

01167



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

T E S I S

**LA TÉCNICA ELECTRE: DESARROLLO DE UN
SOFTWARE EN VISUAL BASIC 4.0**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN INGENIERÍA
(PLANEACIÓN)**

P R E S E N T A:

MARTHA ESTELA JALOMA ROMERO

DIRECTOR DE TESIS:

DR. I. GABRIEL SÁNCHEZ GUERRERO



MÉXICO, D.F.

JULIO DE 2000

23/1258



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

- 1 Antecedentes
 - 1.1 Problemática en la Toma de Decisiones con Múltiples Objetivos
 - 1.2 Necesidad de tener una técnica sencilla para la Teoría de Decisiones con Múltiples Objetivos
 - 1.3 Lo que hay
 - 1.4 Por qué Electre
 - 1.5 Objetivos del Trabajo
- 2 La técnica Electre
 - 2.1 Qué es y qué hace
 - 2.2 Aspectos Teóricos de Electre
 - 2.2.1 Definiciones
 - 2.2.2 Procedimiento
 - 2.3 La necesidad de modificarla o mejorarla
 - 2.3.1 Poder de Negociación.
- 3 Software
 - 3.1 Diagrama lógico
 - 3.2 Diccionario de datos
 - 3.3 Lógica del proceso
 - 3.4 Requerimientos
 - 3.5 Instalación
 - 3.6 Uso de Electre
 - 3.7 Desarrollo
- 4 Un caso de aplicación
 - 4.1 Problema
 - 4.2 La necesidad de aplicar la técnica
 - 4.3 La aplicación
 - 4.4 Análisis de resultados
- 5 Conclusiones
- 6 Bibliografía

1 Antecedentes

1.1 Problemática en la Toma de Decisiones con Múltiples Objetivos

Un proceso inherente a casi cualquier actividad humana, es la toma de decisiones, el resultado de los acontecimientos, mas aún en los aspectos técnicos, depende básicamente de la elección realizada; dentro de cualquier programa de Planeación, resulta de la mayor importancia este proceso, por lo que se concluye que el mejor desarrollo del mismo, conlleva a un mejor desempeño del investigador en la consecución de sus objetivos.

Se entiende por Toma de Decisiones el proceso mediante el cual se identifica un conjunto de soluciones posibles, se estiman sus consecuencias bajo diferentes y esenciales puntos de vista y se comparan éstas bajo ciertas normas, mediante una Función Matemática para elegir la más conveniente. A las soluciones posibles se les llama también Alternativas y los puntos de vista conforman los Criterios. A la persona o personas que toman una decisión en cualquier momento del proceso, se le llama decisor.

1.2 Necesidad de tener una técnica sencilla para la Teoría de Decisiones con Múltiples Objetivos

La Toma de Decisiones representa una serie de dificultades para el investigador, quien dada la complejidad e imposibilidad de conocer la realidad, debe identificar y sintetizar los aspectos esenciales del sistema en estudio, es indispensable que el planeador mantenga (en lo posible) una actitud objetiva frente al problema de evaluar alternativas, para conseguir esta meta, es necesario contar con métodos sencillos que lo apoyen a tomar una decisión de acuerdo con sus objetivos y metas, simplificando así su actividad.

1.3 Lo que hay

Se han diseñado una serie de técnicas (con diferente grado de complejidad y actividad), para la toma de Decisiones, éstas han sido agrupadas por White³ de acuerdo a la siguiente tabla:

| Proceso de solución | Características |
|-------------------------|--|
| Programación lineal | Ecuaciones lineales y desigualdades |
| Programación no lineal | Ecuaciones no lineales y desigualdades |
| Programación dinámica | Decisiones secuenciales y "Principio de Optimalidad" |
| Simulación | Cualquier situación dinámica |
| Programación heurística | Cualquier situación |

Se han invertido muchos esfuerzos en computarizar técnicas de cada uno de los procesos de solución, sin embargo, según Mahen Tampoe y Bernard Taylor⁴, el resultado no ha sido tan exitoso ya que, a pesar de que existe una gran demanda con relación a la temática, costo y facilidad de uso, los decisores no están dispuestos a invertir el tiempo y los medios necesarios para aprender a usar el software disponible.

Dentro de la heurística existen métodos para la Toma de Decisiones que incluyen una solución matemática susceptibles de computarizar, tal es el caso de Electre

1.4 Por qué Electre

Electre es una técnica flexible que proporciona resultados consistentes, es útil para jerarquizar y seleccionar un conjunto de alternativas, aun en los casos, que son la mayoría, en que las métricas no sean comparables. Es factible hacer de una manera sencilla un análisis de sensibilidad sobre las

mismas Alternativas y Criterios, permitiendo así identificar la Alternativa óptima para el planeador.

1.5 Objetivos del Trabajo

Electre es una técnica que pese a sus virtudes no es muy utilizada por los decisores debido a que su aplicación requiere el manejo de conceptos y operaciones matemáticas que demandan mucho tiempo del planeador.

En lo que concierne al desarrollo de software en materia de planeación, podemos decir que no obstante se han creado sistemas que cubren diferentes etapas de la misma, es indispensable el diseño de herramientas computacionales accesibles que le permitan al investigador mayor rapidez, exactitud y control en su trabajo

El objetivo de esta Tesis es desarrollar un software para el uso de la técnica Electre, el cual utiliza como base el ambiente windows mediante el lenguaje Visual Basic versión 4.0. Se plantea que el software represente para el investigador una herramienta eficiente para la aplicación de la técnica Electre, de fácil acceso y con las bondades que ofrece la computación actual.

2 La técnica Electre

2.1 Qué es y qué hace

Electre es una técnica que sirve para evaluar y seleccionar alternativas comparando dos alternativas a la vez a través de relaciones binarias de sobreclasificación, identificando así la mejor de cada par.

En el año de 1966, Benayoun desarrolla un algoritmo de solución de un problema de Decisión al que llama Electre (**E**limination **E**t **C**hoix **T**raduisante

mismas Alternativas y Criterios, permitiendo así identificar la Alternativa óptima para el planeador.

1.5 Objetivos del Trabajo

Electre es una técnica que pese a sus virtudes no es muy utilizada por los decisores debido a que su aplicación requiere el manejo de conceptos y operaciones matemáticas que demandan mucho tiempo del planeador.

En lo que concierne al desarrollo de software en materia de planeación, podemos decir que no obstante se han creado sistemas que cubren diferentes etapas de la misma, es indispensable el diseño de herramientas computacionales accesibles que le permitan al investigador mayor rapidez, exactitud y control en su trabajo

El objetivo de esta Tesis es desarrollar un software para el uso de la técnica Electre, el cual utiliza como base el ambiente windows mediante el lenguaje Visual Basic versión 4.0. Se plantea que el software represente para el investigador una herramienta eficiente para la aplicación de la técnica Electre, de fácil acceso y con las bondades que ofrece la computación actual.

2 La técnica Electre

2.1 Qué es y qué hace

Electre es una técnica que sirve para evaluar y seleccionar alternativas comparando dos alternativas a la vez a través de relaciones binarias de sobreclasificación, identificando así la mejor de cada par.

En el año de 1966, Benayoun desarrolla un algoritmo de solución de un problema de Decisión al que llama Electre (**E**limination **E**t **C**hoix Traduisante

la **Realité**), aunque se basa en una regla expresada por el filósofo francés, el marqués de Condorset que dice:

Cuando una acción "A" es mejor que una "B" en la mayoría de los criterios de decisión y además, no existe un criterio para el cual "A" es claramente peor que "B", entonces se puede decir sin riesgo alguno, que "A" es mejor que "B", es decir que "A" domina a "B" o bien que "B" está sobreclasificada respecto a "A".

Existen cuatro variaciones de este Método: Electre I (Permite diferenciar las Alternativas buenas de las malas), Electre II (Es posible ordenar las Alternativas, considera el grado de credibilidad de la supremacía de una Alternativa sobre otra), Electre III (maneja conjuntos borrosos, afina la escala de evaluación) y Electre IV (también maneja conjuntos borrosos, se utiliza cuando no es posible jerarquizar los criterios)

Dado que los primeros dos procedimientos son complementarios, es factible hacer una simplificación de los modelos Electre I y II ¹ obteniendo así las ventajas de ambos métodos, a esta síntesis le llamaremos Electre.

2.2 Aspectos Teóricos de Electre

2.2.1 Definiciones

| | |
|---------------------------------|---|
| A_1, A_2, \dots, A_n | Posibles soluciones o Alternativas |
| C_1, C_2, \dots, C_m | Criterios de evaluación |
| W_1, W_2, \dots, W_m | Peso específico de cada uno de los Criterios: mide la importancia relativa de cada criterio |
| $e_{11}, e_{12}, \dots, e_{mn}$ | Elementos de la matriz de Alternativas – Criterios |
| $MC = mc(A_i, A_j)$ | Matriz de Concordancia |

| | |
|-----------------------|-----------------------------------|
| MD = md(A_i, A_j) | Matriz de Discordancia |
| P | Parámetro o Nivel de Concordancia |
| Q | Parámetro o Nivel de Discordancia |

2.2.2 Procedimiento

- I. Definir las posibles soluciones o Alternativas (A_1, A_2, \dots, A_n), éstas deben conformar un conjunto definido claramente, estar bien diferenciadas y permanecer estables durante la etapa actual del proceso de decisión.

- II. Especificar los Criterios de evaluación (C_1, C_2, \dots, C_m), los cuales deben ser mutuamente excluyentes y exhaustivos, así mismo, es necesario definir las métricas correspondientes. La elección de la escala depende de cada problema específico, ésta puede ser de naturaleza cualitativa (escala subjetiva, por ejemplo: Bueno, Regular, Malo) o de naturaleza cuantitativa (escala objetiva), e incluso es posible se requieran diferentes rangos de medición para los criterios de evaluación.

- III. Determinar el peso específico para cada uno de los Criterios (W_1, W_2, \dots, W_m). Dado que la asignación de pesos a los criterios traduce el sistema de valores del planeador, se debe ser muy objetivo en esta fase, para evitar un posible sesgo, además de la opinión del decisor, se podría utilizar la Consulta a Expertos o alguna otra técnica para definirlos.

- IV. Construir la Matriz de Alternativas – Criterios ($e_{11}, e_{12}, \dots, e_{mn}$)
 Esta matriz la conforman las evaluaciones de cada solución bajo los diferentes criterios, las evaluaciones constituyen una estimación de la medida en que cada Alternativa satisface un criterio dado. Estas se pueden obtener de estudios previos o bien de la opinión de expertos.

V. Construir la matriz de Concordancia ($MC = mc(A_i, A_j)$)

Esta matriz expresa que tanto acuerdo hubo en las evaluaciones de las Alternativas con base en los Criterios, comparando siempre dos soluciones a la vez.

Regla de Preferencia, para dos alternativas A_k y A_l que son evaluadas por medio del criterio C_j , preferimos la alternativa A_k sobre la A_l si y solo si:

$$e_{kj}(A_k) \geq e_{lj}(A_l) \text{ esto significa que } A_k \text{ es al menos tan buena como } A_l \text{ según el Criterio } C_j$$

Sea Π_{kl} un parámetro de impacto, donde:

$$\Pi_{kl} = \begin{cases} 1 & \text{si } e_{kj} \geq e_{lj} \\ 0 & \text{si } e_{kj} < e_{lj} \end{cases}$$

Entonces, la matriz de Concordancia (definida como la importancia relativa de los criterios en que $A_k \geq A_l$), se construye con los Indices:

$$mc(A_k, A_l) = \frac{\sum_{j=1}^n \Pi_{kl} \cdot W_j}{\sum_{j=1}^n W_j}$$

VI. Construir la Matriz de Discordancia ($MD = md(A_i, A_j)$)

Esta matriz expresa que tanto desacuerdo hubo en las evaluaciones de las Alternativas según cada criterio.

Regla de Discordancia, se define como el mayor rango relativo que no esta de acuerdo con la hipótesis de que A_k es preferida a A_l , es decir cuando $\Pi_{kl} = 0$

Sean $d =$ rango máximo de las escalas de evaluación

$$\max (e_{lj} - e_{kj}) = \text{Máximo intervalo en que } e_{kj} (A_k) < e_{lj} (A_l),$$

donde $j = 1, \dots, m; k \neq l$

Entonces, la matriz de Discordancia se construye con los Indices:

$$md(A_k, A_l) = \frac{\max (e_{lj} - e_{kj})}{d}$$

VII. Relación de sobreordenación o de sobreclasificación. El concepto de ordenación debe tener en cuenta las evaluaciones correspondientes a todos los criterios. Para lo cual se utilizan los Indices de Concordancia y de Discordancia.

Regla de sobreordenación, se dice que un elemento A_k sobreordena a otro A_l si cumple con:

- a) Existe un indicador de mayoría de criterios por los cuales se puede afirmar que A_k es al menos tan bueno como A_l (Indice de Concordancia)
- b) Ningún criterio en desacuerdo con esta mayoría muestra una superioridad demasiado fuerte que A_l es mejor que A_k (Indice de Discordancia)

Sean $P =$ Parámetro de Concordancia

$Q =$ Parámetro de Discordancia

entonces, una alternativa A_k sobreordena A_l si existen $P, Q \in [0,1]$ tal que

$$mc(A_k, A_l) \geq P$$

$$md(A_k, A_l) < Q$$

donde P, Q son definidos arbitrariamente en [0,1]. En algunas ocasiones se maneja que el umbral de concordancia de P varíe de 0.5 a 1, siendo más severo en su aproximación a 1; y que el umbral de discordancia de Q varíe de 0.5 a 0, siendo más severo cuando se aproxima a 0. Un perfecto resultado para la concordancia es 1, y un fatal resultado para la discordancia es 0.

A_k^* es la mejor opción, si dados los números P, Q \in [0,1] sucede que:

- a) ninguna opción domina a A_k^*
- b) las alternativas restantes, son sobreordenadas por otra

VIII. Contabilizar el número de veces que cada Alternativa es sobreordenada por otra y la cantidad de veces que cada Alternativa domina a otra, obteniendo así la jerarquización completa. Se recomienda realizar a continuación un análisis de sensibilidad.

IX. Si asignamos diferentes valores a los parámetros de Concordancia y de Discordancia, y repetimos el proceso previo para cada par, obtenemos un análisis de sensibilidad, es decir observaremos los valores de las relaciones binarias de sobreclasificación ante cambios en los parámetros P y Q

2.3 La necesidad de modificarla o mejorarla

Como ya se mencionó anteriormente, Electre presupone que A_k es preferida a A_l y posteriormente considera los casos en los que la hipótesis formulada

es falsa, sin embargo, no toma en cuenta la medida en que alguna evaluación está en discordancia con tal afirmación. Tal medición nos permitiría solucionar una situación de empate entre Alternativas, hecho que Electre no contempla. Es posible incrementar el grado de confiabilidad a través de introducir un nivel de desventaja máximo tolerado tanto en el Índice de Discordancia como en el Índice de Concordancia, el cual cumpliría las funciones de un parámetro subjetivo o veto que represente el límite más allá del cual existen argumentos para oponerse a la hipótesis de que A_k es preferida a A_l , de esta forma, el decisor consigue emplear los recursos disponibles corriendo el mínimo de riesgo, asignándolos a los proyectos más factibles y que a la vez tengan un mayor impacto en la consecución de los objetivos deseados. Para tal efecto se integra a Electre la siguiente función:

2.3.1 Poder de Negociación.

Permite hacer dependiente el grado de acuerdo o de desacuerdo con la hipótesis de preferencia, del valor del Poder de Decisión del planeador, es decir, que tan factible es para el planeador convencer a los dueños del sistema para que apoyen una alternativa propuesta como solución real al problema en cuestión. Esta función determina una matriz de impacto de las Alternativas, este impacto depende de cada criterio, es decir, que a cada pareja alternativa – criterio, corresponde un valor del poder de negociación.

