que representaban más adecuadamente a las características conceptuales y teóricas de los criterios de evaluación, de acuerdo a las preferencias relativas obtenidas para diferentes valores de las medidas de efectividad.

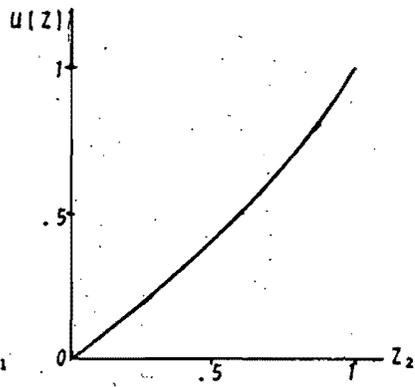
IV.v.b OBTENCIÓN DE LA FUNCIÓN DE UTILIDAD MULTIDIMENSIONAL.

La obtención de una función de utilidad multidimensional se refiere a la conjunción de las funciones de utilidad monodimensional previamente obtenidas.

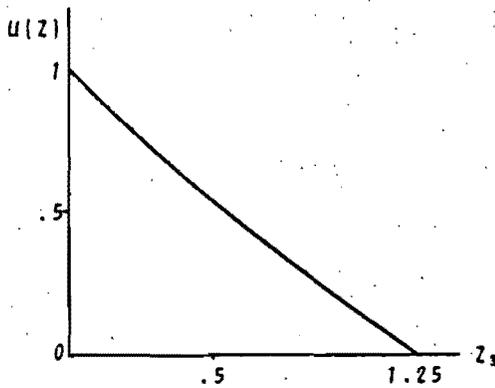
La función de utilidad multidimensional debe representar la utilidad que produce un arreglo particular de las magnitudes de los factores de evaluación, considerados simultáneamente, en relación a un proyecto espe



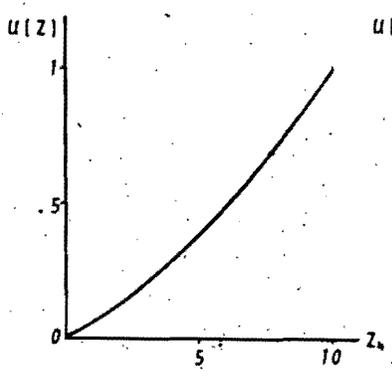
Gráfica No. 1
Curva de Utilidad
Rentabilidad de la Inver
sión



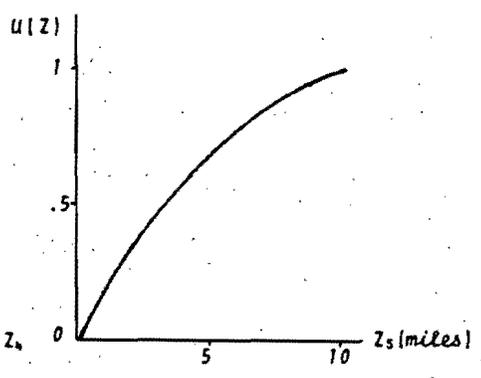
Gráfica No. 2
Curva de Utilidad
Oportunidad de la Inver
sión



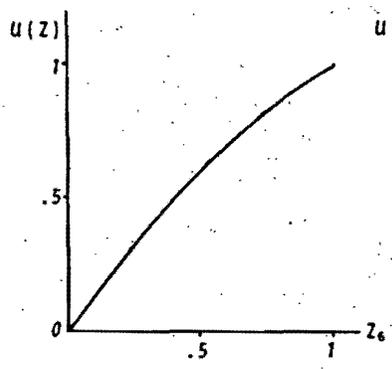
Gráfica No. 3
Curva de Utilidad
Salario Regional



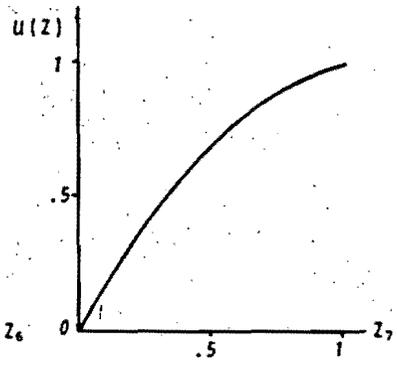
Gráfica No. 4
Curva de Utilidad
Comunicación de Cabeceras
Municipales con sus Capi-
tales



Gráfica No. 5
Curva de Utilidad
Comunicación de Población



Gráfica No. 6
Curva de Utilidad
Zonas Prioritarias



Gráfica No. 7
Curva de Utilidad
Zonas no Prioritarias

cífico.

La utilidad menor estará dada por el arreglo cuyas magnitudes sean los mínimos valores de cada uno de los criterios de evaluación; la utilidad mayor, por el arreglo cuyas magnitudes sean los máximos valores. Los arreglos intermedios producirán utilidades intermedias.

Un arreglo intermedio no producirá, necesariamente, un valor de utilidad que sea una relación sencilla de los valores de utilidad que cada función monodimensional produciría por sí misma, con las magnitudes particulares de los factores de evaluación aislados.

En el apéndice C se presenta la metodología empleada para la obtención de la función de utilidad multidimensional.