El Poder de Negociación se medirá con una escala Cualitativa con tres posibles valores:

Mucho Poder (M), Regular Poder (R) y Poco Poder (P)
en donde $M > R > P$

Comparando A_k vs A_l , para un Criterio C_j tenemos dos casos:

a) Cuando se cumple la Hipótesis de Preferencia

a1) Cuando el Poder de Negociación de $A_k \geq$ Poder de Negociación de A_l

Esto significa que es totalmente congruente con la hipótesis y se presenta cuando:

| Poder de Negociación de: | | Factor de Negociación |
|--------------------------|-------|-----------------------|
| A_k | A_l | |
| M | M | 1 |
| M | R | 1 |
| M | P | 1 |
| R | R | 1 |
| R | P | 1 |
| P | P | 1 |

a2) Cuando el Poder de Negociación de $A_k <$ Poder de Negociación de A_l

Esto significa que el poder de Negociación no es congruente con la hipótesis por lo que se tiene que disminuir el grado de acuerdo con las evaluaciones, es decir el Índice de Concordancia.

La sanción debe ser mayor en la medida que sea mayor el grado de incongruencia con la hipótesis, entonces se tiene que:

| Poder de Negociación de: | | Factor de Negociación |
|--------------------------|-------|-----------------------|
| A_k | A_l | |
| R | M | $1/(1.1)$ |
| P | M | $1/(1.25)$ |
| P | R | $1/(1.1)$ |

Y el Índice de Concordancia se calcula de la siguiente manera:

$$mc(A_k, A_l) = \frac{\sum_{j=1}^n \Pi_{kj} \cdot W_j \cdot \text{Factor de Negociación}_{kj}}{\sum_{j=1}^n W_j}$$

b) Cuando no se cumple la Hipótesis de Preferencia

b1) Cuando el Poder de Negociación de $A_k < \text{Poder de Negociación de } A_l$

Esto significa que tampoco es congruente con la hipótesis y se presenta cuando:

| Poder de Negociación de: | | Factor de Negociación |
|--------------------------|-------|-----------------------|
| A_k | A_l | |
| R | M | 1 |
| P | M | 1 |
| P | R | 1 |

b2) Cuando el Poder de Negociación de $A_k \geq \text{Poder de Negociación de } A_l$

Esto significa que aunque la evaluación no es congruente con la hipótesis, el poder de Negociación si lo es, por lo que se tiene que disminuir el grado de desacuerdo con la hipótesis, es decir el Índice de Discordancia.

El Factor de Negociación debe ser mayor en la medida que sea mayor el grado de incongruencia con la hipótesis, entonces:

| Poder de Negociación de: | | Factor de Negociación |
|--------------------------|-------|-----------------------|
| A_k | A_l | |
| M | M | $1 \cdot (1.05)$ |
| M | R | $1 \cdot (1.1)$ |
| M | P | $1 \cdot (1.25)$ |
| R | R | $1 \cdot (1.05)$ |
| R | P | $1 \cdot (1.1)$ |
| P | P | $1 \cdot (1.05)$ |

Luego entonces, el Índice de Discordancia se calcula de la siguiente manera:

$$md(A_k, A_l) = \frac{\max [(e_{lj} - e_{kj}) \cdot \text{Factor de Negociación}_{kl}]}{d}$$

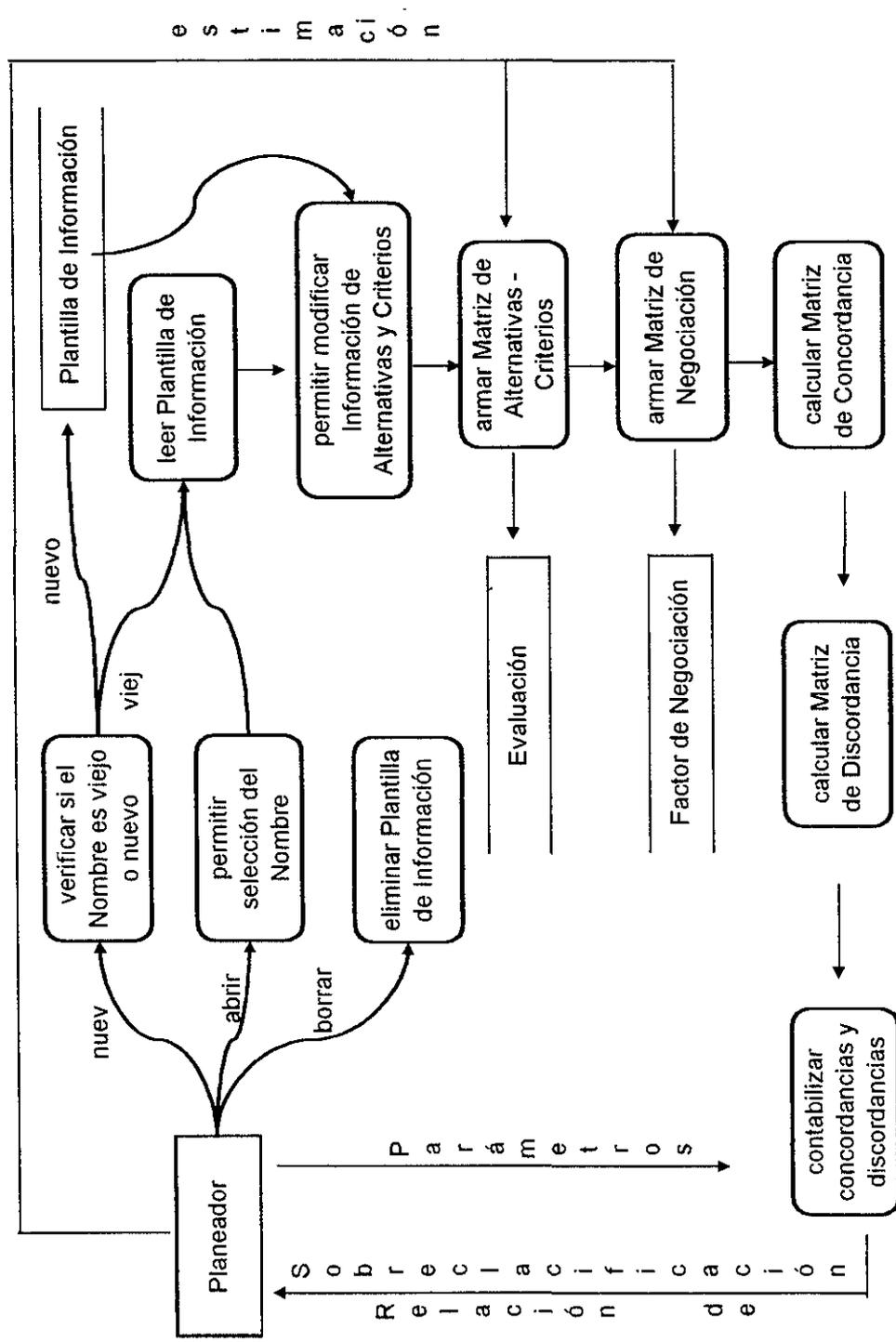
donde d = rango máximo de las escalas de evaluación

$\max (e_{lj} - e_{kj}) = \text{Máximo intervalo en que } e_{kj} (A_k) < e_{lj} (A_l),$

$j = 1, \dots, m; k \neq l$

3 Software

3.1 Diagrama lógico



3.2 Diccionario de datos

| | |
|--------------------------|---|
| Nombre | Es la(s) palabra(s) que el planeador elige para reconocer el ejercicio |
| Evaluación | Calificación que asigna el planeador a cada solución basándose en que tanto satisface la misma un criterio dado |
| Plantilla de Información | Contiene los datos esenciales del ejercicio, es decir, Nombre, descripción de alternativas, descripción de criterios, escalas de medición y peso específico de cada criterio. |
| Factor de Negociación | Medida que asigna el planeador al Poder de Negociación de cada solución bajo un criterio en particular |
| Matriz de Negociación | Matriz cuyos elementos son los Factores de Negociación |

3.3 Lógica del proceso.

| Función | Proceso |
|---|--|
| verificar si el Nombre es viejo o nuevo | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Buscar en los datos existentes, el Nombre que ha sido introducido. |
| permitir selección del Nombre | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Presentar una lista de los Nombres existentes para que el Planeador tenga acceso al ejercicio de interés |
| eliminar Plantilla de Información | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mostrar una lista de los Nombres existentes para que el Planeador elija el que desea borrar |
| Plantilla de Información | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Guardar el Nombre del nuevo ejercicio ▪ Guardar una Alternativa y un Criterio, cuyo peso específico sea la unidad, el planeador decidirá el tipo y la escala de evaluación del mismo. |
| Leer Plantilla de Información | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dado que el Nombre es viejo, se procede a leer la información |

| | |
|--|--|
| | existente |
| permitir modificar Información de Alternativas y Criterios | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mostrar la lista de alternativas y criterios, incluyendo el peso específico de cada criterio, así como los límites inferior y superior de la escala cuantitativa o el aviso de escala cualitativa según sea el caso. ▪ Agregar (solo si hay menos de 15) alternativas y criterios ▪ Eliminar (solo si hay mas de 1) alternativas y criterios ▪ Modificar descripción de alternativas y criterios. ▪ Modificar el peso específico de cualquier criterio. |
| Armar Matriz de Alternativas - Criterios | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Poner a la vista una matriz cuyos renglones representen alternativas y las columnas criterios. La intersección expone la estimación de la medida en que esa alternativa satisface el criterio correspondiente. Esta evaluación está subordinada a la escala, cuando es cuantitativa, está delimitada por el intervalo conformado por los límites, y cuando es cualitativa los posibles valores son: Malo, Pasable, Neutro, Bien y Excelente. ▪ Al dar de alta una alternativa o un criterio, asignar a la evaluación, el mínimo valor posible, es decir, el límite inferior o "Malo" según sea el caso. ▪ Modificar la evaluación. |
| armar Matriz de Negociación | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobre la matriz anterior poner a la vista el poder de negociación. ▪ Al dar de alta una alternativa o un criterio, asignar al poder de negociación, el valor "Mucho". ▪ Modificar el poder de negociación, los posibles valores son: Mucho, Poco y Regular. |
| Parámetros | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Permitir que el decisor introduzca |

| | |
|--|---|
| | tres pares de parámetros de Concordancia y de Discordancia |
| calcular Matriz de Concordancia | <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar la fórmula descrita en el capítulo anterior para calcular el Índice de Concordancia de cada pareja Alternativa - Criterio |
| calcular Matriz de Discordancia | <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar la fórmula descrita en el capítulo anterior para calcular el Índice de Discordancia de cada pareja Alternativa - Criterio |
| contabilizar concordancias y discordancias | <ul style="list-style-type: none"> • Comparar el Índice de Concordancia con el parámetro P, cuando el primero sea mayor o igual que el segundo, se cumple la premisa de concordancia. • Comparar el Índice de Discordancia con el parámetro Q, cuando el primero sea menor que el segundo, se cumple la premisa de discordancia. • Cuando se cumplen ambas premisas, se incrementará en una unidad la variable "domina", en caso contrario se sumará uno a la variable "es-dominada" • Este proceso se repetirá hasta terminar con los tres pares de parámetros |
| Relación de Sobreclasificación | <ul style="list-style-type: none"> • Presentar en pantalla la tabla resumen que contiene los valores de los parámetros, las variables "domina" y "es-dominada" y la jerarquización final de las alternativas. |

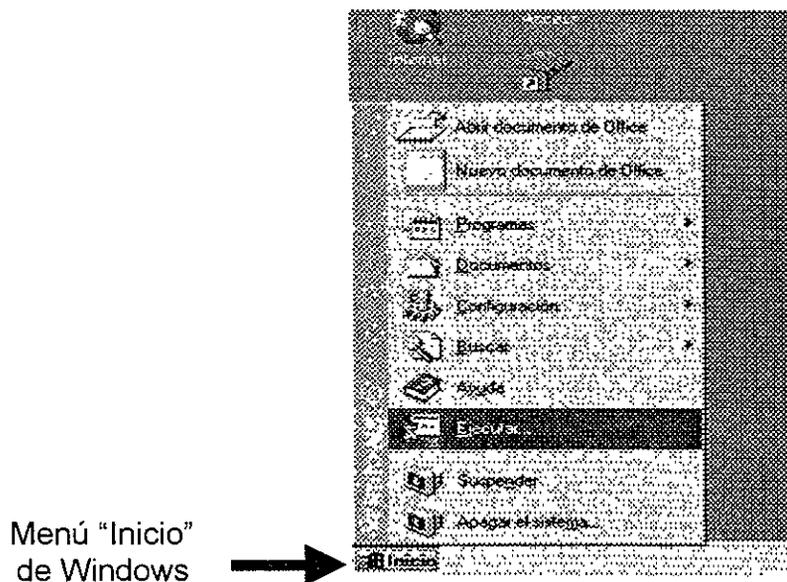
3.4 Requerimientos

La técnica Electre utiliza como base el ambiente windows, mediante el lenguaje Visual Basic versión 4.0. El empleo del software requiere una

computadora mínimo 486, preferentemente una Pentium, con ambiente Windows versión 95 y con el programa de Access instalado.

3.5 Instalación

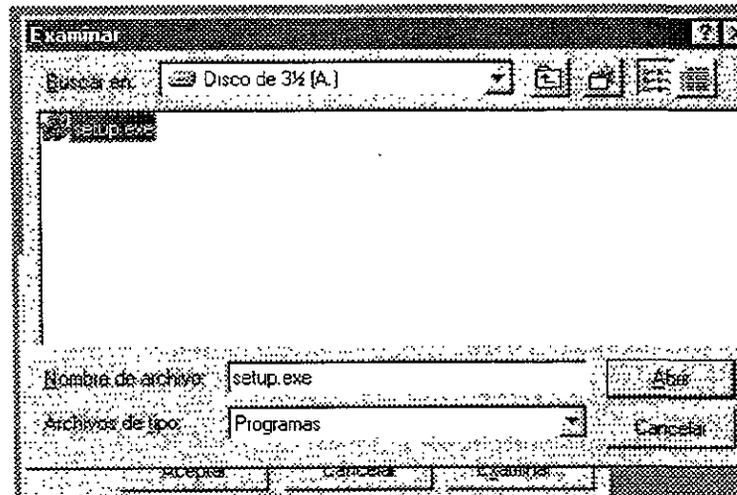
El software se presenta en tres disquetes de doble densidad, que contienen los archivos necesarios para instalar el programa Electre en el disco duro de la computadora. Para tal objetivo, dar click en el menú "Inicio" de Windows, a continuación se despliega un menú, dar click en la opción "Ejecutar..."



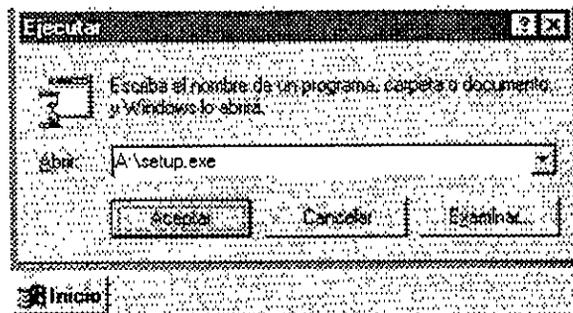
Se observa entonces, la pantalla de búsqueda del archivo a ejecutar, insertar el disquete "Electre", Setup (1 – 3).

En esta pantalla, debe presentar la opción de abrir el archivo A:\setup.exe, en caso contrario dar click en el botón "Examinar", se presenta una nueva pantalla, en la casilla correspondiente a "Buscar en: ", buscar la opción "Disco de 3½ (A:)", al dar click se presenta como único archivo encontrado

“setup.exe”, dar click en él. En este momento la pantalla debe estar como lo muestra la figura siguiente.



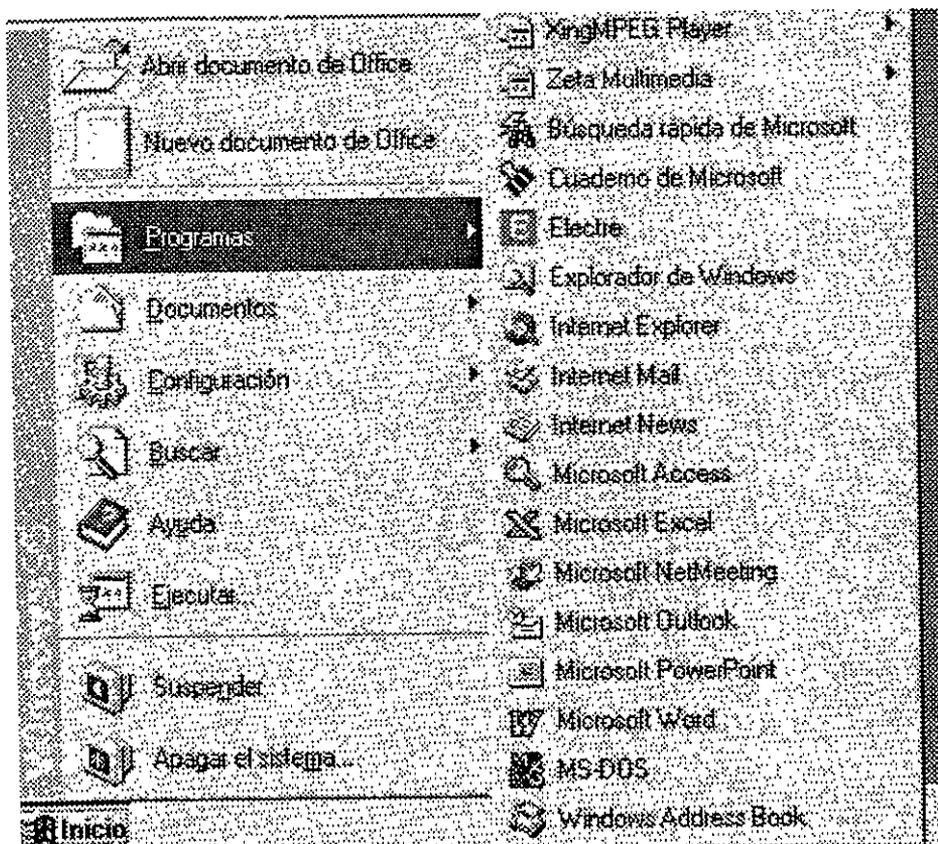
Dar click en “Abrir”, a continuación se vuelve a presentar la pantalla “Ejecutar”, pero con los datos apropiados (ver figura siguiente), dar click en “Aceptar”



Ahora se encuentra propiamente en el Software a instalar, se observa la pantalla en azul de bienvenida al setup de Electre.

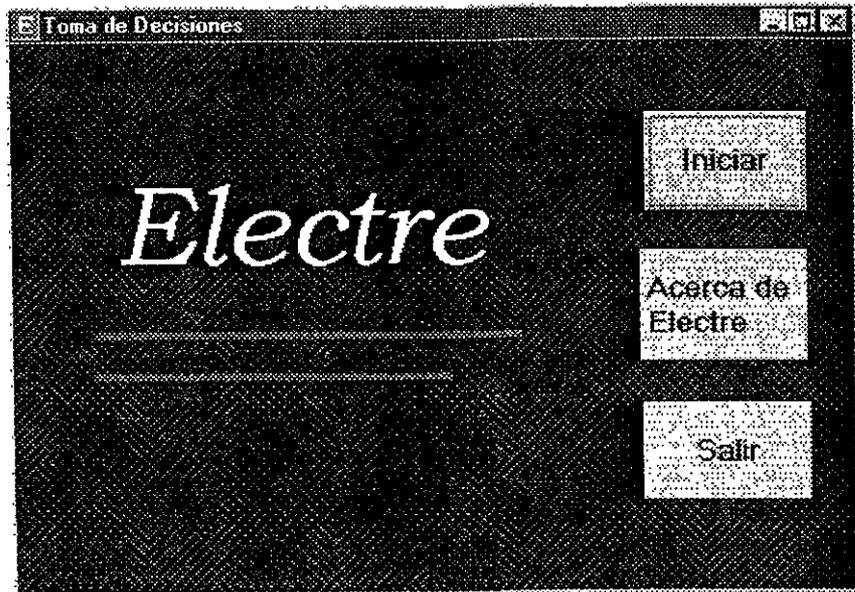
La primer pantalla recomienda cerrar todas las aplicaciones abiertas al momento de la instalación, en caso de existir alguna, deberá dar click en “Exit Setup” y proceder a cerrarla, una vez hecho esto, repetir los pasos

al anterior se presenta un nuevo menú en el cual se puede ver el Icono correspondiente a Electre, es decir, un cuadrado de color rojo que contiene una letra "E" en color blanco.

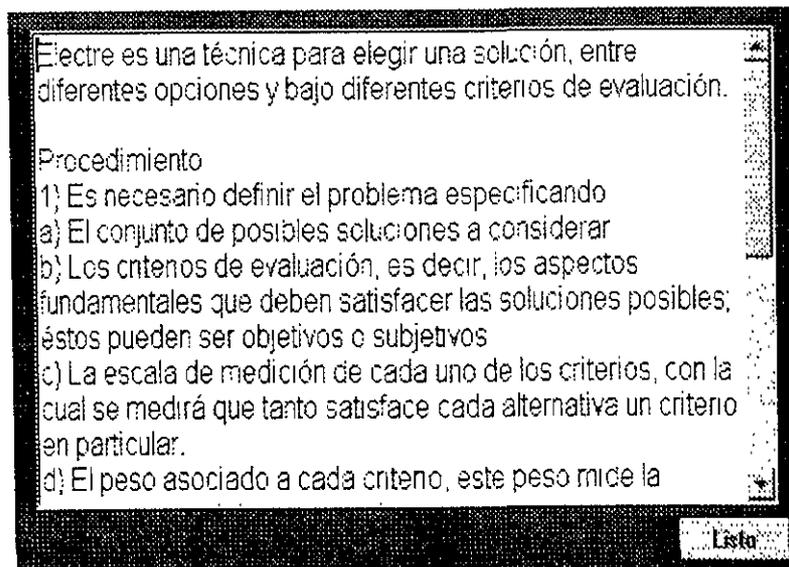


Al dar click en el Icono de Electre, se presenta la pantalla de bienvenida al Sistema.

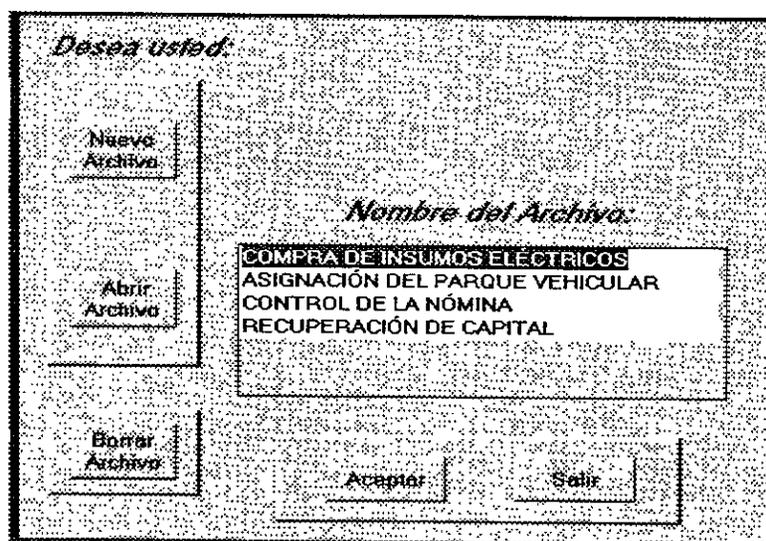
3.7 Desarrollo



Una vez que se ejecuta el Software, la presentación de Electre permite al usuario, si así lo desea, consultar un resumen de la Teoría concerniente a la Técnica Electre mediante un click del mouse en el botón "Acerca de".

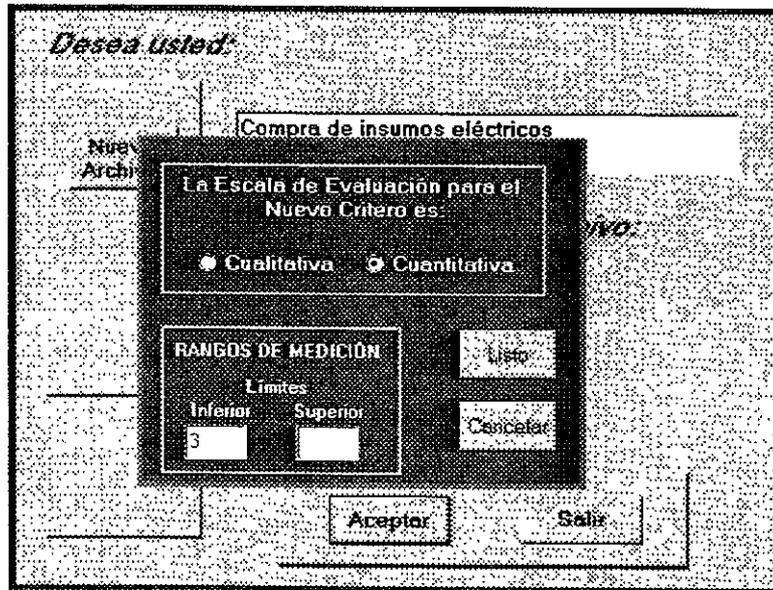


Al dar click en el botón "Iniciar" se activa Electre y se visualiza la pantalla que permite el control de los Archivos, la cual presenta tres opciones:



a) **Nuevo Archivo.** Para iniciar una aplicación, es necesario oprimir el botón "Nuevo Archivo" e introducir el nombre con el que se identificará dicho ejercicio, con un click en el botón "Aceptar", de manera automática se genera la primer alternativa así como el primer criterio del ejercicio. A estos elementos iniciales, el software asigna el nombre de Alternativa 1 y Criterio 1 respectivamente.

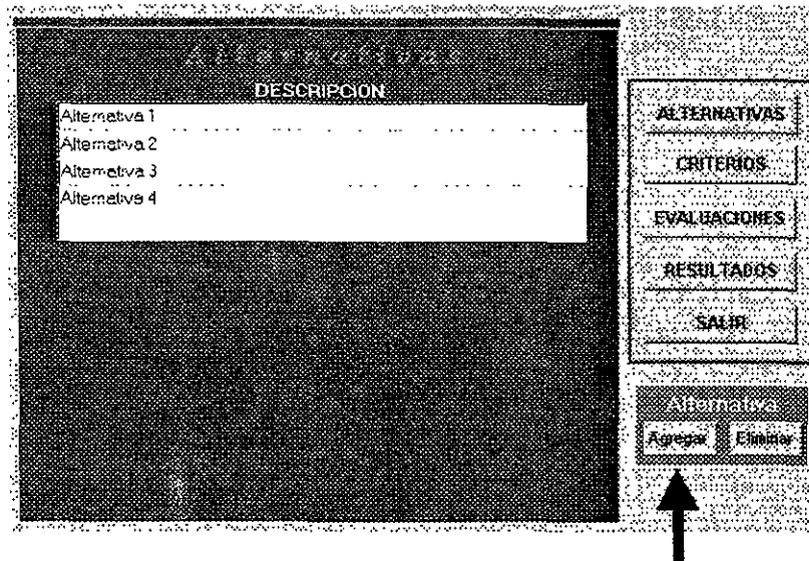
A continuación se presenta la pantalla a través de la cual se define la escala de evaluación de este criterio, la cual puede ser de dos maneras, Cuantitativa (que se pueda medir a través de números) y Cualitativa (donde la medición es un tanto subjetiva). En caso de elegir Cuantitativa, se debe especificar el rango de medición, es decir el mínimo y el máximo valor con el que se podrán calificar las alternativas respecto al criterio 1.



- b) **Abrir Archivo.** El software Electre permite acceder a un archivo declarado con anterioridad, al oprimir el botón “Abrir Archivo”, se presenta la lista de archivos existentes, al dar click con el mouse en el nombre de interés seguido de un click en el botón “Aceptar”, se selecciona la información concerniente al archivo seleccionado.
- c) **Borrar Archivo.** Esta opción permite mantener actualizada la información, al oprimir el botón “Borrar Archivo”, se presenta la lista de archivos existentes y al dar click con el mouse en el nombre de interés seguido de un click en el botón “Aceptar”, aparece un mensaje de seguridad “¿Desea eliminar este Archivo?” con las posibles respuestas “Sí, No”, en caso de que ésta sea afirmativa, se despliega el mensaje informativo “Archivo eliminado”

Cuando se oprimen los botones “Nuevo Archivo” y “Abrir Archivo”, se visualiza el Menú Principal de Electre, el cual presenta las funciones siguientes:

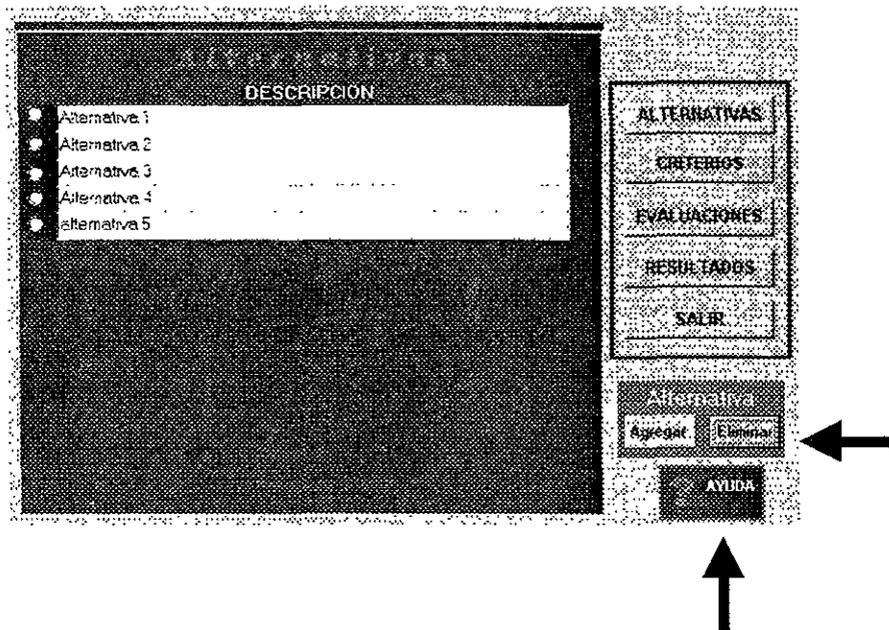
d) **Alternativas.** Aquí se presentan todas las Alternativas de solución del ejercicio, además es posible dar de alta nuevas alternativas, cambiar la descripción de las ya existentes o bien eliminar aquellas que no se encuentren vigentes en el actual proceso de decisión.



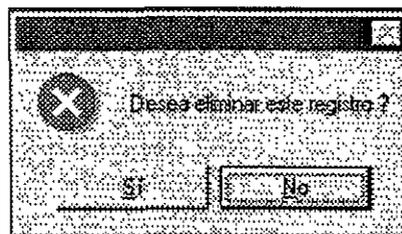
d1) Alta. Para agregar una Alternativa, basta dar click en el botón “Agregar” y se presentará un renglón en blanco, una vez que se haya capturado el texto, automáticamente se guardará en memoria. Electre admite hasta quince Alternativas.

d2) Cambio. Para modificar el enunciado de alguna Alternativa, dar un click en la palabra de interés e introducir el texto correcto.

d3) Baja. Mediante un click en el botón “Eliminar”, se visualiza un círculo a la izquierda de cada Alternativa y un botón de “Ayuda”, que al ser oprimido, presenta estas instrucciones de manera gráfica.



al dar click en el circulo correspondiente a la descripción que se desea eliminar, se presenta un mensaje de confirmación.