IV.v.b.1 REPRESENTACION MULTIDIMENSIONAL. El modelo multidimensional de las preferencias por los diferentes valores de los criterios de evaluación, tiene la forma general:

$$u(z) = \hat{K} \{ (1 + K_1 \hat{K} u_1(x_1)) \cdot (1 + K_2 \hat{K} u_2(x_2)) \} - \hat{K}$$

En donde,

$$Z = \{z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6, z_7\}$$

$$\hat{K} = -0.7143$$

$$\hat{K} = -1.3999$$

$$K_1 = 0.7$$

$$K_2 = 0.6$$

$$u_1(x_1) = -1.0251148 \{ (1 - .68285034u_1) (1 - .71211536u_2) (1 - .73162537u_3) \}$$

$$x_1 = \{z_1, z_2, z_3\}$$

$$u_1 = 1.3858327 (1 - \exp(-1.2786525z_1))$$

$$u_2 = 0.78405743 (\exp(0.82216323z_2) - 1)$$

$$u_3 = 2.9842554 (\exp(0.28900018 - 0.23120014z_3) - 1)$$

$$u_2(x_2) = -1.00645 \{ (1 - .69551392u_4) (1 - .59615479u_5) (1 - .74519348u_7) (1 - .79487305u_6) \} - 1$$

$$x_2 = \{z_4, z_5, z_6, z_7\}$$

$$u_4 = 0.78405743 (\exp(0.08221632z_4) - 1)$$

$$u_5 = 1.29563460 (1 - \exp(-1.4776238 \times 10^{-4} z_5))$$

$$u_6 = 1.71334711 (1 - \exp(-0.87623602z_6))$$

$$u_7 = 1.25175745 (1 - \exp(-1.6038367z_7))$$

Y en general:

- z_1 = rentabilidad de la inversión
- z_2 = oportunidad de la inversión
- z_3 = salario regional
- z_4 = cabeceras municipales comunicadas con sus capitales de estado
- z_5 = población comunicada
- z_6 = zonas prioritarias de los planes nacionales
- z_7 = zonas no prioritarias de los planes nacionales

V. OBSERVACIONES.

Es indudable que el análisis sistemático de proyectos alternativos, como parte del proceso de planeación, debe realizarse atendiendo las condiciones de incertidumbre que revisten las selecciones, y las preferencias de los grupos de personas interesadas en la realización de obras para infraestructura de transporte, cuando buscan condiciones más cercanas a la realidad en la ejecución de los planes y programas.

El análisis preferencial permite la identificación y la clasificación de las alternativas de selección, en un contexto de evaluación superior al de los análisis tradicionales. Al mismo tiempo se logra la especificación de los objetivos perseguidos por los proyectos analizados, y la determinación de medidas de efectividad para los objetivos.

Este análisis se presta para realizar pruebas de sensibilidad en la clasificación de alternativas, con respecto a las posibles variaciones preferenciales de las personas.

Es posible determinar funciones de preferencia para grupos de personas que tengan afinidad de ideas; las funciones de preferencia de estos grupos de personas pueden utilizarse para analizar el comportamiento de éstas en la selección de proyectos, y para solucionar criterios opuestos por medio de concesiones mutuas.

Como todo procedimiento de análisis, el preferencial necesita cierta dosis de inventiva para lograr la

aplicación exitosa de sus recomendaciones.

Aún cuando los modelos que sean producidos representen aspectos comunes en la selección de proyectos - los parámetros de éstos son únicos para las personas en entrevistadas y el problema analizado.

En el ejemplo de aplicación se logró reconocer - que las técnicas utilizadas para la asignación de funciones de utilidad pueden afectar a la forma de las funciones mismas. En el caso de la determinación de los equivalentes bajo certeza, se notó que las personas entrevistadas tienden a proporcionar respuestas en función de las aseveraciones iniciales. De esto puede suponerse que la asignación de unos cuantos equivalentes bajo certeza, es suficiente para la determinación de funciones de utilidad, o que las asignaciones iniciales de forman a las asignaciones subsecuentes, y no representan, éstas últimas, las preferencias de la persona entrevistada.

El señalamiento inicial del comportamiento general ante el riesgo, puede utilizarse para detectar las posibles deformaciones en las respuestas; las deformaciones detectadas pueden utilizarse para verificar el comportamiento ante el riesgo, en un proceso iterativo que ayude a las personas entrevistadas a esclarecer sus preferencias.

Se encontraron dificultades por parte de las personas entrevistadas, en la identificación de los objetivos o criterios de evaluación; a causa, posiblemente, de la falta de claridad de los criterios que eran señalados, y las contradicciones que se presentaban en-

tre los juicios de los diferentes integrantes del grupo entrevistado. Adicionalmente se estimó necesario diferenciar los objetivos o criterios de evaluación de los proyectos de los objetivos de la evaluación y los objetivos del análisis preferencial; el objetivo de la evaluación era la asignación de un valor individual a cada proyecto analizado de forma que representara el grado en que ese proyecto satisfacía los criterios de evaluación, el objetivo principal del análisis preferencial era la provisión de un método para lograr evaluaciones de alta calidad, los objetivos o criterios de evaluación de los proyectos, fueron los que se determinaron conjuntamente con las personas entrevistadas (alta rentabilidad de la inversión, oportunidad en la realización, incremento en el ingreso personal de las personas, provisión de vías de comunicación terrestre en zonas prioritarias y en zonas no prioritarias, comunicación de cabeceras municipales con sus capitales de estado y comunicación terrestre a los núcleos de población que carecieran de éstos).