Si desea eliminar la Alternativa, oprima el botón "Si", en caso contrario oprima "No", desapareciendo en ambos casos el botón de "Ayuda".

e) **Criterios.** Respecto a los criterios, es posible agregar, modificar su descripción o eliminar aquellos que ya no correspondan a la realidad que contempla el planeador.

| DESCRIPCION | | PESO | RANGOS DE MEDICION | |
|-------------|--|------|--------------------|-----------------|
| | | | Límite Inferior | Límite Superior |
| Critero 1 | | 0.5 | E Cualitativa | |
| Critero 2 | | 1 | E Cualitativa | |
| Critero 3 | | 2 | 4 | 21 |
| Critero 4 | | 3 | 0 | 10 |

ALTERNATIVAS

CRITERIOS

EVALUACIONES

RESULTADOS

SALIR

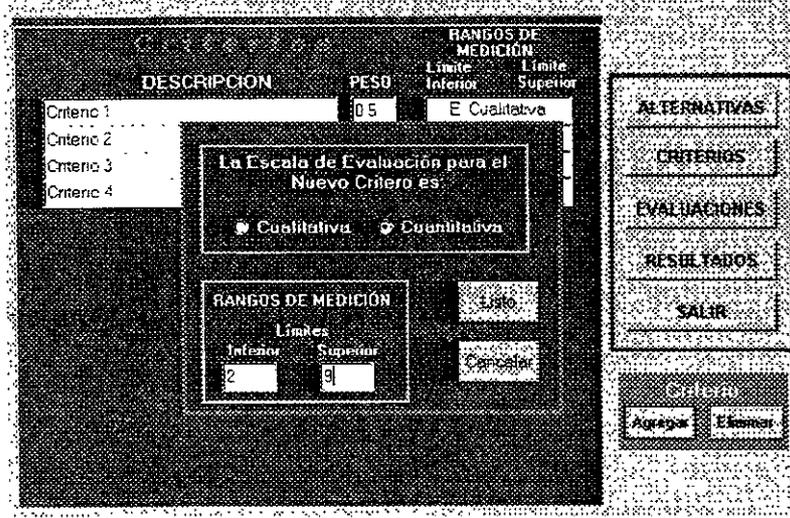
LISTO

Agregar Eliminar

e1) Alta. Es factible agregar un Criterio, mediante un click en el botón “Agregar” se presenta una forma para definir el tipo de escala de medición del nuevo Criterio (Cualitativa o Cuantitativa) y en caso de ser Cuantitativa, se capturará tanto el límite inferior como el superior de la misma. Si se oprime el botón “Cancelar”, se invalida la orden de agregar Criterio, mientras que al oprimir el botón “Listo” se presenta la pantalla anterior pero con las siguientes modificaciones:

- un renglón en blanco para capturar la descripción del nuevo Criterio
- un valor provisional de cero en el Peso Específico, en caso de que éste no se modifique, Electre le asigna el valor de uno.
- los rangos de medición de la escala, con la inscripción “E. Cualitativa” o bien los valores introducidos para el límite inferior y para el límite superior cuando la escala elegida es cualitativa o cuantitativa respectivamente. Con objeto de una presentación visual del software, en la escala cuantitativa, el número de dígitos que permite el software es de cinco considerando el punto decimal.

Una vez que se haya capturado el texto, automáticamente se dará de alta el nuevo Criterio. Se podrán analizar hasta quince criterios por ejercicio.



e2) Cambio. Electre permite dos tipos de modificaciones a los Criterios.

Para modificar el enunciado del Criterio, dar un click en el punto de interés, e introducir el texto correcto, borrando los caracteres que se requieran. También es posible cambiar el peso específico asignado con anterioridad, basta con posicionarse en el rectángulo correspondiente al peso que se desea y proceder a hacer la modificación necesaria, recordando que el peso debe ser siempre mayor que cero, en caso de un error al respecto, Electre envía un mensaje de aviso.

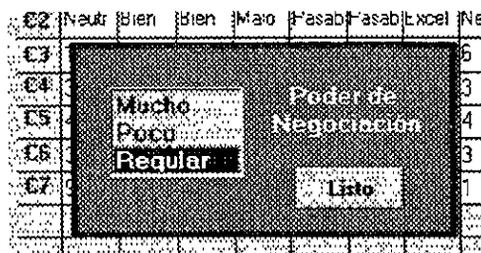
e3) Baja. Mediante un click en el botón "Eliminar", se visualiza un círculo a la izquierda de cada Criterio y un botón de "Ayuda", que al ser oprimido, presenta estas instrucciones de manera gráfica, el procedimiento es el mismo que se realiza para dar de Baja una Alternativa.

f) Evaluaciones. En esta sección, el decisor debe efectuar dos tipos de evaluaciones:

f1) Asignación de la calificación a cada Alternativa bajo los diferentes Criterios. Cuando se agrega una Alternativa, el software asocia a la misma un valor correspondiente a cada uno de los criterios y es por default la

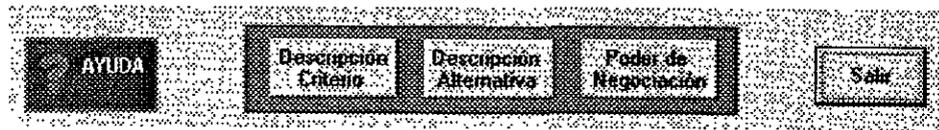
Para elegir la calificación, dar un click en el rectángulo vertical de la escala, y sin soltar el mouse, arrastrarlo, de tal forma que se deslizará hacia la izquierda y hacia la derecha dicho rectángulo, y soltar el mouse una vez que se encuentre ubicado en la evaluación correspondiente.

f2) Determinar el Poder de Negociación. Al dar de alta una Alternativa o bien un Criterio, el software asocia de manera automática una medida al impacto de cada pareja Alternativa – Criterio, y corresponde a “Mucho” Poder de Negociación. Para modificar este valor, en el caso de que la escala sea cuantitativa, dar doble click en la casilla correspondiente a dicha pareja y cuando la escala sea cualitativa, una vez que se ha asignado el valor correspondiente a la pareja Alternativa – Criterio de interés, (ver pantalla presentada en el punto anterior), al dar click en el botón “Listo”, se presenta inmediatamente la forma para evaluar el Poder de Negociación, en resumen, un solo click en el rectángulo correspondiente a la pareja, es suficiente para acceder ambas pantallas. La evaluación para el Poder de Negociación, puede ser “Mucho, Regular o Poco” independientemente del tipo de escala.



Una vez que se ha calificado que tanto poder de Negociación tiene el decisor, con un click en el botón “Listo”, se guarda en memoria este valor.

En la parte inferior de la forma de Evaluación, se presenta un menú de auxilio con cuatro opciones:



- **Botón de Ayuda.** Al oprimir éste, se presenta un cuadro con el significado de la evaluación a realizar por el decisor en cada casilla Alternativa – Criterio.
- **Descripción Criterio.** En la pantalla de evaluaciones, los Criterios no aparecen con su descripción, sino identificados con la letra “C” y un número, para tener acceso al texto correspondiente, basta dar un click en dicho identificador (la letra “C” con el número) y Electre despliega una pantalla con la descripción completa. Al dar click en el botón “Descripción Criterio”, se presentan las instrucciones para consultar el texto de interés.
- **Descripción Alternativa.** Análogamente, en la pantalla de evaluaciones, las Alternativas son identificadas con la letra “A” y un número, para tener acceso al texto correspondiente, basta dar un click en dicho identificador y Electre despliega una pantalla con la descripción completa. Al dar click en el botón “Descripción Alternativa”, se presentan las instrucciones para consultar el texto de interés.
- **Poder de Negociación.** Este botón presenta una descripción del significado de esta función y la forma de modificarlo.

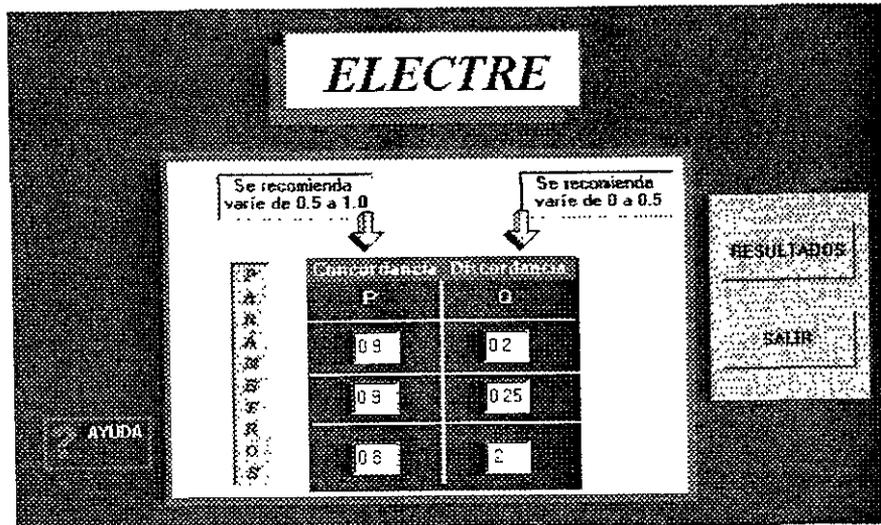
Con un click en el botón “Salir”, se regresa al Menú Principal.

g) Resultados

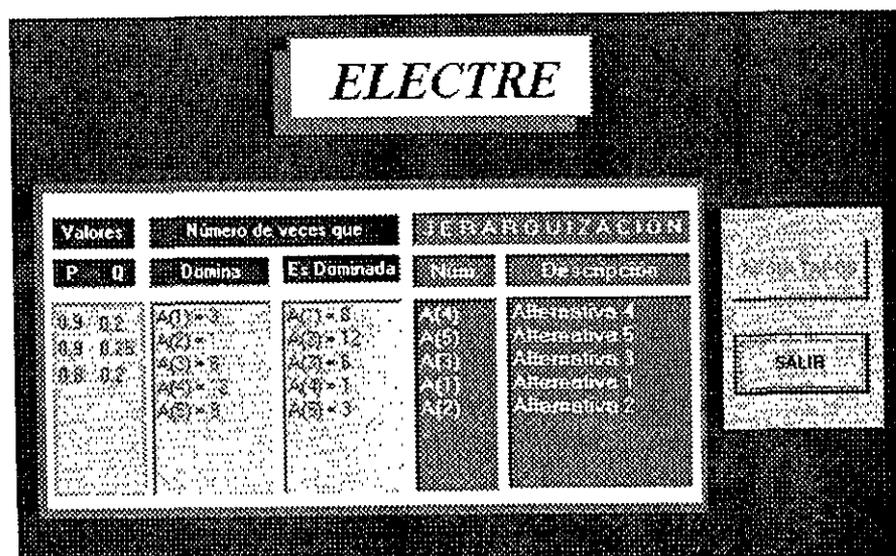
En esta forma se introducen las parejas de Parámetros. Se recomienda que P (parámetro de concordancia), varíe de 0.5 a 1.0, siendo más severo en su

aproximación a 1. También se sugiere que Q (parámetro de discordancia), varíe de 0 a 0.5, siendo más severo cuando se aproxima a 0.

Se requieren por lo menos dos valores para cada uno de los Parámetros.



Una vez que se han capturado todos los valores, dar un click en el botón "Resultados" para que Electre efectúe todos los cálculos necesarios y de manera automática, se despliegue la forma que contiene los valores de los Parámetros, el resumen de la sobreordenación y el objetivo de Electre, es decir la jerarquización de las Alternativas.



Un click en el botón “Salir”, cierra la forma de resultados y presenta el menú principal, pero continúa activa la información del mismo Archivo.

Es posible continuar el análisis de sensibilidad a través de elegir nuevos valores para los parámetros P y Q, recordando que éstos se deben encontrar en el intervalo [0,1]. Para conseguir tal objetivo, dar click nuevamente en “Resultados” y con nuevos valores, reiniciar el proceso.

h) Salir. Finaliza el ejercicio con el Archivo seleccionado, y se regresa a la pantalla de presentación de Electre.

4 Un caso de aplicación

4.1 Problema

A manera de ejemplo ilustrativo, se presenta a continuación un caso de estudio que deriva de un proyecto real de la Industria Petrolera, al cual se le han hecho algunos cambios cuantitativos para actualizar costos y algunas reducciones cualitativas con el fin de hacerlo más didáctico. ⁷

Dentro de los planes de modernización de una refinería de petróleo resalta por su importancia social y ambiental un conjunto de proyectos que se les ha denominado Paquete Ecológico (PE).

La función primordial de una refinería es el procesar petróleo crudo para obtener productos comerciales como son los gases licuados, gasolina, turbosina, diesel, combustóleo, azufre y especialidades como grasa, lubricante, gasolvente, gasnafta, hexano, heptano y derivados de utilidad en la industria petroquímica.

En términos generales se tienen ya perfectamente definidos, desde el punto de vista estrictamente técnico, el tamaño y dimensión de cada uno de los

Un click en el botón “Salir”, cierra la forma de resultados y presenta el menú principal, pero continúa activa la información del mismo Archivo.

Es posible continuar el análisis de sensibilidad a través de elegir nuevos valores para los parámetros P y Q, recordando que éstos se deben encontrar en el intervalo [0,1]. Para conseguir tal objetivo, dar click nuevamente en “Resultados” y con nuevos valores, reiniciar el proceso.

h) Salir. Finaliza el ejercicio con el Archivo seleccionado, y se regresa a la pantalla de presentación de Electre.

4 Un caso de aplicación

4.1 Problema

A manera de ejemplo ilustrativo, se presenta a continuación un caso de estudio que deriva de un proyecto real de la Industria Petrolera, al cual se le han hecho algunos cambios cuantitativos para actualizar costos y algunas reducciones cualitativas con el fin de hacerlo más didáctico.⁷

Dentro de los planes de modernización de una refinería de petróleo resalta por su importancia social y ambiental un conjunto de proyectos que se les ha denominado Paquete Ecológico (PE).

La función primordial de una refinería es el procesar petróleo crudo para obtener productos comerciales como son los gases licuados, gasolina, turbosina, diesel, combustóleo, azufre y especialidades como grasa, lubricante, gasolvente, gasnafta, hexano, heptano y derivados de utilidad en la industria petroquímica.

En términos generales se tienen ya perfectamente definidos, desde el punto de vista estrictamente técnico, el tamaño y dimensión de cada uno de los

proyectos que contempla el citado paquete ecológico; tecnología a utilizar, materias primas e insumos en general, refacciones, flujos de material, servicios auxiliares, etc., todo está ya contemplado en el diseño ingenieril.

El problema ahora se presenta cuando intervienen diferentes áreas de la empresa. El portavoz financiero señala restricciones anuales hasta por cierto monto, lo que conduce a plantear la jerarquización de los proyectos. Adicionalmente a ello, los criterios no son los mismos para el portavoz del área comercial que los del representante del área de producción ni de los del representante de la dirección general, estos últimos por cierto, bastante alejados de razones puramente técnicas y financieras.

En suma el problema técnico está resuelto, pero la solución demanda visiones más sistémicas.