Se tuvieron mayores dificultades en la designación de medidas de efectividad; de tal suerte que un conjunto de objetivos seleccionados inicialmente tuvo que ser descartado por la falta real de medidas de efectividad disponibles. Algunas de las medidas no existían en el acervo de información nacional y no se creía posible, ni práctico, obtenerlas en el corto plazo.

Adicionalmente, sobresale la dificultad de conocer con exactitud el grado en que se cumple con cualquiera de los criterios de evaluación y la precisión de la representación proporcionada por las medidas de efectividad.

Para la determinación de las ponderaciones de los criterios de evaluación, en la asignación de las probabilidades que permitieran establecer niveles de indiferencia, se observó que existía cierta predisposición de las personas entrevistadas a designar valores de probabilidad iguales en casos diferentes; de manera que se sospechaba que la asignación de probabilidades era indiferente de los valores y los criterios de evaluación analizados. Esta situación podría invalidar a la asignación de utilidades para los valores de las medidas de efectividad, bajo los lineamientos de Von Neuman-Morgenstern; en caso de que no pudiera eliminarse esa situación.

La necesidad de formular preguntas con poca significancia intuitiva y valores extremados, la aptitud no uniforme de las personas para captar la relevancia de sus respuestas, la monotonía de las asignaciones obtenidas en las entrevistas, la falta de retroalimentación inmediata acerca de las implicaciones reales de las preferencias manifestadas y la ausencia de un procedimiento efectivo para actualizar y revisar las preferencias de las personas entrevistadas, señalan puntos álgidos del análisis preferencial que deberán tratarse con precaución y reserva.

VI. CONCLUSIONES.

Le evaluación* de proyectos debe realizarse en correspondencia, lo más directa posible, con la realidad.

La cuantificación monetaria de las consecuencias de un proyecto revisten complicaciones extremas dado que: (i) la participación del analista es determinante, los análisis son laboriosos y el personal capacitado para la selección rara vez dispone del tiempo necesario para realizar un análisis.

(ii) Las variaciones en las políticas gubernamentales invalidan rápidamente a los análisis laboriosos y tardados, los esfuerzos dedicados en estos análisis son muy grandes en comparación con la vigencia de su validez.

(iii) La evaluación sistemática de proyectos, necesaria en toda economía más o menos compleja, es difícilmente satisfactoria cuando los análisis exigen experiencia y conocimientos profundos de todos los detalles de cada proyecto propuesto, respecto al proyecto mismo y al sistema del que forma parte.

La cuantificación preferencial de las consecuencias

* Entendiéndose por "Evaluación" a la valoración de los efectos potenciales y actuales de un proyecto material, en comparación con ciertos estándares definidos por la sociedad afectada en un período cualquiera.

cias de un proyecto es un proceso más sencillo, menos laborioso y más apegado a la realidad.

La evaluación de proyectos en base al análisis preferencial permite la valoración uniforme* de los proyectos; tomando de los expertos la cuantificación de las magnitudes de las consecuencias y del tomador de decisiones la valoración de las mismas.

* Valoración uniforme por considerar el mismo criterio correspondiente a una sola persona (o juicio).

APENDICE A
METODOLOGIA PARA LA IDENTIFICACION DE -
INDEPENDENCIA PREFERENCIAL Y UTILITARIA
ENTRE LOS CRITERIOS DE EVALUACION.

Se aplicaron dos metodologías básicamente, en am -
bos casos se prepararon cuestionarios (para ser llena-
dos por el entrevistador) en los cuales se marcaban las
alternativas preferidas utilizando las medidas de efec-
tividad aceptadas por las personas entrevistadas.

En uno de los casos se utilizan comparaciones -
sencillas para lo siguiente:

- Identificación de independencia preferencial.
- Identificación de independencia utilitaria.

Se selecciona uno de los factores de evaluación,
del conjunto considerado, para probar independencia pre
ferencial por pares con los demás factores del grupo. -
En la tabla número 1 se presenta un marco general de -
los cuestionarios utilizados. En la tabla número 2 se -
exhibe, en forma abreviada, un cuestionario típico uti-
lizado para la identificación de independencia preferen
cial por pares con respecto a uno de los factores de -
evaluación. En estos cuestionarios, primero se hace va
riar, en sentido vertical, el valor de los pares de fac
tores de evaluación de referencia, para cada una de las
alternativas presentadas. Tal variación se realiza para
valores seleccionados que cubran el intervalo limitado -
por los valores máximo y mínimo de los factores de - -
evaluación de referencia. Luego, conservando los valo-
res de los factores de referencia en sentido vertical, -

se hace variar el valor de los factores de evaluación restantes, en sentido horizontal, cubriendo los intervalos limitados por los valores máximo y mínimo. Este procedimiento se repite para todas las alternativas y combinaciones del factor de evaluación seleccionado con los demás.

Por ejemplo, para verificar independencia preferencial entre el par (x_1, x_3) y su complemento (x_2, x_4) , se le pide a la persona entrevistada que suponga valores específicos de los x_i en el conjunto (x_1, x_2, x_3, x_4) .

A continuación se le pide que seleccione una de las dos alternativas del mismo conjunto:

$$a. (x_1^i, x_2, x_3^i, x_4)$$

$$b. (x_1'', x_2, x_3'', x_4)$$

en donde $x_1^i \neq x_1''$ y $x_3^i \neq x_3''$. Después se modifican los valores del complemento, (x_2, x_4) , y se propone el mismo tipo de comparación conservando los valores inicialmente propuestos para el par (x_1, x_3) , según:

$$a. (x_1^i, x_2^+, x_3^i, x_4^+)$$

$$b. (x_1'', x_2^+, x_3'', x_4^+)$$

de manera que $x_2^+ \neq x_2$ y $x_4^+ \neq x_4$

Se proponen alternativas como estas para todos los pares de la forma (x_1, x_j) , y cubriendo los rangos

de valores de los factores de evaluación.

En todos los casos las alternativas seleccionadas fueron las mismas en sentido horizontal, lo cual indicaba la posibilidad de declarar condiciones de independencia preferencial del factor de evaluación seleccionado con respecto a los demás factores del grupo considerado.

Tabla No. 1

Cuestionario No. _____ serie No. _____

Observaciones _____

factor a probar _____

contra los factores _____

resultado _____

Cuestionario No. _____

Serie No. _____

Se trata de establecer la estructura de preferencias que se refiere a los factores de evaluación de proyectos de infraestructura de transporte terrestre. Esta estructura será establecida de acuerdo a las preferencias que se manifiesten durante la entrevista, antes de las diversas alternativas que sean propuestas en términos de los valores que los factores o criterios de evaluación puedan tomar, representados por medio de las medidas de efectividad discutidas y aceptadas.

Las respuestas que sean expresadas se refieren a las preferencias particulares de las personas entrevistadas; no existen respuestas incorrectas ni correctas. Cualquier respuesta indicada representará, exclusivamente, sus preferencias.

En esta ocasión se trata de los factores de evaluación siguientes:

- RENTABILIDAD DE LA INVERSION.
- OPORTUNIDAD DE LA INVERSION.
- SALARIO REGIONAL.

En la tabla número 3 se exhibe, en forma resumida, un cuestionario típico utilizado para la identificación de independencia utilitaria del criterio de evaluación seleccionado con respecto a los demás criterios del grupo considerado. En estos cuestionarios se representaron alternativas deterministas contra alternativas aleatorias, en términos de loterías no degeneradas y consecuencias seguras. Igualmente que en el caso anterior, se hicieron variaciones verticales alternadas con variaciones horizontales del factor de evaluación seleccionado y los demás factores, respectivamente, dentro de los límites máximo y mínimo.

Los casos en los cuales las alternativas seleccionadas, para todas las opciones, en sentido vertical coincidían con las opciones en sentido horizontal se justificaba la suposición de independencia utilitaria del factor seleccionado con respecto a los demás del grupo considerado.

Tabla No. 3

Marque con una cruz a la alternativa que sea preferida en cada una de las opciones presentadas; la opción segura indicada o la opción de jugarse un volado - en el cual la probabilidad de que caiga "sol" es $1/2$ y la probabilidad de que caiga "águila" es $1/2$.

En cualquiera de los casos, suponer que se obtienen los valores expuestos en las figuras.

. A .

$$(I) \quad \begin{array}{l} \text{AGUILA} = \text{FACTOR } X_1 \text{ _____, FACTOR } X_2 \text{ _____, FACTOR } \\ X_3 \text{ _____} \\ \text{SOL} = \text{FACTOR } X_1 \text{ _____, FACTOR } X_2 \text{ _____, FACTOR } \\ X_3 \text{ _____} \end{array}$$

0

$$(II) \quad \begin{array}{l} \text{SEGURO} = \text{FACTOR } X_1 \text{ _____, FACTOR } X_2 \text{ _____, FAC-} \\ \text{TOR } X_3 \text{ _____} \end{array}$$

o

o

o

o

o

o

El otro caso consistía en la determinación directa de condiciones de independencia utilitaria por medio de la asignación de equivalentes bajo certeza, utilizando alternativas entre loterías no degeneradas y consecuencias seguras.

La tabla número 4 exhibe en forma abreviada un cuestionario típico, utilizado para la identificación directa de independencia utilitaria entre factores de evaluación.

Haciendo variar en forma vertical el valor de uno de los factores de evaluación, y manteniendo los demás constantes. Ante las mismas variaciones verticales del factor de evaluación probado, se hacían variaciones en sentido horizontal para los demás factores obteniendo comparaciones cruzadas.

Este procedimiento se repitió para todas las alternativas, considerando valores entre los límites superior e inferior de todos los factores del grupo.

Tabla No. 4

En cada una de las opciones siguientes, se presenta un resultado seguro y una lotería, en la cual la probabilidad de obtener el resultado "águila" es de $1/2$ y la probabilidad de obtener el resultado marcado con "sol" es de $1/2$.

Marque con una cruz la alternativa que sea seleccionada.

. A .

AGUILA = FACTOR X_1 _____, FACTOR X_2 _____, FACTOR X_3 _____

(I)

SOL = FACTOR X_1 _____, FACTOR X_2 _____, FACTOR X_3 _____

(II) SEGURO= FACTOR X_1 _____, FACTOR X_2 _____, FACTOR X_3 _____

o

o

o

Indique ahora, con qué valor del factor de evaluación X_1 aceptaría estar en una posición de indiferencia entre la alternativa segura y la lotería ofrecida.

$X_1 = (\text{_____})$

Los casos en los cuales la última respuesta de -
la tabla número 4, en forma horizontal, se mantendría pa-
ra diferentes valores de los factores de evaluación res-
tantes, indicaban la existencia de independencia utili-
taria entre el factor de evaluación seleccionado y los_
demás.

APENDICE B

METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE LAS FUNCIONES DE UTILIDAD MONODIMENSIONALES (CONDICIONALES).