4.2 La necesidad de aplicar la técnica

Existen dos posibilidades para buscar una posible solución al dilema de asignación presupuestal:

- a) Valorar subjetivamente cada uno de los proyectos y de manera intuitiva suponer cual cumpliría con el mayor número posible de condiciones
- b) Sistematizar los criterios objetivos y subjetivos mediante un mecanismo que incluya los diversos puntos de vista que convergen en la decisión

El proceder mediante el primer mecanismo haría que carecieran de sustento los resultados y en caso de llevarlo a la realidad, sería imposible saber si existe una solución mejor que la elegida, seguramente se provocaría conflicto entre las diversas áreas, y en lugar de resolver problemas, se generarían más, dejando totalmente fuera de control la situación, de donde resulta indispensable el contar con una técnica que permita tomar la decisión de manera objetiva.

4.3 La aplicación

Específicamente la modernización que contempla el PE consistiría en producir sus derivados de mayor demanda bajo criterios de máxima calidad

y mínimo deterioro ambiental. Los procesos en los que se puede incidir para tales efectos son múltiples y se puede lograr de muy diversas formas, sin embargo se ha llegado a la conclusión de que los proyectos que mayor incidencia tienen en la elaboración de gasolina, diesel y combustóleo, productos que representan el 85% de la demanda de hidrocarburos, son:

- Planta productora de TAME. Este producto, compuesto oxigenante que se mezcla con la gasolina para aumentar el octanaje y reducir las emisiones de hidrocarburos a la atmósfera, se obtiene a partir la reacción de eterificación del metanol con los isoamilenos contenidos en la corriente de gasolina catalítica de la FCC; mejora los procesos de combustión en motores vehiculares.
- Construcción de una planta de MTBE. Este producto, Metil Ter Butil Eter, tiene como finalidad aumentar el octanaje de las gasolinas con lo que se lograría hacer más eficiente la combustión de las mismas en los vehículos tanto particulares como de servicio público. Es un compuesto que es utilizado para aumentar el porcentaje de oxígeno en las mezclas para reducir las emisiones de hidrocarburos que quedan sin quemar en los motores de combustión hacia la atmósfera y cumplir con las especificaciones ambientales vigentes. El MTBE es el oxigenante más difundido en la actualidad; se obtiene a partir del isobutileno contenido en el corte de butano - butileno de la unidad catalítica FCC y el metanol
- Planta isomerizadora. En este tipo de planta se llevan a cabo los procesos mediante los cuales el butano es isomerizado a isobutano para ser utilizado en la alquilación de isobutileno y otras olefinas para la producción de hidrocarburos de alto octano como el isooctano. Fracciones de gasolina natural y otras corrientes de refinación son isomerizadas para obtener productos de alto octanaje, para formar gasolinas enriquecidas de alto octano. Estos isómeros también incrementan la volatilidad de las gasolinas.

- Planta de alquilación. El proceso de alquilación es aquel mediante el cual una isoparafina se une con una olefina en presencia de un catalizador para formar un compuesto con un octanaje muy alto.
- Construcción de planta hidrodesulfuradora de diesel. Mediante el proceso de hidrodesulfuración (HDS) se convierte al azufre en sulfuro de hidrógeno que puede separarse con facilidad en la corriente gaseosa y transformarse en azufre elemental. Los reglamentos de contaminación del aire exigen que los combustibles usados para calefacción o plantas generadoras contengan menos del 1% de azufre. La mayor parte de las fracciones pesadas de las refinerías contienen entre 2.0 y 5.5% de azufre y no pueden usarse como combustible a menos que se reduzca este contenido. Con este proyecto lo que se pretende es reducir el contenido de azufre en el diesel a índices menores al 2%. Con ello tanto los vehículos de autotransporte urbano tanto de carga como de pasajeros, y la industria en general, reducirían significativamente su emisión de contaminantes a la atmósfera.
- Planta hidrodesulfuradora de Residuo. Similar a la anterior pero referida básicamente al combustóleo, hidrocarburo de gran demanda en la generación de energía eléctrica y en la industria en general.
- Planta de regeneración continua. La desintegración catalítica es un proceso de conversión de productos pesados en productos más ligeros y de mayor valor mediante el contacto con un catalizador a alta temperatura. El catalizador sufre un desgaste o degradación, por lo que tiene que sustituirse con regularidad. La planta de regeneración continua, adjunta a la desintegradora catalítica tiene por objeto regenerar de manera permanentemente el catalizador en la planta catalítica.

Cabe señalar que la empresa cuenta en realidad con dos refinerías, similares, situadas en puntos estratégicos de acuerdo a la demanda de los centros urbanos e industriales. Con ello estaríamos planteando no siete, sino

realmente 14 proyectos. Un proyecto difiere de su similar en la otra refinería tanto por razones internas (volúmenes, costos, tecnologías, etc.) como externas (área de influencia, parque vehicular, parque industrial, grado de urbanización de las localidades, etc.).

Todos estos proyectos se consideran de fundamental importancia a mediano plazo, en ambas refinerías; el asunto es que por su elevado costo no todos pueden ser financiados de inmediato, habrá que jerarquizarlos y establecer un programa de inversiones multianual en el que se contemplen en su totalidad pero distribuidos en el tiempo.

De manera conjunta las áreas financieras, de producción y comerciales de la empresa han considerado que los criterios de evaluación a considerar son:

- ▽ Costo total del proyecto (millones de pesos del presupuesto devengable)
- ▽ Tiempo de construcción (meses)
- ▽ Porcentaje nacional de la tecnología para el mantenimiento (porcentaje)
- ▽ Condiciones de financiamiento. El propietario de la tecnología ofrece diferentes prerrogativas para el pago; estas van desde la liquidación total a la entrega del proyecto hasta financiamiento por cinco años. El área de finanzas ha clasificado estas condiciones de pago en una escala cuantitativa de A (excelentes), B (buenas) y C (regulares).
- ▽ Costo anual de materias primas y mantenimiento (millones de pesos)
- ▽ Porcentaje de reducción en la emisión de CO₂ en las localidades de mas de 100,000 habitantes en sus respectivas áreas de influencia.
- ▽ Porcentaje de reducción en la emisión de partículas derivadas de hidrocarburos. Debido a la inexactitud de la medición en campo de este factor, expertos han calificado en cinco categorías dependiendo de los factores ambientales del área de influencia: A (muy buena), B (buena), C (indiferente), D (regular) y E (Malo)
- ▽ Población beneficiada (Miles de personas que viven en localidades de mas de 100, 000 habitantes, dentro del área de influencia de la refinería).

Se sobreentiende que todo habitante se beneficia en cuanto la calidad del aire mejora.

- ▽ Número de industrias beneficiadas. Dependiendo del tipo de industria y del tipo de energéticos que utiliza.

Resumiendo los valores específicos para los diferentes proyectos se tiene el cuadro No. 1

Es necesario asociarle una escala numérica al criterio de Condición Financiera, sea entonces: $A = 15$, $B = 10$ y $C = 5$

El criterio de Reducción de Partículas será tratado como una escala cualitativa propuesta por Electre.

Se propone que los gerentes de las áreas involucradas califiquen los nueve criterios de la siguiente manera: con el número tres a los que consideren más importantes, con el uno a los menos importantes y con dos a los de importancia media, de esta manera se genera el vector de pesos específicos. Sea éste (2,2,1,3,2,3,3,1,1).

En los criterios de escala cuantitativa, se tomará como límite inferior el mínimo y como límite superior el máximo de los valores tabulados.

Los parámetros de Concordancia y de Discordancia para el ejercicio son:

| P | Q |
|------|------|
| 0.90 | 0.20 |
| 0.90 | 0.25 |
| 0.80 | 0.25 |

Tomaremos dos casos, uno en el cual se tiene el mayor Poder de Negociación, es decir que es muy factible para el decisor implantar cualquier Alternativa bajo cualquier Criterio específico. El otro caso es cuando varía el Poder de Negociación, es decir, que para una Alternativa, sería más fácil llevar a cabo un criterio que otro, tomar en cuenta el factor político. Estos valores se representan en el cuadro No. 2

a) Aplicación de la técnica sin utilizar el software "Electre"

Los parámetros de impacto son:

De A1 a:

| | | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| A3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| A4 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| A5 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| A6 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| A7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| A8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| A9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| A10 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| A11 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A12 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A13 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| A14 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |

De A2 a:

| | | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| A4 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A5 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A6 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| A8 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A10 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A11 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A12 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A13 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A14 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

De A3 a:

| | | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A4 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A6 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A8 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A9 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A10 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A11 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A12 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A13 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A14 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

De A4 a:

| | | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| A3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| A5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A6 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| A8 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| A9 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A10 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A12 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A13 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A14 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

De A5 a:

| | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| A2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| A3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| A4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| A6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A7 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |

De A6 a:

| | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| A2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| A3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| A4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| A5 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A7 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |

| | | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A8 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| A9 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| A10 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| A11 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| A12 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| A13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| A14 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |

| | | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A8 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| A9 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| A10 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| A11 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| A12 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| A13 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| A14 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |

De A7 a:

| | | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| A2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| A3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| A4 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| A5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A6 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| A9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| A10 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| A11 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| A12 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| A13 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| A14 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |

De A8 a:

| | | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| A2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| A3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A4 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| A5 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| A6 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| A7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| A9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A10 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A11 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A12 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| A13 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| A14 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

De A9 a:

| | | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| A2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| A3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| A4 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| A5 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| A6 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| A7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| A8 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| A10 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A11 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A12 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| A13 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| A14 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

De A10 a:

| | | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| A2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A4 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| A5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| A6 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| A7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| A8 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| A9 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A11 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A12 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| A13 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| A14 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

De A11 a:

| | | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| A2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A4 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| A5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| A6 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| A7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| A8 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| A9 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| A10 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| A12 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| A13 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| A14 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |

De A12 a:

| | | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| A2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| A6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| A7 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| A8 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| A9 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| A10 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| A11 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| A14 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |

De A13 a:

| | | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| A2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| A5 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| A6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| A7 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| A8 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| A9 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A10 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A11 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A12 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A14 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |

De A14 a:

| | | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| A2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A4 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| A6 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| A7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| A8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| A9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| A10 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| A11 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A12 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A13 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |

Dado que el poder de Negociación es Mucho en todos los casos, el factor de Negociación siempre es 1.

Recordemos que la función de pesos es (2,2,1,3,2,3,3,1,1) a continuación se multiplica el parámetro por el peso correspondiente, es decir, la primer y segunda columna se multiplica por 2, la tercera por 1, etc.), se suman estos resultados parciales y el total se divide entre 18, que es la suma de pesos específicos

De A1 a:

| | |
|-----|------|
| A2 | 0.67 |
| A3 | 0.39 |
| A4 | 0.78 |
| A5 | 0.78 |
| A6 | 0.78 |
| A7 | 0.83 |
| A8 | 0.83 |
| A9 | 0.67 |
| A10 | 0.56 |
| A11 | 0.78 |
| A12 | 0.94 |
| A13 | 0.78 |
| A14 | 0.83 |

De A2 a:

| | |
|-----|------|
| A1 | 0.67 |
| A3 | 0.56 |
| A4 | 0.83 |
| A5 | 0.94 |
| A6 | 0.83 |
| A7 | 0.72 |
| A8 | 0.67 |
| A9 | 0.72 |
| A10 | 0.72 |
| A11 | 0.83 |
| A12 | 0.94 |
| A13 | 0.83 |
| A14 | 0.89 |

De A3 a:

| | |
|-----|------|
| A1 | 0.72 |
| A2 | 0.56 |
| A4 | 0.83 |
| A5 | 0.67 |
| A6 | 0.78 |
| A7 | 0.89 |
| A8 | 0.72 |
| A9 | 0.56 |
| A10 | 0.89 |
| A11 | 0.83 |
| A12 | 0.67 |
| A13 | 0.67 |
| A14 | 0.89 |

De A4 a:

| | |
|-----|------|
| A1 | 0.33 |
| A2 | 0.28 |
| A3 | 0.44 |
| A5 | 0.67 |
| A6 | 0.67 |
| A7 | 0.83 |
| A8 | 0.33 |
| A9 | 0.44 |
| A10 | 0.61 |
| A11 | 0.83 |
| A12 | 0.67 |
| A13 | 0.67 |
| A14 | 1.00 |

De A5 a:

| | |
|-----|------|
| A1 | 0.28 |
| A2 | 0.11 |
| A3 | 0.39 |
| A4 | 0.39 |
| A6 | 0.89 |
| A7 | 0.44 |
| A8 | 0.11 |
| A9 | 0.11 |
| A10 | 0.39 |
| A11 | 0.56 |
| A12 | 0.72 |
| A13 | 0.67 |
| A14 | 0.56 |

De A6 a:

| | |
|-----|------|
| A1 | 0.28 |
| A2 | 0.22 |
| A3 | 0.28 |
| A4 | 0.39 |
| A5 | 0.89 |
| A7 | 0.44 |
| A8 | 0.11 |
| A9 | 0.22 |
| A10 | 0.28 |
| A11 | 0.56 |
| A12 | 0.83 |
| A13 | 0.56 |
| A14 | 0.56 |

De A7 a:

| | |
|-----|------|
| A1 | 0.22 |
| A2 | 0.33 |
| A3 | 0.50 |
| A4 | 0.50 |
| A5 | 0.67 |
| A6 | 0.67 |
| A8 | 0.22 |
| A9 | 0.33 |
| A10 | 0.50 |
| A11 | 0.50 |
| A12 | 0.61 |
| A13 | 0.61 |
| A14 | 0.72 |

De A8 a:

| | |
|-----|------|
| A1 | 0.50 |
| A2 | 0.72 |
| A3 | 0.28 |
| A4 | 0.83 |
| A5 | 0.89 |
| A6 | 0.89 |
| A7 | 0.78 |
| A9 | 0.83 |
| A10 | 0.56 |
| A11 | 0.78 |
| A12 | 0.89 |
| A13 | 0.89 |
| A14 | 0.94 |

De A9 a:

| | |
|-----|------|
| A1 | 0.56 |
| A2 | 0.61 |
| A3 | 0.44 |
| A4 | 0.72 |
| A5 | 0.89 |
| A6 | 0.78 |
| A7 | 0.67 |
| A8 | 0.50 |
| A10 | 0.72 |
| A11 | 0.83 |
| A12 | 0.89 |
| A13 | 0.78 |
| A14 | 0.83 |

De A10 a:

| | |
|-----|------|
| A1 | 0.61 |
| A2 | 0.28 |
| A3 | 0.44 |
| A4 | 0.72 |
| A5 | 0.61 |
| A6 | 0.72 |
| A7 | 0.67 |
| A8 | 0.56 |
| A9 | 0.56 |
| A11 | 0.67 |
| A12 | 0.61 |
| A13 | 0.72 |
| A14 | 0.83 |

De A11 a:

| | |
|-----|------|
| A1 | 0.39 |
| A2 | 0.17 |
| A3 | 0.33 |
| A4 | 0.61 |
| A5 | 0.44 |
| A6 | 0.44 |
| A7 | 0.78 |
| A8 | 0.33 |
| A9 | 0.28 |
| A10 | 0.61 |
| A12 | 0.61 |
| A13 | 0.44 |
| A14 | 0.67 |

De A12 a:

| | |
|-----|------|
| A1 | 0.22 |
| A2 | 0.06 |
| A3 | 0.33 |
| A4 | 0.33 |
| A5 | 0.61 |
| A6 | 0.50 |
| A7 | 0.39 |
| A8 | 0.17 |
| A9 | 0.17 |
| A10 | 0.44 |
| A11 | 0.61 |
| A13 | 0.72 |
| A14 | 0.44 |

De A13 a:

| | |
|-----|------|
| A1 | 0.22 |
| A2 | 0.17 |
| A3 | 0.33 |
| A4 | 0.50 |
| A5 | 0.67 |
| A6 | 0.78 |
| A7 | 0.39 |
| A8 | 0.17 |
| A9 | 0.44 |
| A10 | 0.50 |
| A11 | 0.61 |
| A12 | 0.89 |
| A14 | 0.61 |

De A14 a:

| | |
|-----|------|
| A1 | 0.17 |
| A2 | 0.11 |
| A3 | 0.28 |
| A4 | 0.28 |
| A5 | 0.61 |
| A6 | 0.61 |
| A7 | 0.61 |
| A8 | 0.11 |
| A9 | 0.22 |
| A10 | 0.39 |
| A11 | 0.67 |
| A12 | 0.67 |
| A13 | 0.50 |

Con estos valores se genera la matriz de concordancia

| A | DE | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 | A9 | A10 | A11 | A12 | A13 | A14 |
| A1 | - | 0.67 | 0.72 | 0.33 | 0.28 | 0.28 | 0.22 | 0.50 | 0.56 | 0.61 | 0.39 | 0.22 | 0.22 | 0.17 |
| A2 | 0.67 | - | 0.56 | 0.28 | 0.11 | 0.22 | 0.33 | 0.72 | 0.61 | 0.28 | 0.17 | 0.06 | 0.17 | 0.11 |
| A3 | 0.39 | 0.56 | - | 0.44 | 0.39 | 0.28 | 0.50 | 0.28 | 0.44 | 0.44 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.28 |
| A4 | 0.78 | 0.83 | 0.83 | - | 0.39 | 0.39 | 0.50 | 0.83 | 0.72 | 0.72 | 0.61 | 0.33 | 0.50 | 0.28 |
| A5 | 0.78 | 0.94 | 0.67 | 0.67 | - | 0.89 | 0.67 | 0.89 | 0.89 | 0.61 | 0.44 | 0.61 | 0.67 | 0.61 |
| A6 | 0.78 | 0.83 | 0.78 | 0.67 | 0.89 | - | 0.67 | 0.89 | 0.78 | 0.72 | 0.44 | 0.50 | 0.78 | 0.61 |
| A7 | 0.83 | 0.72 | 0.89 | 0.83 | 0.44 | 0.44 | - | 0.78 | 0.67 | 0.67 | 0.78 | 0.39 | 0.39 | 0.61 |
| A8 | 0.83 | 0.67 | 0.72 | 0.33 | 0.11 | 0.11 | 0.22 | - | 0.50 | 0.56 | 0.33 | 0.17 | 0.17 | 0.11 |
| A9 | 0.67 | 0.72 | 0.56 | 0.44 | 0.11 | 0.22 | 0.33 | 0.83 | - | 0.56 | 0.28 | 0.17 | 0.44 | 0.22 |
| A10 | 0.56 | 0.72 | 0.89 | 0.61 | 0.39 | 0.28 | 0.50 | 0.56 | 0.72 | - | 0.61 | 0.44 | 0.50 | 0.39 |
| A11 | 0.78 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.56 | 0.56 | 0.50 | 0.78 | 0.83 | 0.67 | - | 0.61 | 0.61 | 0.67 |
| A12 | 0.94 | 0.94 | 0.67 | 0.67 | 0.72 | 0.83 | 0.61 | 0.89 | 0.89 | 0.61 | 0.61 | - | 0.89 | 0.67 |
| A13 | 0.78 | 0.83 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.56 | 0.61 | 0.89 | 0.78 | 0.72 | 0.44 | 0.72 | - | 0.50 |
| A14 | 0.83 | 0.89 | 0.89 | 1.00 | 0.56 | 0.56 | 0.72 | 0.94 | 0.83 | 0.83 | 0.67 | 0.44 | 0.61 | - |

En esta matriz estan marcadas aquellas cantidades mayores o iguales que 0.90 y 0.80, los valores del parámetro de Concordancia P.

El siguiente paso es calcular la matriz de Discordancia

Dado que el poder de Negociación es Mucho en todos los casos, el factor de Negociación siempre es 1.05. Aplicando la formula descrita anteriormente, la diferencia entre las evaluaciones multiplicada por el factor de Negociación, así como su máximo, se expresa el siguiente conjunto de matrices:

De A1 a:

| | | | | | | | | Max. |
|-----|-------|-------|------|------|------|--|--|-------|
| A2 | 5.25 | 3.15 | | | | | | 5.25 |
| A3 | 3.15 | 15.75 | 1.89 | 3.15 | 4.20 | | | 15.75 |
| A4 | 26.25 | 2.10 | | | | | | 26.25 |
| A5 | 47.25 | 1.05 | | | | | | 47.25 |
| A6 | 47.25 | 1.05 | | | | | | 47.25 |
| A7 | 4.20 | | | | | | | 4.20 |
| A8 | 3.15 | | | | | | | 3.15 |
| A9 | 7.35 | 2.10 | | | | | | 7.35 |
| A10 | 3.15 | 15.75 | 1.68 | 2.10 | | | | 15.75 |
| A11 | 26.25 | 1.05 | | | | | | 26.25 |
| A12 | 47.25 | | | | | | | 47.25 |
| A13 | 47.25 | 2.10 | | | | | | 47.25 |
| A14 | 1.05 | | | | | | | 1.05 |

De A2 a:

| | | | | | | | | Max. |
|-----|-------|-------|-------|------|--|--|--|-------|
| A1 | 14.28 | 2.10 | 1.58 | | | | | 14.28 |
| A3 | 5.25 | 15.75 | 3.47 | 1.05 | | | | 15.75 |
| A4 | 11.24 | | 26.25 | | | | | 26.25 |
| A5 | 47.25 | | | | | | | 47.25 |
| A6 | 47.25 | 0.63 | | | | | | 47.25 |
| A7 | 8.29 | 1.05 | | | | | | 8.29 |
| A8 | 13.34 | 2.10 | 1.60 | | | | | 13.34 |
| A9 | 0.31 | 2.10 | | | | | | 2.10 |
| A10 | 5.25 | 15.75 | 3.26 | | | | | 15.75 |
| A11 | 8.82 | 26.25 | | | | | | 26.25 |
| A12 | 47.25 | | | | | | | 47.25 |
| A13 | 47.25 | 0.84 | | | | | | 47.25 |
| A14 | 10.92 | | | | | | | 10.92 |

De A3 a:

| | | | | | | | | Max. |
|----|-------|-------|------|--|--|--|--|-------|
| A1 | 24.47 | 10.50 | | | | | | 24.47 |
| A2 | 10.19 | 10.50 | 2.10 | | | | | 10.50 |
| A4 | 21.42 | 10.50 | | | | | | 21.42 |
| A5 | 2.52 | 31.50 | 5.25 | | | | | 31.50 |
| A6 | 31.50 | 5.25 | | | | | | 31.50 |
| A7 | 18.48 | | | | | | | 18.48 |
| A8 | 23.52 | 1.05 | | | | | | 23.52 |
| A9 | 9.97 | 10.50 | 4.20 | | | | | 10.50 |

| | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|------|--|--|--|--|-------|
| A10 | 0.42 | | | | | | | 0.42 |
| A11 | 19.01 | 10.50 | | | | | | 19.01 |
| A12 | 3.78 | 31.50 | 5.25 | | | | | 31.50 |
| A13 | 0.32 | 31.50 | 5.25 | | | | | 31.50 |
| A14 | 21.11 | | | | | | | 21.11 |

De A4 a:

| | | | | | | | | Max. |
|-----|-------|-------|-------|------|------|--|--|-------|
| A1 | 3.05 | 4.20 | 10.50 | 2.75 | 1.05 | | | 10.50 |
| A2 | 2.10 | 10.50 | 1.16 | 6.30 | 1.05 | | | 10.50 |
| A3 | 7.35 | 4.61 | 4.20 | 2.10 | | | | 7.35 |
| A5 | 21.00 | 5.25 | 0.74 | | | | | 21.00 |
| A6 | 21.00 | 5.25 | 1.79 | | | | | 21.00 |
| A7 | 2.10 | | | | | | | 2.10 |
| A8 | 2.10 | 4.20 | 10.50 | 2.42 | 1.05 | | | 10.50 |
| A9 | 2.10 | 10.50 | 1.47 | 8.40 | | | | 10.50 |
| A10 | 7.35 | 4.41 | 1.05 | | | | | 7.35 |
| A11 | 2.10 | | | | | | | 2.10 |
| A12 | 21.00 | 5.25 | 1.05 | | | | | 21.00 |
| A13 | 21.00 | 5.25 | 2.00 | | | | | 21.00 |
| A14 | 0.00 | | | | | | | 0.00 |

De A5 a:

| | | | | | | | | Max. |
|-----|-------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A1 | 21.95 | 7.35 | 5.25 | 2.00 | 7.35 | 367.50 | | 367.50 |
| A2 | 7.67 | 5.25 | 5.25 | 0.42 | 12.60 | 2.10 | 367.50 | 367.50 |
| A3 | 10.50 | 3.89 | 10.50 | 3.15 | 367.50 | | | 367.50 |
| A4 | 18.90 | 3.15 | 6.30 | 1.05 | 367.50 | | | 367.50 |
| A6 | 1.05 | | | | | | | 1.05 |
| A7 | 15.96 | 3.15 | 5.25 | 3.15 | | | | 15.96 |
| A8 | 21.00 | 7.35 | 5.25 | 1.68 | 6.30 | 2.10 | 105.00 | 105.00 |
| A9 | 7.45 | 5.25 | 5.25 | 0.73 | 14.70 | 1.05 | 105.00 | 105.00 |
| A10 | 1.05 | 3.68 | 7.35 | 1.05 | 105.00 | | | 105.00 |
| A11 | 16.49 | 3.15 | 8.40 | 105.00 | | | | 105.00 |
| A12 | 1.26 | 0.31 | 210.00 | | | | | 210.00 |
| A13 | 1.26 | 1.05 | 210.00 | | | | | 210.00 |
| A14 | 18.59 | 3.15 | 4.20 | 210.00 | | | | 210.00 |

De A6 a:

| | | | | | | | | Max. |
|----|-------|-------|------|-------|--------|--------|--------|--------|
| A1 | 24.68 | 7.35 | 5.25 | 0.95 | 7.35 | 367.50 | | 367.50 |
| A2 | 10.40 | 5.25 | 5.25 | 12.60 | 2.10 | 367.50 | | 367.50 |
| A3 | 0.21 | 10.50 | 2.84 | 10.50 | 3.15 | 367.50 | | 367.50 |
| A4 | 21.63 | 3.15 | 6.30 | 1.05 | 367.50 | | | 367.50 |
| A5 | 2.73 | | | | | | | 2.73 |
| A7 | 18.69 | 3.15 | 5.25 | 3.15 | | | | 18.69 |
| A8 | 23.73 | 7.35 | 5.25 | 0.63 | 6.30 | 2.10 | 105.00 | 105.00 |

| | | | | | | | | |
|-----|-------|--------|------|--------|------|--------|--|--------|
| A9 | 10.19 | 5.25 | 5.25 | 14.70 | 1.05 | 105.00 | | 105.00 |
| A10 | 0.63 | 10.50 | 2.63 | 7.35 | 1.05 | 105.00 | | 105.00 |
| A11 | 19.22 | 3.15 | 8.40 | 105.00 | | | | 105.00 |
| A12 | 4.00 | 210.00 | | | | | | 210.00 |
| A13 | 0.53 | 0.21 | 1.05 | 210.00 | | | | 210.00 |
| A14 | 21.32 | 3.15 | 4.20 | 210.00 | | | | 210.00 |

De A7 a:

| | | | | | | | | Max. |
|-----|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A1 | 6.00 | 4.20 | 5.25 | 10.50 | 2.94 | 2.10 | 367.50 | 367.50 |
| A2 | 2.10 | 5.25 | 10.50 | 1.37 | 7.35 | 367.50 | | 367.50 |
| A3 | 7.35 | 21.00 | 4.83 | 5.25 | 367.50 | | | 367.50 |
| A4 | 2.94 | 31.50 | 0.21 | 1.05 | 367.50 | | | 367.50 |
| A5 | 52.50 | 5.25 | 0.95 | | | | | 52.50 |
| A6 | 52.50 | 5.25 | 2.00 | | | | | 52.50 |
| A8 | 5.04 | 4.20 | 5.25 | 10.50 | 2.63 | 1.05 | 105.00 | 105.00 |
| A9 | 2.10 | 5.25 | 10.50 | 1.68 | 9.45 | 105.00 | | 105.00 |
| A10 | 7.35 | 21.00 | 4.62 | 2.10 | 105.00 | | | 105.00 |
| A11 | 0.53 | 31.50 | 0.21 | 3.15 | 105.00 | | | 105.00 |
| A12 | 52.50 | 5.25 | 1.26 | 210.00 | | | | 210.00 |
| A13 | 52.50 | 5.25 | 2.21 | 210.00 | | | | 210.00 |
| A14 | 2.63 | 0.11 | 210.00 | | | | | 210.00 |

De A8 a:

| | | | | | | | | Max. |
|-----|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| A1 | 0.95 | 0.32 | 1.05 | 3150.00 | 262.50 | | | 3150.00 |
| A2 | 6.30 | 3150.00 | 262.50 | | | | | 3150.00 |
| A3 | 3.15 | 15.73 | 2.21 | 4.20 | 1.05 | 3150.00 | 262.50 | 3150.00 |
| A4 | 26.25 | 3150.00 | 262.50 | | | | | 3150.00 |
| A5 | 47.25 | 3150.00 | | | | | | 3150.00 |
| A6 | 47.25 | 3150.00 | | | | | | 3150.00 |
| A7 | 1.05 | 3150.00 | | | | | | 3150.00 |
| A9 | 8.40 | | | | | | | 8.40 |
| A10 | 3.15 | 15.75 | 2.00 | 1.05 | | | | 15.75 |
| A11 | 26.25 | 2.10 | | | | | | 26.25 |
| A12 | 47.25 | 105.00 | | | | | | 105.00 |
| A13 | 47.25 | 105.00 | | | | | | 105.00 |
| A14 | 105.00 | | | | | | | 105.00 |