Las funciones de utilidad monodimensionales son obtenidas por medio de asignación directa con el siguiente procedimiento:

- Prueba de monotonicidad.
- Prueba de aversión al riesgo.
- Determinación de equivalentes bajo certeza.
- Selección de funciones de utilidad adecuadas.
- Ajuste y prueba de las funciones seleccionadas.
- Análisis de sensibilidad a los equivalentes bajo certeza.

PRUEBA DE MONOTONICIDAD.- Esta prueba se realiza por medio de comparaciones sencillas entre diferentes valores del factor de evaluación probado, ante valores específicos de los otros factores; de manera que si para el factor de evaluación x_i

$$(x_i' > x_i'') \text{ implica que } (u(x_i') > u(x_i''))$$

para cualquier valor dentro de los límites considerados se cumple la condición de que valores mayores (menores) proporcionan preferencias mayores, se tiene monotonicidad en las preferencias, para el factor considerado.

PRUEBA DE AVERSION AL RIESGO.- Esta prueba se realiza haciendo comparaciones entre equivalentes bajo certeza de loterías condicionales específicas, y los valores esperados de las mismas loterías. Si el valor

esperado de la lotería que se propone para el factor de evaluación x_i es mayor que el equivalente bajo certeza de esa lotería, se tiene un comportamiento de aversión al riesgo.

sea VE = valor esperado.
EC = equivalente bajo certeza.

si

$<$ Aversión.
 Ec es = que VE se tiene Neutralidad al riesgo
 $>$ Propensión.

DETERMINACION DE EQUIVALENTES BAJO CERTEZA.- Los equivalentes bajo certeza se determinan de acuerdo a los procedimientos comunes (54,55,56). Para determinar el equivalente bajo certeza de la lotería que proporciona, con probabilidad $1/2$ el valor x_i^1 y con probabilidad $1/2$ el valor x_i^2 ; se presentan alternativas seguras - x_i^a, x_i^b, \dots de manera que se señale aquéllo que sea preferido, la lotería o la consecuencia segura.

Se presentan consecuencias seguras diferentes de manera que en algunos casos tengamos la confianza de que la lotería será preferida, y en otros casos, que la consecuencia segura será preferida; reduciendo el intervalo entre las consecuencias seguras presentadas, por aproximaciones sucesivas, se logra determinar el valor x_i^r con el cual la persona entrevistada es indiferente entre jugarse la lotería y tener este valor. Siendo este valor el equivalente bajo certeza.

Cabe mencionar que esta prueba se utilizó para determinar equivalentes bajo certeza, para verificar mo

notoriedad y para verificar la posición ante el riesgo. Adicionalmente se hicieron pruebas para verificar los - equivalentes bajo certeza con diagramas como el mostrado en el esquema número 1.

ESQUEMA No. 1

Suponga que los factores de evaluación y , z , w , tienen los siguientes valores:

factor de evaluación y : y'

factor de evaluación z : z'

factor de evaluación w : w'

Considere una lotería con probabilidades equivalentes para el factor de evaluación ' x ', entre el valor x^* y el valor x^0 ; ¿qué valor sería el punto crítico para esta lotería?, ¿y para las demás?

factor de
evaluación x^*

factor de
evaluación

factor de
evaluación

factor de
evaluación

factor de
evaluación x^0

Selección de funciones adecuadas.— La selección de las funciones de utilidad para cada factor de -- evaluación se llevó a cabo considerando la forma general de la función y la forma general de las curvas de utilidad obtenidas por medio de los equivalentes bajo certeza ya obtenidos; y considerando la función de aversión local al riesgo de las funciones seleccionadas en relación a las características observadas en las curvas de utilidad condicionales. Se seleccionaron aquellas funciones que satisfacían las -- restricciones teóricas de monotonidad y evolución de la posición al riesgo, o aquellos que fueran -- estratégicamente equivalentes. Cuando las condiciones de un factor de evaluación fueran indicativas se -- utilizarían transformaciones lineales a las funciones de utilidad.

Ajuste y prueba de las funciones seleccionadas. Las funciones seleccionadas para representar a las -- curvas de utilidad fueron obtenidas con los equivalentes bajo certeza manifestado. Estas funciones se -- ajustaron considerando las restricciones de la teoría de decisiones con objetivos múltiples expuestas -- por Keeney y Raiffa, asignando valores arbitrarios a las utilidades de los puntos extremo, y ajustando -- los demás puntos en términos relativos.

Restricciones impuestas para los puntos extremo en el ajuste de las funciones:

Utilidad (mejor valor de X) = 1

Utilidad (peor valor de X) = 0

Procedimiento de ajuste: si la función seleccionada se caracterizaba con N parámetros, se planteaba N ecuaciones con N incógnitas; con N valores de utilidad para N puntos del factor de evaluación tratado. Se resolvían estas N ecuaciones en términos de los N parámetros buscados. Dado que las funciones seleccionadas presentaban características especiales, para la solución de las ecuaciones se utilizaron técnicas aproximadas (método Newton-Raphson) (51,52).

La prueba de las funciones consistió en la verificación de las restricciones de los puntos extremo, la verificación de los equivalentes bajo certeza y la revisión del comportamiento de los valores de las funciones obtenidas, dentro del intervalo de limitado por los puntos extremo, para una gran cantidad de puntos.

Análisis de sensibilidad a los equivalentes bajo certeza. Bajo estos lineamientos, el procedimiento utilizado se basaba en los equivalentes bajo certeza obtenidos. Dado que la asignación de equivalentes bajo certeza reviste dificultades para la(s) persona(s) entrevistada(s), y dado que los puntos utilizados para el ajuste son pocos (tres ó cuatro en la mayoría de los casos); es necesario revisar el comportamiento de las funciones de utilidad asignadas, ante posibles variaciones en los valores de los equivalentes bajo certeza utilizados

en el ajuste, con respecto a los equivalentes bajo certeza no utilizados en el ajuste. Esta revisión deberá hacerse en la aplicación de las funciones.

APENDICE C
METODOLOGIA PARA LA OBTENCION DE LA FUNCION
DE UTILIDAD CONJUNTA O MULTIDIMENSIONAL.

Se obtuvieron dos funciones de utilidad conjunta a nivel 2 de la estructura jerárquica presentada en la figura No. 1 y una función multidimensional general, - aplicando el principio de funciones de utilidad "anidadas". Este procedimiento permite un grado de libertad - adicional en la función de utilidad general, lo que dá lugar a un efecto de dependencia entre los factores de evaluación a ese nivel.

Las funciones de utilidad conjunta consisten de las funciones de utilidad monodimensionales (o multidimensionales) respectivas, afectadas por un factor de ponderación particular a cada función, y un factor de ponderación general.

Las funciones de utilidad monodimensional fueron las obtenidas anteriormente con los procedimientos mencionados en el apéndice "B".

Cuando se cumplen las condiciones necesarias, la función de utilidad conjunta o multiobjetiva se obtiene a partir de las funciones de utilidad monodimensional - condicionales determinadas para los criterios de evaluación.

Las condiciones se verifican siguiendo los procedimientos mencionados en el apéndice "A" y la forma de la función de utilidad conjunta se determina apoyándose en los resultados expuestos por Keeney (53) que dice:

"Si para algún criterio (atributo) Z_i , la pareja (Z_i, Z_j) es preferencialmente independiente de su complemento, y, adicionalmente Z_i es utilitariamente independiente de su complemento; $i \neq j$, con más de tres criterios (atributos) considerados, entonces la función de utilidad conjunta es del tipo aditivo o del tipo multiplicativo.

Tipo aditivo.

$$U(Z_1, Z_2, \dots, Z_n) = \sum_{k=1}^n K_k U_k(X_k)$$



Tipo multiplicativo.

$$K U(Z_1, Z_2, \dots, Z_n) + 1 = \prod_{k=1}^n (1 + K_k U_k(X_k))$$

donde las funciones de utilidad monodimensional $U_k(X_k)$ han sido escaladas de 0 a 1, las K_k son constantes de ponderación con valores entre 0 y 1, y K es una constante de ponderación general diferente de cero y $K \neq -1$.

Cuando la suma de las constantes:

$$\sum_{k=1}^n K_k = 1$$

se tiene el tipo aditivo, y cuando la suma:

$$\sum_{k=1}^n K_k \neq 1$$

se tiene el tipo multiplicativo".

Los factores de ponderación se obtuvieron con ayuda de cuestionarios como el presentado en el anexo 1 y el presentado en el anexo 2; y de la forma siguiente:

Primero: Con el inciso A del anexo 1 se ordenan, preferencialmente, los criterios de evaluación considerados; de manera que se pueda decir, por ejemplo que:

Factor 4 preferido a todos los factores restantes.

$$x_4 > (x_1, x_2, x_3)$$

Factor 1 preferido al factor 2 y al factor 3

$$x_1 > (x_2, x_3)$$

Factor 3 preferido al factor 2

$$x_3 > x_2$$

Luego:

$$x_4 > x_1 > x_3 > x_2$$

Segundo: En el inciso B del anexo 1 se obtienen valores relativos de utilidad. Tomando al factor más importante como factor de referencia y obteniendo el punto de indiferencia entre dos alternativas como las siguientes; cual es el valor del factor x_3 para el cual sería Ud. indiferente entre las alternativas.

$$a. (x_3^0, x_4^*) \quad \text{y} \quad b. (x_3^1, x_4^*)$$

cuando los otros factores están en su valor menos deseable (x_1^0, x_2^0).

x_3^0 indica el valor menos deseable del factor x_3 ; x_4^* indica el valor más deseable del factor x_4 .

El valor x_3^1 indicado puede substituirse en la función de utilidad monodimensional de x_3 y obtenemos:

$$k_4 u_4 (x_4^*) = k_3 u_3 (x_3^1)$$

si $u_3 (x_3^1) = 0.6$; y como $u_4 (x_4^*) = 1$, tenemos que:

$$k_4 = 0.6 k_3$$

es una relación entre el factor de ponderación k_3 y el factor de ponderación seleccionado como base, (k_4).

Con preguntas del tipo B obtenemos una estructura relativa entre los factores de ponderación, determinando el valor de k_4 podremos obtener los restantes.

Tercero. - Con ayuda del cuestionario ejemplificado en el anexo 2 se obtiene el valor de uno (o todos) de los valores de k_1 . Se pide la comparación de las alternativas siguientes:

El resultado seguro $x_1^0, x_2^0, x_3^0, x_4^*$

Y la situación incierta propuesta, en la cual - con probabilidad p obtiene $(x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*)$

Y con probabilidad $1-p$ obtiene (x_1, x_2, x_3, x_4) -
Obteniendo el valor de p para el cual se muestra indife-
rente entre el resultado seguro y la lotería, obtendre-
mos el valor de k_4 , ya que:

$$U(x_1^0, x_2^0, x_3^0, x_4^*) = p U(x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*) + (1-p) U(x_1^0, x_2^0, x_3^0, x_4^0)$$

$$k_4 = p + (1-p) (0)$$

El factor de escala general k se calcula evaluando la función de utilidad conjunta general respectiva - en los puntos extremo superior de cada función de utilidad componente, de manera que de acuerdo a la escala de utilidades relativas adoptada, todas las funciones componentes, y la función de utilidad conjunta, tomarán el valor máximo, uno.

Sustituyendo los valores de las n funciones de utilidad y los valores de los factores de ponderación - particular, respectivamente, en la función conjunta, se plantea un polinomio de grado $n-1$, en el cual la única incógnita es el factor de ponderación general,

Resolviendo este polinomio para k , se obtiene el factor de ponderación que satisface a la función de utilidad conjunta.

Para una función de utilidad de cuatro componentes, cuatro dimensiones, el polinomio resultante sería:

$$U(x_1, x_2, x_3, x_4) = a^3 bcde + a^2(bde + cde + bce + bcd) \\ + a(be + de + ce + bd + \\ cd + bc) + b + c + d + e$$

en donde: a= factor de ponderación general.

- b.
- c factores de ponderación
- d particulares a cada función
- e de utilidad monodimensional.

Análisis de sensibilidad a los factores de ponde
ración. Dada la dificultad con que la(s) persona(s) en-
 trevistada(s) asignan los valores que se utilizan para_
 determinar los factores de ponderación en las funciones
 multidimensionales; la aplicación de tales funciones de_
 berá estar acompañada por un análisis de sensibilidad -
 de los resultados a que se llegue, en función de los -
 factores de ponderación.

ANEXO No. 1.

A.- Si se enfrentara a una situación en la cual, de todos los factores de evaluación, uno se encontrara en su nivel más deseable y los demás en su nivel menos deseable; ¿cuál de los arreglos siguientes preferiría en primer lugar?

FACTOR DE EVALUACION	VALOR,			
factor de evaluación. x_1	x_1^*	x_1^o	x_1^o	x_1^o
factor de evaluación. x_2	x_2^o	x_2^*	x_2^o	x_2^o
factor de evaluación. x_3	x_3^o	x_3^o	x_3^*	x_3^o
factor de evaluación. x_4	x_4^o	x_4^o	x_4^o	x_4^*
	a	b	c	d

* Valor más deseable

° Valor menos deseable.

- i) ¿Cuál de ellos preferiría en segundo lugar? _____
- ii) ¿Cuál de ellos preferiría en último lugar? _____

B.- Si el factor de evaluación 1 se encuentra a su nivel menos deseable, $x_1 = \underline{\hspace{2cm}}$

y el factor de evaluación 2 se encuentra a su nivel menos deseable, $x_2 = \underline{\hspace{2cm}}$

Señale la opción que prefiera en cada una de las alternativas indicadas a continuación:

a.

(factor de evaluación $\underline{x_3^0}$, factor de evaluación $\underline{x_4^*}$)

x_3

x_4

0

(factor de evaluación $\underline{x_3^1}$, factor de evaluación $\underline{x_4^0}$)

x_3

x_4

b.

⋮

Indique ahora, con qué valor del factor de evaluación x_3 aceptaría estar en una posición de indiferencia entre las siguientes opciones:

(factor de evaluación $\underline{x_3^0}$, factor de evaluación $\underline{x_4^*}$)

 x_3 x_4

y

(factor de evaluación $\underline{x_3^?}$, factor de evaluación $\underline{x_4^0}$)

 x_3 x_4

ANEXO No. 2.

Suponga que se enfrenta a la alternativa de tener un cierto valor de los factores de evaluación.

- x_1
- x_2
- x_3
- x_4

de acuerdo a la siguiente situación: Puede escoger una lotería consistente en un volado, en el cual, si el resultado es águila obtendría los mejores valores de cada factor de evaluación, y si el resultado es sol obtendría los peores valores de cada factor de evaluación; o escoger un valor seguro de los factores de evaluación con el factor x_4 en su mejor valor, y los factores x_1, x_2, x_3 en sus peores valores.

a.- Si existe una probabilidad de $p\%$ de que el resultado del volado sea águila, y una probabilidad de $1-p\%$ de que el resultado sea sol; ¿qué preferiría?..

El valor seguro

VIII. BIBLIOGRAFIA .

1. F. M. TONGO: Ferrocarriles, Edit. RSISA - - (1968).
2. R. WINFREY; Economic Analysis for Hiwhways.- International Textbook Co. (1967) p. 1.
3. C.P. KINDLEBERGER; Economic Development. Mc. Graw-Hill (1965) pp. 73.
4. Ibid. pp. 154.
5. W. L. HOOPER; Transportation. Transp. Res. - Vol. 2 (1968) pp. 177.
6. R. de Neefville & R. L. Keeney. Multiattribute P. Analysis for Transportation Systems - - Evaluation; Transp. Res. Vol. 7 pp. 63.
7. Ibid. pp. 63.
8. R. WINFREY; Op. Cit. pp. 526.
9. R. de Neufville & R. L. Keeney, Op. Cit. pp. 64.
10. R. L. Keeney. Utility Independence and preferences for Multiattributed consequences; Op.- Res. Vol. 19 pp. 875.
11. R. de Neufville & J.H. Stafford. Systems - - Analysis for Engineers and Managers. Mc. - -

Graw-Hill (1971) pp. 111.

12. R. L. Keeney. Multiplicative Utility Functions. Op. Res. Vol. 22 pp. 22.
13. R. L. Keeney & K. Nair. Decision Analysis for the Siting of Nuclear Power Plants. IEEE - Vol. 63 No. 3 (1975) pp. 494.
14. Luce & Raiffa. Games and Decision; J. Wiley & Sons Inc. N. Y. (1957) pp. 23.
15. R. de Neufville & J.H. Stafford. Op. Cit. pp. 120.
16. R. L. Keeney. Multidimensional Utility - - Functions. Technical Report No. 43. Operations Research Center, M. I. T. (1969).
17. R. L. Keeney & H. Raiffa. Decisions with Multiple Objectives Preferences and value - -- tradeoffs. J. Wiley & Sons. (1976).
18. R. de Neufville & D. H. Marks, Ed. Systems - Planning and Design. Prentice Hall (1974) pp. 297.
19. R. M. Adelson. Operations Research Quarterly; Vol. 16 No. 1 pp. 31 "Criteria for Capital - Investment".
20. G. P. HUBER. Multiattribute and Utility Models. Management Science; Vol. 20 No. 10 (1974) pp. 1393.

21. C. S. Spetzler. Prob. Encoding in Decision - Analysis; Management Science, Vol. 22 No. 3 (1975) pp. 341.
22. Instituto Mexicano de Planeación y Operación de Sistemas, A. C. Modelo de Evaluación de - Proyectos para Infraestructura de Transporte Carretero. (1979).
23. Juan M. Anchondo Adalid, et al, Análisis - Multiobjetivo para la Selección de Obras de Infraestructura Carretera en México. Artículo en revisión que aparecerá en la revista - "Boletín IMPOS".
24. O.N.U. - C.E.P.A.L./A.A.T. Manual para Proyectos de Desarrollo Económico; México, D.F., - (1958) pp. 209.
25. R. Winfrey. Op. Cit. pp. 18 y 126.
26. J. Piñuela. Indices para la Evaluación de - Proyectos. Tesis U.N.A.M. - F.I. pp. 37.
27. R. Winfrey. Op. Cit. pp. 237 y 263.
28. Ibid. pp. 58.
29. R. Anson. Algunos Antecedentes y un Modelo - Operativo para la Selección de Carreteras - dentro de un Marco de Desarrollo Regional. - Banco Mundial -SAHOP- (1978).
30. S.A.H.O.P. - S.P.P. Plan Nacional de Desarrollo Urbano. (1978).

31. P.R.I. Plan Básico de Gobierno 1976-1982. -
(1975) pp. 147.
32. S.O.P. Programa de Desarrollo Rural (1974).
33. P.R.I. Op. Cit. pp. 147.
34. R.L. Keeney and Raiffa. Op. Cit. pp. 131 y -
282.
35. C.K. Ford & R. L. Keeney-Evaluating Methodo-
logies: a procedure and application to nu- -
clear power plant siting, Management Science
Vol. 25 No. 1 (1979) p. 1.
36. J.S. Dyer, W. Farrel, P. Bradley. Utility -
functions for Test Performance. Management -
Science, Vol. 20 No. 4-I (1973) pp. 507.
37. R. L. Keeney & A. Sicherman. Assesing and -
Analyzing Preferences Concerning Multiple -
Objectives. Behavioral Science, Vol. 21 - -
(1976) pp. 173.
38. R. de Neufville & R. L. Keeney. Op. Cit. pp.
66.
39. G. P. Huber. Multiattribute Utility Models: -
a review of field Studies. Management - - -
Science, Vol. 20 No. 10 (1974) pp. 1398.
40. R. L. Keeney & K. Nair. Op. Cit. pp. 498.
41. R. L. Keeney. Op. Cit. pp. 25.

42. R. M. Adelson. Op. Cit. pp. 33.
43. D. M. Crawford, B.C. Huntzinger, C.W. Kirkwood. Multiobjective Decision Analysis for Transmission Conductor Selection. Management Science Vol. 24. No. 16 (1978) pp. 1704.
44. C.W. Kirkwood & D. L. Keefer. A Multiobjective Decision Analysis: Budget Planning for Product Engineering. Operational. Research Quarterly, Vol. 29- 5 (1978) pp. 438.
45. R. de Neufville. How do we evaluate and Choose Between Alternative codes for design and performance. Boletín Instituto Mexicano de Planeación y Operación de Sistemas, Año VIII No. 48 (1978) pp. 163.
51. P. Calter. Problem Solving With Computers; Mc. Graw-Hill Book Co. (1973).
52. R. Luthe. A. Olivera, F. Schutz. Métodos Numéricos; LIMUSA, S. A. (1978).
53. R. L. Keeney. Multiplicative Utility functions Operations Research, Vol. 22 pp. 24 (1972).
54. R. Schlaifer. Analysis of Decisions under Uncertainty, Mc-Graw-Hill, Inc. (1969) pp. 53.
55. D. L. Keeney and H. Raiffa. (1976) Op. Cit. pp. 193.

56. J. Acosta Flores. Teoría de Decisiones en el sector público y en la empresa privada. ASI, S.A. México (1975) pp. 65.