A9 vs

| | | | | | | | | Max. |
|----|-------|---------|---------|---------|---------|--------|--|---------|
| A1 | 14.49 | 2.10 | 1.26 | 3150.00 | 262.50 | | | 3150.00 |
| A2 | 0.21 | 1.05 | 3150.00 | 262.50 | | | | 3150.00 |
| A3 | 5.25 | 15.75 | 3.15 | 2.10 | 3150.00 | 262.50 | | 3150.00 |
| A4 | 11.45 | 26.25 | 3150.00 | 262.50 | | | | 3150.00 |
| A5 | 47.25 | 3150.00 | | | | | | 3150.00 |

| | | | | | | | | |
|-----|-------|--------|---------|------|--|--|--|---------|
| A6 | 47.25 | 0.32 | 3150.00 | | | | | 3150.00 |
| A7 | 8.51 | 2.10 | 3150.00 | | | | | 3150.00 |
| A8 | 13.55 | 2.10 | 0.95 | 1.05 | | | | 13.55 |
| A10 | 5.25 | 15.75 | 2.94 | | | | | 15.75 |
| A11 | 9.03 | 26.25 | | | | | | 26.25 |
| A12 | 47.25 | 105.00 | | | | | | 105.00 |
| A13 | 47.25 | 0.53 | 105.00 | | | | | 105.00 |
| A14 | 11.13 | 105.00 | | | | | | 105.00 |

| A10 vs | | | | | | | | Max. |
|--------|-------|--------|---------|---------|---------|--------|--|---------|
| A1 | 24.05 | 10.50 | 3150.00 | 262.50 | | | | 3150.00 |
| A2 | 9.77 | 10.50 | 5.25 | 1.05 | 3150.00 | 262.50 | | 3150.00 |
| A3 | 0.21 | 3.15 | 2.10 | 3150.00 | 262.50 | | | 3150.00 |
| A4 | 21.00 | 10.50 | 3150.00 | 262.50 | | | | 3150.00 |
| A5 | 2.10 | 31.50 | 5.25 | 3150.00 | | | | 3150.00 |
| A6 | 31.50 | 5.25 | 3150.00 | | | | | 3150.00 |
| A7 | 18.06 | 2.10 | 3150.00 | | | | | 3150.00 |
| A8 | 23.10 | 10.50 | 1.05 | | | | | 23.10 |
| A9 | 9.55 | 10.50 | 7.35 | | | | | 10.50 |
| A11 | 18.59 | 10.50 | 1.05 | | | | | 18.59 |
| A12 | 3.36 | 31.50 | 5.25 | 105.00 | | | | 105.00 |
| A13 | 31.50 | 5.25 | 105.00 | | | | | 105.00 |
| A14 | 20.69 | 105.00 | | | | | | 105.00 |

| A11 vs | | | | | | | | Max. |
|--------|-------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|
| A1 | 5.46 | 4.20 | 10.50 | 2.73 | 3150.00 | 262.50 | | 3150.00 |
| A2 | 2.10 | 10.50 | 1.16 | 4.20 | 3.15 | 3150.00 | 262.50 | 3150.00 |
| A3 | 7.35 | 4.62 | 2.10 | 4.20 | 3150.00 | 2625.00 | | 3150.00 |
| A4 | 2.42 | 2.10 | 3150.00 | 262.50 | | | | 3150.00 |
| A5 | 21.00 | 5.25 | 0.74 | 1.05 | 3150.00 | | | 3150.00 |
| A6 | 21.00 | 5.25 | 1.79 | 1.05 | 3150.00 | | | 3150.00 |
| A7 | 4.20 | 3150.00 | | | | | | 3150.00 |
| A8 | 4.51 | 4.20 | 10.50 | 2.42 | 3.15 | | | 10.50 |
| A9 | 2.10 | 10.50 | 1.47 | 6.30 | 2.10 | | | 10.50 |
| A10 | 7.35 | 4.41 | 2.10 | | | | | 7.35 |
| A12 | 21.00 | 5.25 | 1.05 | 105.00 | | | | 105.00 |
| A13 | 21.00 | 5.25 | 2.00 | 2.10 | 105.00 | | | 105.00 |
| A14 | 2.10 | 1.05 | 105.00 | | | | | 105.00 |

De A12 a:

| | | | | | | | | | | Max. |
|-----|-------|------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--|---------|
| A1 | 20.69 | 7.35 | 5.25 | 1.68 | 8.40 | 3150.00 | 157.50 | | | 3150.00 |
| A2 | 6.41 | 5.25 | 5.25 | 0.10 | 13.65 | 3.15 | 3150.00 | 157.50 | | 3150.00 |
| A3 | 10.50 | 3.57 | 11.55 | 4.20 | 3150.00 | 157.50 | | | | 3150.00 |
| A4 | 17.64 | 3.15 | 7.35 | 2.10 | 3150.00 | 157.50 | | | | 3150.00 |
| A5 | 1.05 | 1.05 | 3150.00 | | | | | | | 3150.00 |
| A6 | 0.74 | 1.05 | 1.05 | 3150.00 | | | | | | 3150.00 |
| A7 | 14.70 | 3.15 | 6.30 | 4.20 | 3150.00 | | | | | 3150.00 |
| A8 | 19.74 | 7.35 | 5.25 | 1.37 | 7.35 | 3.15 | | | | 19.74 |
| A9 | 6.19 | 5.25 | 5.25 | 0.42 | 15.75 | 2.10 | | | | 15.75 |
| A10 | 10.50 | 3.36 | 8.40 | 2.10 | | | | | | 10.50 |
| A11 | 15.23 | 3.15 | 9.45 | | | | | | | 15.23 |
| A13 | 0.95 | 2.10 | | | | | | | | 2.10 |
| A14 | 17.33 | 3.15 | 5.25 | 1.05 | | | | | | 17.33 |

De A13 a:

| | | | | | | | | | | Max. |
|-----|-------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--|--|---------|
| A1 | 24.15 | 7.35 | 5.25 | 0.74 | 8.40 | 3150.00 | 157.50 | | | 3150.00 |
| A2 | 9.87 | 5.25 | 5.25 | 13.65 | 1.05 | 3150.00 | 157.50 | | | 3150.00 |
| A3 | 10.50 | 2.63 | 11.55 | 2.10 | 3150.00 | 157.50 | | | | 3150.00 |
| A4 | 21.11 | 3.15 | 7.35 | 3150.00 | 157.50 | | | | | 3150.00 |
| A5 | 2.21 | 1.05 | 3150.00 | | | | | | | 3150.00 |
| A6 | 1.05 | 3150.00 | | | | | | | | 3150.00 |
| A7 | 18.17 | 3.15 | 6.30 | 2.10 | 3150.00 | | | | | 3150.00 |
| A8 | 23.21 | 7.35 | 5.25 | 0.42 | 7.35 | 1.05 | | | | 23.21 |
| A9 | 9.66 | 5.25 | 5.25 | 15.75 | | | | | | 15.75 |
| A10 | 0.11 | 10.50 | 2.42 | 8.40 | | | | | | 10.50 |
| A11 | 18.69 | 3.15 | 9.45 | | | | | | | 18.69 |
| A12 | 3.47 | | | | | | | | | 3.47 |
| A14 | 20.79 | 3.15 | 5.25 | | | | | | | 20.79 |

De A14 a:

| | | | | | | | | | | Max. |
|-----|-------|-------|---------|---------|-------|---------|---------|--------|--|---------|
| A1 | 3.36 | 4.20 | 5.25 | 1.05 | 2.84 | 3.15 | 3150.00 | 157.50 | | 3150.00 |
| A2 | 2.10 | 5.25 | 10.50 | 1.26 | 8.40 | 2.10 | 3150.00 | 157.50 | | 3150.00 |
| A3 | 7.35 | 21.00 | 4.73 | 6.30 | 3.15 | 3150.00 | 157.50 | | | 3150.00 |
| A4 | 0.31 | 31.50 | 0.11 | 2.10 | 1.05 | 3150.00 | 157.50 | | | 3150.00 |
| A5 | 52.50 | 5.25 | 0.84 | 3150.00 | | | | | | 3150.00 |
| A6 | 52.50 | 5.25 | 1.89 | 3150.00 | | | | | | 3150.00 |
| A7 | 1.05 | 3.15 | 3150.00 | | | | | | | 3150.00 |
| A8 | 2.41 | 4.20 | 5.25 | 10.50 | 2.52 | 2.10 | 2.10 | | | 10.50 |
| A9 | 2.10 | 5.25 | 10.50 | 1.58 | 10.50 | 1.05 | | | | 10.50 |
| A10 | 7.35 | 21.00 | 4.52 | 3.15 | 1.05 | | | | | 21.00 |
| A11 | 31.50 | 0.11 | 4.20 | | | | | | | 31.50 |
| A12 | 52.50 | 5.25 | 1.16 | | | | | | | 52.50 |
| A13 | 52.50 | 5.25 | 2.10 | 1.05 | | | | | | 52.50 |

Para obtener el rango de las escalas, se resta el límite inferior del superior de cada criterio, el rango máximo es d. Dividiendo los valores anteriores por d, es decir 3000, se tiene la matriz de discordancia:

| DE | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 | A9 | A10 | A11 | A12 | A13 | A14 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| A1 | - | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 |
| A2 | 0.00 | - | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 |
| A3 | 0.01 | 0.01 | - | 0.00 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 |
| A4 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | - | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 |
| A5 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | - | 0.00 | 0.02 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 |
| A6 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | - | 0.02 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 |
| A7 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | - | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 |
| A8 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | - | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.00 |
| A9 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.00 | - | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.00 |
| A10 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 |
| A11 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | - | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| A12 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | - | 0.00 | 0.02 |
| A13 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.00 | - | 0.02 |
| A14 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | - |

En esta matriz están marcadas aquellas cantidades menores de 0.20 y 0.25, los valores del parámetro de Discordancia, Q, que también cumplen el requisito del parámetro de Concordancia. La lectura por columnas de la matriz anterior, proporciona el número de veces que la Alternativa domina mientras que la lectura por renglones representa el número de veces que es dominada.

Efectuando el conteo se tiene la relación de sobreclasificación, resultado final de Electre:

| P | Q | Número de veces que Domina | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---|----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 | A9 | A10 | A11 | A12 | A13 | A14 |
| 1 | 0 | 1 | 2 | | 1 | | | | 1 | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 2 | | 1 | | | | 1 | | | | | | |
| 1 | 0 | 4 | 7 | 5 | 3 | 1 | 2 | | 4 | 3 | 1 | | | 1 | |
| Total | | 6 | 11 | 5 | 5 | 1 | 2 | 0 | 6 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |

| P | Q | Número de veces que es Dominada | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 | A9 | A10 | A11 | A12 | A13 | A14 |
| 1 | 0 | | | | | 1 | | | | | | | 2 | | 2 |
| 1 | 0 | | | | | 1 | | | | | | | 2 | | 2 |
| 1 | 0 | | | | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 4 | 6 | 2 | 7 |
| Total | | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 4 | 10 | 2 | 11 |

Ordenando las Alternativas según el máximo número de veces que dominan y el mínimo número de veces que son dominadas se tiene:

- 1 MTBE.Ref 1
- 2 TAME.Ref 1
- 3 TAME.Ref 2
- 4 Isomeriza.Ref 1
- 5 Alquila.Ref 1
- 6 MTBE.Ref 2
- 7 HDSRes.Ref 1
- 8 Isomeriza.Ref 2
- 9 HDSRes.Ref 2
- 10 HDSDie.Ref 1
- 11 Regener.Ref 1
- 12 Alquila.Ref 2
- 13 HDSDie.Ref 2
- 14 Regener.Ref 2

b) Aplicación de la técnica mediante el software "Electre"

Se capturan las Alternativas:

The screenshot shows the 'Alternativas' software interface. The main window displays a list of alternatives under the heading 'DESCRIPCION'. The list includes:

- TAME Ref 1
- MTBE Ref 1
- Isomeriza. Ref 1
- Aiquila. Ref 1
- HDSDie. Ref 1
- HDSRes. Ref 1
- Regener. Ref 1
- TAME Ref 2
- MTBE. Ref 2
- Isomeriza. Ref 2
- Aiquila. Ref 2
- HDSDie. Ref 2
- HDSRes. Ref 2
- Regener. Ref 2

To the right of the list is a vertical menu with buttons for 'ALTERNATIVAS', 'CRITERIOS', 'EVALUACIONES', 'RESULTADOS', and 'SALIR'. Below this menu are two buttons: 'Agregar' and 'Eliminar'.

Se capturan los Criterios:

The screenshot shows the 'Criterios' software interface. It features a table with the following columns: 'DESCRIPCION', 'PESO', and 'RANGOS DE MEDICION' (subdivided into 'Límite Inferior' and 'Límite Superior').

| DESCRIPCION | PESO | Límite Inferior | Límite Superior |
|-------------------------|------|-----------------|-----------------|
| Costo Total | 2 | 5 | 347 |
| Tiempo de Construcción | 2 | 15 | 25 |
| % Nel. de Tec | 1 | 20 | 70 |
| Condición Financiera | 3 | 5 | 15 |
| Costos de Operación | 2 | 15 | 61 |
| Reduc. CO2 | 3 | 7 | 22 |
| Reduc. Partículas | 3 | E. Cualitativa | |
| Población Beneficiada | 1 | 7000 | 10000 |
| Industrias Beneficiadas | 1 | 450 | 800 |

To the right of the table is a vertical menu with buttons for 'ALTERNATIVAS', 'CRITERIOS', 'EVALUACIONES', 'RESULTADOS', and 'SALIR'. Below this menu are two buttons: 'Agregar' and 'Eliminar'.

Se introducen las evaluaciones

| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 | A9 | A10 | A11 | A12 | A13 | A14 |
|----|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|
| C1 | 34.7 | 21.1 | 11.4 | 31.8 | 13.8 | 11.2 | 29 | 33.8 | 20.9 | 11.8 | 29.5 | 15 | 11.7 | 31.5 |
| C2 | 22 | 20 | 25 | 18 | 15 | 15 | 18 | 22 | 20 | 25 | 18 | 15 | 15 | 18 |
| C3 | 25 | 25 | 40 | 50 | 70 | 70 | 20 | 25 | 25 | 40 | 50 | 70 | 70 | 20 |
| C4 | 15 | 15 | 5 | 5 | 10 | 10 | 5 | 15 | 15 | 5 | 5 | 10 | 10 | 5 |
| C5 | 43 | 28 | 61 | 17 | 2.4 | 3.4 | 1.5 | 4 | 3.1 | 5.9 | 1.7 | 2.7 | 3.9 | 1.6 |
| C6 | 15 | 20 | 18 | 14 | 8 | 8 | 13 | 14 | 22 | 15 | 16 | 7 | 7 | 12 |
| C7 | Malo | Bien | Excel | Neutr | Pasab | Pasab | Excel | Bien | Neutr | Neutr | Malo | Malo | Neutr | Pasab |
| C8 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 7000 | 7000 | 7000 | 7000 | 7000 | 7000 | 7000 |
| C9 | 800 | 800 | 800 | 800 | 450 | 450 | 450 | 550 | 550 | 550 | 550 | 650 | 650 | 650 |

AYUDA Descripción Criterio Descripción Alternativa Poder de Negociación Salir

Se capturan los parámetros y se obtiene la jerarquización final:

ELECTRE

| Valores | | Número de veces que | | JERARQUIZACIÓN | |
|---------|------|---------------------|-------------|----------------|-----------------|
| P | Q | Domina | Es Dominada | Núm. | Descripción |
| 0.6 | 0.2 | A(1) = 5 | A(1) = 0 | A(2) | MTBE Ref 1 |
| 0.9 | 0.25 | A(2) = 1 | A(2) = 0 | A(1) | TAME Ref 1 |
| 0.8 | 0.25 | A(3) = 5 | A(3) = 0 | A(8) | TAME Ref 2 |
| | | A(4) = 5 | A(4) = 2 | A(3) | Isomeriza Ref 1 |
| | | A(5) = 1 | A(5) = 4 | A(4) | Alquila Ref 1 |
| | | A(6) = 2 | A(6) = 2 | A(9) | MTBE Ref 2 |
| | | A(7) = 0 | A(7) = 2 | A(6) | HDSRes Ref 1 |
| | | A(8) = 6 | A(8) = 1 | A(10) | Isomeriza Ref 2 |

SALIR

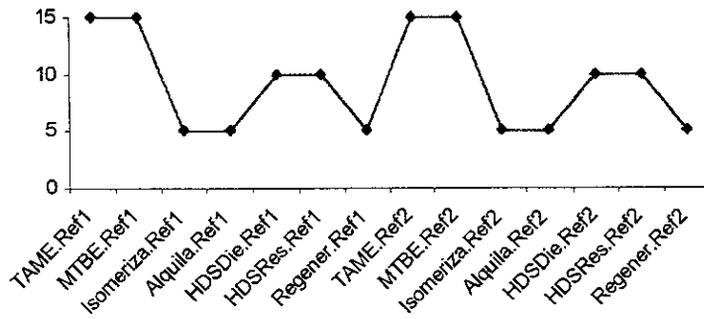
Ahora, si consideramos que el Poder de Negociación es diferente, según lo muestra el cuadro No. 2, al aplicar la técnica sin el software "Electre", se tienen que repetir todas las operaciones multiplicando por el Factor de Negociación correspondiente, mientras que, si utilizamos el software, basta con entrar a la opción "Evaluaciones" del menú principal y con un click modificar el valor correspondiente, se vuelven a introducir los parámetros y se obtiene la nueva clasificación

4.4 Análisis de resultados

Cuando el Poder de Negociación es Mucho para todos los casos, se obtiene la siguiente jerarquización:

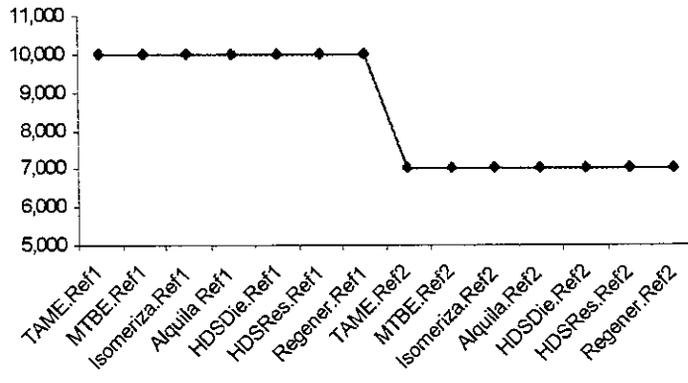
- 1 MTBE.Ref1
- 2 TAME.Ref1
- 3 TAME.Ref2
- 4 Isomeriza.Ref1
- 5 Alquila.Ref1
- 6 MTBE.Ref2
- 7 HDSRes.Ref1
- 8 Isomeriza.Ref2
- 9 HDSRes.Ref2
- 10 HDSDie.Ref1
- 11 Regener.Ref1
- 12 Alquila.Ref2
- 13 HDSDie.Ref2
- 14 Regener.Ref2

Si Pemex no tuviera restricciones en materia política, definitivamente se le daría mayor importancia a la Refinería uno que a la dos, esto depende como ya se dijo tanto de la situación interna de la misma como de su entorno, también es claro que tiene prioridad la inversión en la reducción del octanaje de las gasolinas sobre la reducción del azufre en el diesel o el combustóleo al preferir MTBE y TAME al resto de las opciones, presentándose esta situación en ambas Refinerías, motivado principalmente por las Condiciones de financiamiento, además de la población y las industrias beneficiadas, como se observa en las gráficas siguientes:

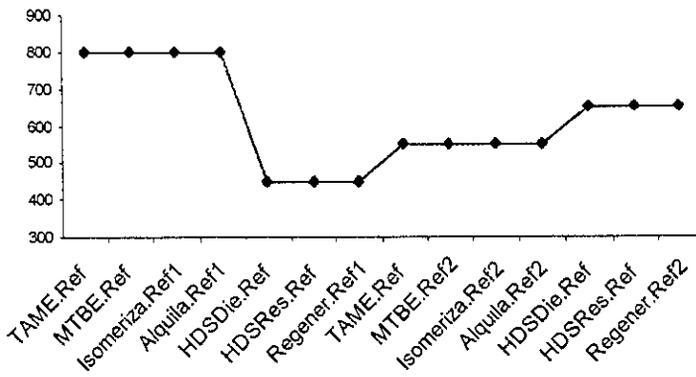


A = 15 = Excelente
 B = 10 = Buena
 C = 5 = Regular

Condiciones de financiamiento



Población Beneficiada



Industria beneficiada

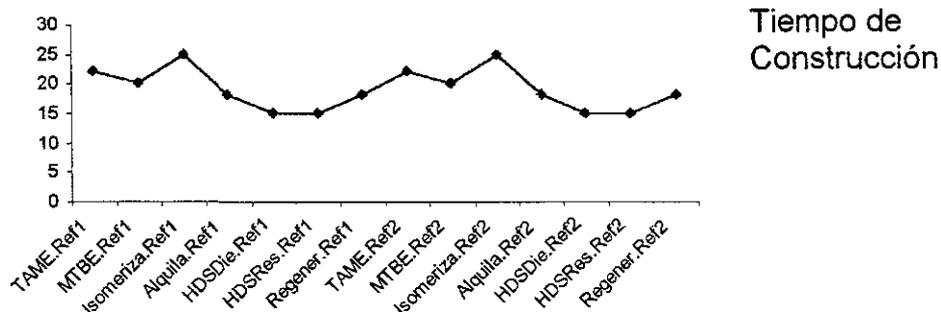
Si consideramos el valor del Poder de Negociación de acuerdo al cuadro No. 2, el resultado es el siguiente:

- 1 Alquila.Ref1
- 2 TAME.Ref1
- 3 TAME.Ref2
- 4 MTBE.Ref1
- 5 MTBE.Ref2
- 6 Isomeriza.Ref1
- 7 HDSRes.Ref1
- 8 HDSRes.Ref2
- 9 Isomeriza.Ref2
- 10 HDSDie.Ref1
- 11 Regener.Ref1
- 12 Alquila.Ref2
- 13 HDSDie.Ref2
- 14 Regener.Ref2

En este caso, la prioridad de inversión en la Refinería uno no es tan marcada, sin embargo, se elige otro proyecto como primer inversión, la planta de alquilación se modernizaría primero, cabe mencionar que este proceso vuelve más eficiente la combustión de la gasolina y más pura la emisión para el ambiente.

Aunque esta opción representa el segundo menor tiempo de construcción, las condiciones de financiamiento son apenas regulares, en cuanto a la reducción de CO₂, se encuentra apenas 5 décimas arriba del promedio y la reducción de partículas es indiferente, sin embargo es más factible que el gerente acepte invertir primero en ésta que en el resto de alternativas, aspecto que resalta la importancia de considerar el Poder de Negociación.

El resto de los elementos presenta cambio hasta la Alternativa HDSDie.Ref1, a partir de la cual se mantiene casi el mismo orden, en estas alternativas, no es representativa la cuestión política para la toma de decisión, mientras que para las primeras 9 inversiones, sí resulta significativa.



5 Conclusiones

Electre permite comparar dos soluciones a la vez, jerarquizando el conjunto de Alternativas y considerando los factores objetivos y subjetivos del problema, a pesar de que las escalas de evaluación de los criterios no sean comparables entre sí, mostrando así las bondades de la técnica en si misma.

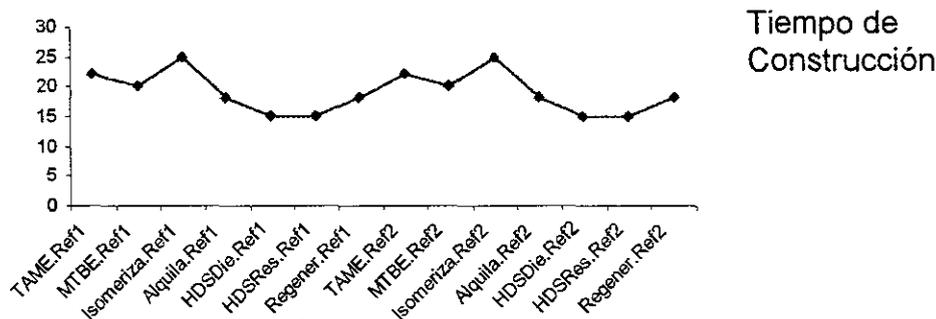
Al utilizar la técnica sin ayuda del software, se tiene que resolver un gran número de ecuaciones, que aunque fáciles de manera aislada, en conjunto además de demandar mucho tiempo, resulta muy fácil cometer errores aun con la ayuda de paquetes como Excel.

Con el uso del software "Electre", la jerarquización de alternativas se convierte un ejercicio sencillo, rápido y eficaz, además, el hecho de tener guardada la información en la computadora, permite realizar fácilmente cambios en el planteamiento del problema de toma de decisiones.

A lo largo de este trabajo, se han presentado algunos temas que, a pesar de su importancia, rebasaron los alcances del mismo; tal es el caso de las técnicas de toma de decisiones en cada proceso de solución, la comparación entre ellas, así como técnicas para la generación de alternativas y asignación de pesos específicos, por lo que se recomienda para mejoras futuras, un desarrollo de los mismos.

6 Bibliografía

1. Técnicas para el Análisis de Sistemas. Parte I
Sánchez Guerrero Gabriel
Cuadernos de Planeación y sistemas, 1993
2. El Método Electra



5 Conclusiones

Electre permite comparar dos soluciones a la vez, jerarquizando el conjunto de Alternativas y considerando los factores objetivos y subjetivos del problema, a pesar de que las escalas de evaluación de los criterios no sean comparables entre sí, mostrando así las bondades de la técnica en si misma.

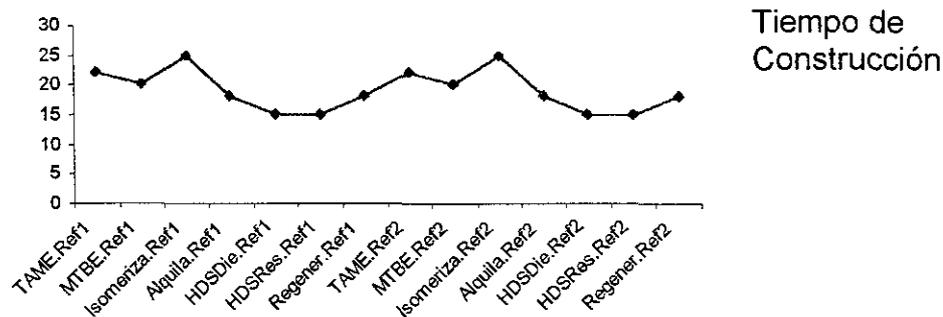
Al utilizar la técnica sin ayuda del software, se tiene que resolver un gran número de ecuaciones, que aunque fáciles de manera aislada, en conjunto además de demandar mucho tiempo, resulta muy fácil cometer errores aun con la ayuda de paquetes como Excel.

Con el uso del software "Electre", la jerarquización de alternativas se convierte un ejercicio sencillo, rápido y eficaz, además, el hecho de tener guardada la información en la computadora, permite realizar fácilmente cambios en el planteamiento del problema de toma de decisiones.

A lo largo de este trabajo, se han presentado algunos temas que, a pesar de su importancia, rebasaron los alcances del mismo; tal es el caso de las técnicas de toma de decisiones en cada proceso de solución, la comparación entre ellas, así como técnicas para la generación de alternativas y asignación de pesos específicos, por lo que se recomienda para mejoras futuras, un desarrollo de los mismos.

6 Bibliografía

1. Técnicas para el Análisis de Sistemas. Parte I
Sánchez Guerrero Gabriel
Cuadernos de Planeación y sistemas, 1993
2. El Método Electra



5 Conclusiones

Electre permite comparar dos soluciones a la vez, jerarquizando el conjunto de Alternativas y considerando los factores objetivos y subjetivos del problema, a pesar de que las escalas de evaluación de los criterios no sean comparables entre sí, mostrando así las bondades de la técnica en si misma.

Al utilizar la técnica sin ayuda del software, se tiene que resolver un gran número de ecuaciones, que aunque fáciles de manera aislada, en conjunto además de demandar mucho tiempo, resulta muy fácil cometer errores aun con la ayuda de paquetes como Excel.

Con el uso del software "Electre", la jerarquización de alternativas se convierte un ejercicio sencillo, rápido y eficaz, además, el hecho de tener guardada la información en la computadora, permite realizar fácilmente cambios en el planteamiento del problema de toma de decisiones.

A lo largo de este trabajo, se han presentado algunos temas que, a pesar de su importancia, rebasaron los alcances del mismo; tal es el caso de las técnicas de toma de decisiones en cada proceso de solución, la comparación entre ellas, así como técnicas para la generación de alternativas y asignación de pesos específicos, por lo que se recomienda para mejoras futuras, un desarrollo de los mismos.

6 Bibliografía

1. Técnicas para el Análisis de Sistemas. Parte I
Sánchez Guerrero Gabriel
Cuadernos de Planeación y sistemas, 1993
2. El Método Electra

Mendoza A.
DEPFI. UNAM, 1986

3. Decision Methodology, A Formalization of the O R Process
D. J. White
John Wiley & Sons, 1975
4. Strategy Software: Exploring Its Potential
Mahen Tampoe and Bernard Taylor
Long Range Planning. Vol. 29 No. 2 pp. 239 to 245, 1996
5. Enciclopedia de Microsoft Visual Basic 4
Ceballos Fco. Javier
Compu-tec, Editorial Ra-ma, 1996
6. Visual Basic 4.0 for Windows 95
Norton's Peter
Ed. Sams Premier, 1995
7. Programa de Modernización de la Infraestructura Petrolera.
Proyectos de Inversión 1995 - 2000

| PLANTA | Costo Total | Tiempo Const. | % Nat. tecnología | Condición Financiera | Costos operación | Reducc. CO2 | Reducc. Partícula | Poblac. Benef. | Industr. Benefic |
|----------------|-------------|---------------|-------------------|----------------------|------------------|-------------|-------------------|----------------|------------------|
| TAME.Ref1 | 34.7 | 22 | 25 | A | 4.3 | 15 | E | 10,000 | 800 |
| MTBE.Ref1 | 21.1 | 20 | 25 | A | 2.8 | 20 | B | 10,000 | 800 |
| Isomeriza.Ref1 | 11.4 | 25 | 40 | C | 6.1 | 18 | A | 10,000 | 800 |
| Alquila.Ref1 | 31.8 | 18 | 50 | C | 1.7 | 14 | C | 10,000 | 800 |
| HDSDie.Ref1 | 13.8 | 15 | 70 | B | 2.4 | 8 | D | 10,000 | 450 |
| HDSRes.Ref1 | 11.2 | 15 | 70 | B | 3.4 | 8 | D | 10,000 | 450 |
| Regener.Ref1 | 29.0 | 18 | 20 | C | 1.5 | 13 | A | 10,000 | 450 |
| TAME.Ref2 | 33.8 | 22 | 25 | A | 4.0 | 14 | B | 7,000 | 550 |
| MTBE.Ref2 | 20.9 | 20 | 25 | A | 3.1 | 22 | C | 7,000 | 550 |
| Isomeriza.Ref2 | 11.8 | 25 | 40 | C | 5.9 | 15 | C | 7,000 | 550 |
| Alquila.Ref2 | 29.5 | 18 | 50 | C | 1.7 | 16 | E | 7,000 | 550 |
| HDSDie.Ref2 | 15.0 | 15 | 70 | B | 2.7 | 7 | E | 7,000 | 650 |
| HDSRes.Ref2 | 11.7 | 15 | 70 | B | 3.6 | 7 | C | 7,000 | 650 |
| Regener.Ref2 | 31.5 | 18 | 20 | C | 1.6 | 12 | D | 7,000 | 650 |

Cuadro No. 1

| PLANTA | Costo Total | Tiempo Const. | % Nac. tecnología | Condición Financiera | Costos operación | Reduc. CO2 | Reduc. Partícula | Poblac. Benef. | Industr. Benefic |
|----------------|-------------|---------------|-------------------|----------------------|------------------|------------|------------------|----------------|------------------|
| TAME.Ref1 | M | M | M | R | R | R | M | M | M |
| MTBE.Ref1 | P | R | R | P | R | P | R | M | M |
| Isomeriza.Ref1 | P | P | M | R | M | P | P | M | M |
| Alquila.Ref1 | M | M | P | M | M | M | M | M | M |
| HDSDie.Ref1 | M | M | M | P | M | R | M | M | M |
| HDSRes.Ref1 | P | R | P | P | R | M | R | M | M |
| Regener.Ref1 | M | M | M | M | M | M | M | M | M |
| TAME.Ref2 | P | R | R | M | M | P | P | M | M |
| MTBE.Ref2 | P | R | M | M | R | M | M | M | M |
| Isomeriza.Ref2 | P | R | R | R | M | M | M | M | M |
| Alquila.Ref2 | P | R | R | R | M | R | M | M | M |
| HDSDie.Ref2 | P | M | P | R | P | M | P | M | M |
| HDSRes.Ref2 | P | R | P | M | M | P | M | M | M |
| Regener.Ref2 | P | R | P | R | M | P | M | M | M |

Cuadro No. 2

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA