

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
DEPARTAMENT DE PROJECTES D'ENGINYERIA

TESIS DOCTORAL

Contribución a la Representación y Generación
de Planes con Incertidumbre.

Enrique Paniagua Arís
Barcelona, Enero de 1998

Capítulo 5

Cualificación Priorizada y Evolución del Contexto

Uno de los principales problemas con los que se ha encontrado la planificación en el ámbito de la inteligencia artificial es el problema de la cualificación, formulado por McCarthy en 1977 (McCarthy, 1977), consistente en la dificultad de definir el inmenso número de precondiciones para cada acción.

El *problema de la cualificación* puede ser debido a: 1º) la ontología no es adecuada para expresar todas las posibles cualificaciones de una acción; 2º) es imposible apuntar todas las cualificaciones de una acción aunque la ontología sea adecuada; y finalmente, 3º) es computacionalmente intratable chequear todas las cualificaciones para cada acción considerada (Ginsberg & Smith, 1988b).

Junto al *problema de la cualificación* nos encontramos con el *problema del marco*, también reconocido por McCarthy, junto a Hayes en 1969 (McCarthy, 1969), consistente en la dificultad de indicar e inferir que cosas no cambian cuando una acción es realizada y el tiempo transcurre. Consecuencia de este problema es el *problema de la ramificación*, mencionado por Finger en 1987 (Finger, 1987), que se basa en la dificultad en registrar todas las consecuencias de una acción.

El *problema del marco* es debido principalmente a una limitación de la ontología a nivel epistemológico, y el del *problema de la ramificación* es consecuencia de éste.

Los tres problemas expuestos generan la necesidad de poder determinar la viabilidad de un plan, entendiendo por viabilidad una probabilidad o grado de certidumbre. El problema de determinar dicha viabilidad fusiona el ámbito de la teoría de la decisión con el de la planificación en inteligencia artificial; formando lo que se puede denominar el *problema de la planificación con incertidumbre*.

El objetivo del presente capítulo es aumentar el modelo desarrollado en los dos capítulos anteriores, con el fin de poder calcular la viabilidad de los planes desarrollados en la fase de *Generación de planes alternativos abstractos*, en la fase denominada *Viabilidad de los planes*. Para ello, desarrollaremos un modelo basado en el tratamiento de todo el sistema de planificación (agentes y contexto) como un sistema cerrado que evoluciona de forma dinámica en el tiempo y que consume su energía para reducir la entropía del sistema.

Al igual que hemos hecho en los dos capítulos anteriores, definimos un conjunto de características que consideramos necesarias para los objetivos del presente capítulo.

Planes detallados. Cada tarea definida en la fase de *Generación de planes alternativos abstractos* es descompuesta en un conjunto de acciones detalladas mediante un plan totalmente ordenado.

Conocimiento sobre acciones. Cada acción tiene en cuenta una serie de precondiciones y amenazas inevitables que se deben cumplir, y negar respectivamente, para poder aplicarse a una situación. Por otro lado, deben cumplirse unas condiciones de ejecución, intentando evitar unas amenazas de ejecución.

Situaciones posibles. El conjunto de efectos de cada acción se definen como situaciones posibles; éstas pueden tener hechos deterministas, disyuntivos (efectos de una misma acción con distintas posibilidades), o laterales (efectos que se producen inevitablemente e independientemente de las condiciones de ejecución), que pueden llegar a negar la situación objetivo que se está buscando (letales).

Tendencia en un conjunto de SP. De todas las situaciones posibles generadas por una acción, la situación con mayor posibilidad de suceder es la que dispone de un grado de la entropía de sus hechos mayor.

Diversidad de estrategias de decisión. El grupo de agentes puede disponer de tres tipos de estrategias de decisión en el desarrollo del plan detallado: conservadora, moderada y arriesgada.

5.1 Introducción

Para ampliar el modelo de un grupo de agentes de los capítulos 3 y 4, debemos analizar el conocimiento específico de la causalidad en las acciones.

El primer paso es analizar los elementos que se han de tener en cuenta para definir la causalidad entre las acciones y las situaciones sobre las que éstas se aplican.

El siguiente paso es el desarrollo del modelo de planificación detallada, éste modelo ha de tener en cuenta que el espacio de búsqueda será el de planes totales. En dicho modelo debe estar integrada la forma de evaluar que situación de todas las generadas por una acción será la que sucederá con mayor posibilidad.

El tercer paso es la integración del proceso de planificación de los planes alternativos detallados con las estrategia de decisión de los agentes que realizan las acciones.

Los antecedentes de cada uno de estos temas los vamos a analizar en el siguiente apartado. Los conceptos relacionados con las acciones y las situaciones son los de los Mundos Posibles y la Causalidad; el concepto de situación tendente está relacionado con la teoría de la Entropía y los Modelos Estocásticos; y los conceptos relacionados con la planificación se ubican en lo que se denomina Planificación con Ordenación Total.

5.2 Antecedentes

En la Tabla 5.1 mostramos la analogía de la nomenclatura del EML con la de la PDC. Los conceptos que vamos a tratar en el presente capítulo son los indicados por ●●●.

EML	PDC
Problema Existente	Problema Existente/Estado Negativo
Problema Especifico	Problema Especifico
Causa Directa	Causa Directa
	Causa Indirecta
Efecto Directo	Efecto Directo
	Efecto Indirecto
Grupo Actores	●●● Grupo Agentes
Actor	●●● Agente
	●●● Situacion
	●●● Hecho
	Regla
	Axioma Deductivo
	Teoria
	Interpretacion
	Creencia Explicita
	Motivacion
Beneficiario Directo	Beneficiario Directo
Beneficiario Indirecto	Beneficiario Indirecto
Excluido	Excluido
	Conocimiento Comun
	Conocimiento Distribuido
	Conocimiento Compartido
Objetivo Especifico	Objetivo Especifico/Estado Positivo
Estrategia/Solucion	●●● Plan/Solucion
	●●● Tarea
Actividad	●●● Accion
	Estrategia Social
Acuerdo	Acuerdo
	Compromiso
	Convenio
Factor Externo	●●● Precondicion
	●●● Amenaza Posible
Factor Letal	●●● Amenaza Inevitable
	●●● Condicion de Ejecucion
	●●● Amenaza de Ejecucion Posible
	●●● Amenaza de Ejecucion Inevitable
Resultado	●●● Efecto Necesario
	●●● Efecto Disyuntivo
	●●● Efecto Letal
	●●● Situacion Posible
	●●● Entropia
	●●● Contexto
	●●● Tendencia Contexto

Tabla 5.1: Conceptos del EML y PDC en el análisis (III).

5.2.1 Situaciones y Acciones

Para entender con mayor claridad los antecedentes en el tratamiento de la cualificación, y en el cálculo de la tendencia en un contexto, necesitamos previamente realizar un breve recorrido por los conceptos principales que se manejan en dichas propuestas.

Los principales antecedentes los encontramos en los modelos del Cálculo de Situaciones y el sistema STRIPS. En estas propuestas (Subapartado 4.2.4) se ha hablado del concepto de estado, situación, cambio, etc; formando lo que se ha denominado Lógicas temporales basadas en el cambio (Shoham, 1987). En el presente subapartado comienza un esfuerzo en la investigación de la inteligencia artificial para definir un nuevo tipo de lógicas denominadas Lógicas basadas en el tiempo. La primera iniciativa fué la de McDermott (McDermott, 1986).

La lógica temporal de McDermott dispone de una ontología en la que la noción básica es la de *estado*, como en el Cálculo de situaciones; y la primitiva temporal utilizada es el *instante*. Los estados están ordenados parcialmente indicando la bifurcación del futuro, mientras que el pasado es lineal. Otra entidad importante es la *crónica*, que es, de forma intuitiva, un posible camino que puede tomar la historia. Los *hechos* y *eventos* son las últimas entidades definidas; un *hecho* es aquello que puede ser cierto o falso en un determinado estado (similar a la idea de fluente proposicional) (McCarthy, 1969), y un *evento* describe el concepto de algo que está ocurriendo.

La lógica es una lógica de primer orden objetivada, derivada de (Moore, 1980); las ocurrencias temporales más importantes son:

$$\begin{aligned} &T(\textit{hecho}, \textit{estado}) \\ &TT(\textit{hecho}, \textit{estado1}, \textit{estado2}) \\ &OCC(\textit{evento}, \textit{estado1}, \textit{estado2}) \end{aligned}$$

McDermott estaba interesado principalmente en la planificación, sobre la que desarrollo los conceptos de causalidad, cambio, acción y plan.

El concepto de causalidad lo basa simplemente en la relación transitiva de orden temporal; a partir de dicha relación genera los predicados:

$$\begin{aligned} &e\textit{causa}(\textit{evento1}, \textit{evento2}) \\ &p\textit{causa}(\textit{evento}, \textit{hecho}) \end{aligned}$$

El concepto de cambio es de tipo contínuo, y no discreto, utilizando el ya utilizado fluente; una acción es vista como una ejecución¹⁷ (por parte de un agente) que genera un evento; y finalmente, un plan es una secuencia de acciones [similar al Cálculo de situaciones (McCarthy, 1969)], sin embargo la estrategia consiste en la elección de cada acción dentro de la ramificación hacia el futuro. El *problema del marco* lo resuelve a partir de la noción de persistencia en los hechos, es decir, durante un intervalo determinado un hecho continúa siendo cierto hasta que conocemos que cesa.

¹⁷ McDermott y Hanks lo redefinen como un intento y disparador en 1993.

Por otro lado tenemos la *Teoría de la acción y el tiempo* de Allen (Allen, 1984; Allen, 1994) está dirigida a proveer una lógica temporal para tratar el concepto de acción en la planificación (también en el entendimiento del lenguaje natural).

La lógica temporal de Allen es una lógica tipeada y objetivada de primer orden para describir cuando una relación (predicado) es cierta en un determinado tiempo. Los predicados utilizados son:

Permanece(hecho, intervalo)

Ocurre(evento, intervalo)

Ocurriendo(evento, intervalo)

Allen toma el intervalo como primitiva temporal, excluyendo por completo el concepto de instante (debido a la no homogeneidad de un predicado a lo largo del tiempo); creando un *álgebra del intervalo*. A partir de dicha álgebra define el concepto de propiedad, que es un aspecto estático que puede presentarse o no a lo largo del tiempo (la característica de homogeneidad a lo largo del tiempo es lo que hace diferencia entre propiedad y evento); posteriormente define el concepto de ocurrencia, con dos subclases: el concepto de evento, que es utilizado para plasmar una actividad con un resultado inmediato; y finalmente, el concepto de proceso, que define una actividad entre eventos, que puede ser o no homogéneo.

Los conceptos de causalidad, acción y plan son estudiados cuidadosamente por el autor. La causalidad está definida a partir de la relación que se establece entre dos eventos (similar a McDermott) mediante el predicado:

ecausa(evento1, t1, evento2, t2)

que es una relación antireflexiva, antisimétrica y transitiva. El concepto de acción se describe mediante la relación de un evento generando un proceso (también similar a McDermott) por un agente. Se utiliza el predicado:

acausa(agente, ocurrencia)

que es verdadero cuando un agente causa una ocurrencia de tipo evento o proceso.

Allen toma de Goldman (Goldman, 1970) las relaciones entre acciones como generación, es decir, el tipo de relación que se establece entre acciones cuando una genera a la otra (leyes causales, reglas convencionales, definicional). Dicha relación se plasma mediante el predicado:

genera(evento, proceso, tiempo)

Finalmente, el concepto de plan lo basa en los trabajos sobre creencias de Haas (Haas 1982); Allen propone la noción de compromiso de un agente en la elección de realizar o no una serie de acciones a lo largo del tiempo, para que el mundo planeado esté acorde con el mundo deseado y el mundo esperado.

Allen critica el enfoque del Cálculo de Situaciones y STRIPS declarando que son sistemas creados a partir de una lógica temporal basada en el instante. Respecto al Cálculo de Situaciones, la deficiencia se basa en que la teoría general es más rica que el cálculo de situaciones de tipo constructivo para generar planes, que es pobre debido a la lógica temporal que utiliza. También realiza una crítica de los sistemas de planificación no-lineal (NON-LIN), argumentando que la no linealidad es una propiedad del método de búsqueda en la construcción del plan, y no de la representación del mundo.

Lo que más nos interesa de Allen es el enfoque de los tres tipos de mundos que se relacionan en un sistema de planificación (mundo deseado, mundo esperado, mundo planeado) por los siguientes motivos: 1) nos permite definir eventos que son independientes de las acciones del agente, y de esta manera el mundo esperado es de tipo no estático; 2) nos permite definir expectativas del agente (creencias) sobre el futuro; y 3) define un plan como el compromiso entre dichos deseos y el mundo real (en el Subapartado 4.3.1 ya hemos tratado el tema de Objetivo Persistente y Compromiso de un agente/grupo de agentes para realizar una acción/plan).

5.2.2 Mundos Posibles

El modelo de Planificación con Mundos Posibles (Situaciones posibles) se basa en definir los resultados de una acción como el mundo posible más cercano al actual, en el cual se presentan las consecuencias de la acción. La manera de encontrar el mundo más cercano es realizar pruebas de la negación de las consecuencias de la acción y borrar la premisa de cada prueba en el mundo actual (Ginsberg y Smith 1988a).

El enfoque de los Mundos Posibles (Ginsberg, 1986; Ginsberg & Smith, 1988a; Ginsberg & Smith, 1988b) es muy similar al de la Lógica por defecto, sin embargo, el método de los Mundos Posibles es más efectivo a nivel computacional. También es similar al del sistema STRIPS, en el sentido de que ambos modelos describen los efectos de una acción como una actualización de un modelo simple del mundo; en cambio, los Mundos Posibles utilizan el concepto de restricción de dominio¹⁸ en vez de los axiomas de marco. Cada restricción de dominio viene representada por:

$$\lambda \wedge consecuencia(accion) \rightarrow \neg hecho$$

siendo

$$\lambda = \neg\pi_+ \wedge \pi_-$$

En la Planificación con Mundos Posibles la descripción del dominio se realiza mediante *mundos parciales*; un mundo parcial S describe la situación actual, mientras que el conjunto de consecuencias que se generan tras la ejecución de una acción se denomina C. El mundo parcial resultante W no será simplemente $S \cup C$, ya que podría ser inconsistente con S. La consistencia

¹⁸ La restricción de dominio se basa en unir las condiciones de la negación de la persistencia positiva (lo que hace que permanezca el hecho después de aplicar la acción) y negativa (lo que hace que la negación de un hecho siga negado después de aplicar la acción) junto a los efectos de la acción para que no se cumpla un hecho determinado en el estado resultante de la acción.

se controla mediante las restricciones de dominio.

La definición formal es:

$C \subseteq W$. W contiene las fbfs en C que son explícitamente añadidas en la construcción del nuevo mundo parcial (mundo posible).

$P \cap S \subseteq W$. Cualquier fbfs protegida P (mediante las restricciones de dominio) se conserva cuando el nuevo mundo parcial es creado.

W es consistente.

W es máximo sujeto a estas restricciones.

El conjunto de mundos posibles para C en S se representa mediante:

$$W(C, S)$$

Mediante las definiciones anteriores, cada mundo posible W de C en S es de la forma:

$$W_i = S \cup C - S_i$$

$$S_i = \{s_i, \dots, s_n\} \quad \text{siendo } s_i \text{ cada fbfs de la prueba } \pi_i \text{ de } \neg p \text{ para } p \in C.$$

Para representar el resultado de una acción en S se utiliza: $r(a, S)$ que es la intersección de todos los mundos posibles de las consecuencias de la acción aplicada. Esta estrategia conservativa se utiliza para asegurar que el resultado es válido en todos los posibles mundos generados.

En el caso de una secuencia de acciones tenemos:

$$S_i = \begin{cases} S, & \text{si } i = 0 \\ r(a_i, S_{i-1}), & \text{si } 0 < i \leq n \end{cases}$$

Respecto al *problema de la cualificación*, la Planificación con Mundos Posibles propone el problema de la siguiente manera:

“Dado que los resultados de una acción pueden incluir consecuencias inferidas arbitrariamente además de los resultados indicados explícitamente, necesitamos distinguir las cualificaciones de la acción de las posibles ramificaciones de ésta.”

La aproximación que se realiza es la de establecer subconjuntos de restricciones de dominio que puedan bloquear una acción $Q(a)$, generar los mundos posibles consecuencia teniendo en cuenta las restricciones de dominio averiguando si se ha violado alguna restricción. A partir de esta aproximación se redefine el concepto de conjunto de mundos posibles como:

$$W = \{w \in W(C(a), S - Q(a)) \mid w \cup Q(a) \text{ es consistente}\}$$

De esta manera todos los mundos posibles generados que no violan las restricciones de dominio pertenecen a la ramificación de la acción, mientras que el resto corresponde a la cualificación de ésta.

El enfoque de la Planificación con Mundos Posibles para resolver el *problema de la cualificación* se basa en una aproximación parcial; otros modelos como el Cálculo de Situaciones, basados en la aproximación exhaustiva, son deficientes a nivel computacional.

5.2.3 Adecuación de Teorías

En el subapartado anterior se presentó el enfoque de los Mundos Posibles para resolver dos problemas relacionados con el *problema de la cualificación* :

- *Es imposible explicitar todas las cualificaciones de una acción, aunque la ontología sea la adecuada.*
- *Es intratable computacionalmente chequear todas las cualificaciones.*

En el presente subapartado Giunchiglia (Bouquet & Giunchiglia, 1994) ofrece un modelo para resolver el primer problema relacionado con el *problema de la cualificación* :

- *La ontología puede no ser la adecuada para expresar todas las cualificaciones de una acción.*¹⁹

La solución se basa en realizar la conjetura de que una teoría determinada está lo suficientemente detallada para resolver un problema, revisándola en el caso de que no pueda resolverlo.

El modelo para resolver el problema de la cualificación parte de los mismos trabajos tratados en el Capítulo 3 de la presente memoria y de las teorías sobre Sistemas de MultiContextos²⁰ (MC) y las teorías sobre formalización del Contexto de McCarthy (McCarthy, 1993; McCarthy, 1994).

Formalmente, un contexto (Giunchiglia, 1992b) *c* resuelve un problema cuando un objetivo *g* del problema (hecho relevante para el problema) es resuelto en el contexto *c* :

$$\text{Resuelve}(\text{contexto}, \text{problema}) \equiv \\ \text{IAC}(\text{contexto}, \text{problema}) \wedge \text{ist}(\text{contexto}, \text{objetivo}(\text{problema}))$$

Para poder enlazar el problema con el contexto, y especializar el espacio de búsqueda de las cualificaciones se utiliza:

$$\text{En}(\text{simbolo}, \text{problema}) \wedge \text{EsAcerca}(\text{simbolo}, \text{contexto}) \supset \\ \text{RelContexto}(\text{contexto}, \text{problema})$$

¹⁹ Ginsberg 1988.

²⁰ Giunchiglia 1993.

formulando el problema mediante un conjunto de asunciones y objetivos.

En el caso de que el contexto no pueda resolver el problema se efectúa la fase de revisión, consistente en reformular el problema con una asunción nueva que no pertenezca a la formulación inicial, y que la nueva formulación disponga de todas las asunciones antiguas.

Lo que nos interesa del trabajo de Giunchiglia es la modularización del conocimiento requerido para el análisis de las cualificaciones; sin embargo, existe una cierta limitación en establecer el tipo de especialización por niveles de especificación/abstracción del modelo de conocimiento que resuelva el problema, ya que, la preferencia por un modelo u otro se podría establecer a través del nivel de riesgo que ofrece cada cualificación.

5.2.4 Modelos Estocásticos en Planificación con Incertidumbre

Uno de los últimos intentos para resolver el problema de la incertidumbre en planificación, en los aspectos de: 1) conocimiento incompleto del dominio del problema; 2) el entorno no puede ser dominado completamente por las acciones del agente; y 3) las acciones pueden tener resultados no deterministas; es el trabajo de Thiébaux (Thiébaux et al., 1993) sobre modelos estocásticos de acciones y planes, basado en el trabajo de Nilsson sobre "lógica probabilística" (Nilsson, 1986).

Thiébaux utiliza el concepto de los mundos posibles de Nilsson, redefinidos como modelos posibles. En el enfoque de los modelos posibles se utiliza como conocimiento: 1) un conocimiento de base²¹; y 2) un conocimiento probabilístico. Cada estado del mundo es un posible modelo.

Se puede averiguar cual la probabilidad de certeza de una sentencia mediante el sumatorio de las probabilidades de sus modelos posibles. A partir de dicha información, nuestra creencia en que un modelo determinado M describa un estado s es la probabilidad condicional de M dado s ²².

Thiébaux intenta resolver los *problemas del marco y la ramificación* mediante la utilización de resultados alternativos a la ejecución de una acción en contextos distintos²³; la forma general de una acción es:

$$\begin{aligned} \text{accion} = & \\ & [pre_1 | (Post_1^1, \pi_1^1), \dots, (Post_1^{l(1)}, \pi_1^{l(1)})]; \\ & \dots \\ & pre_m | [(Post_m^1, \pi_m^1), \dots, (Post_m^{l(m)}, \pi_m^{l(m)})] \end{aligned}$$

Como el conjunto de los posibles modelos resultantes con la postcondición Post sobre el modelo M , denominado Post-conforme, tenemos:

²¹ Similar al concepto de "restricción de dominio" de Ginsberg y Smith.

²² Lo que utiliza es distribución de probabilidad del estado mediante el espacio de modelos, según el concepto Bayesiano de probabilidad condicional.

²³ Esta idea une el concepto de "planificación condicional", con la de "efectos disyuntivos" definidos por distribución de probabilidades.

$$C_k(Post, M)$$

De esta manera, los posibles modelos resultantes de la aplicación de una acción sobre un estado, son aquellos que pertenezcan al conjunto Post-conforme, y cuyas precondiciones (contextos) sean sólidas con respecto al conocimiento base y el modelo sobre el que se aplica la acción. Entonces la distribución de probabilidad de aplicar la acción sobre el estado es:

$$P_{(a,s)}(M') = \sum_{M \in Poss_{K(s)}} P_a(M', M) P_s(M)$$

con la probabilidad de que la acción cambie el mundo del modelo posible M al modelo posible M' como:

$$P_a(M', M) = \sum_{j=1}^{l(i)} P(M' | C_K(Post_i^j, M)) \pi_i^j$$

Lo que nos interesa del enfoque de Thiébaux es la forma de utilizar la teoría de Nilsson sobre mundos posibles para establecer la distribución de probabilidad de los modelos posibles y de los resultados de una acción. No entramos en los conceptos que utiliza de la teoría de la decisión para calcular la utilidad de un plan y seleccionar el óptimo.

5.2.5 Planificación con Contingencias

Los principales objetivos de la propuesta de la Planificación con Contingencias (Pryor & Collins, 1996) son: a) poder realizar planes con condiciones iniciales inciertas; b) poder tratar con efectos no predicibles de la ejecución de una acción y; c) poder tratar con un contexto que puede sufrir cambios no causados por el agente que realiza las acciones (un sistema no predecible). A este conjunto de características se las denomina contingencias.

La representación de las acciones en la Planificación con Contingencias se basa en el sistema CASSANDRA, que tiene como antecedentes el sistema STRIPS y el UCPOP, añadiendo las denominadas precondiciones secundarias, que vienen a ser unas precondiciones dependientes del contexto. En verdad, las precondiciones secundarias son las condiciones de ejecución de la acción, permitiendo diferentes efectos para cada tipo de condición. El esquema general de representación de una acción en el CASSANDRA es:

$$\begin{aligned} \text{accion} &: (\text{arg1}, \dots, \text{argn}) \\ \text{precondiciones} &: (\text{and } \text{prec1}, \dots, \text{precn}) \\ \text{condiciones_ejecucion} &: \begin{pmatrix} (\text{cond1} & \text{efect1}) \\ (\text{condn} & \text{efectn}) \end{pmatrix} \end{aligned}$$

en el que la acción tiene un conjunto de argumentos sobre los que se puede aplicar; unas precondiciones mínimas que se deben cumplir para que la acción se pueda ejecutar y; un conjunto de condiciones de ejecución con sus efectos asociados.

El esquema de cada condición de ejecución permite al sistema CASSANDRA definir condiciones inciertas que generan efectos inciertos. La manera de poder definir estos tipos de condición es:

$$(and \ cond1 \ (cond_incierto \ estado)) \rightarrow \ efecto$$

añadiendo una condición de ejecución incierta (su fuente es incierta) que generará un efecto incierto (el agente no puede saber a priori cuál será el estado del efecto). Por ejemplo:

$$(and \ seleccion_disponible(maquina,seleccion) \ ok?(t)) \rightarrow \ dispensada(seleccion)$$

o

$$(and \ seleccion_disponible(maquina,seleccion) \ ok?(nil)) \rightarrow \ -dispensada(seleccion)$$

El sistema CASSANDRA, que parte del UCPOP, SNLP y NONLIN, utiliza la representación de planes de ordenación parcial, con la característica importante de la explícita separación de los pasos de decisión de los pasos de acción.

Mediante el uso de esquemas generales de pasos de decisión, en los que las precondiciones son objetivos de conocimiento, al estilo de la Planificación Condicional. La Planificación Condicional²⁴ (WARPLAN-C, (Warren, 1976)) se enfrenta a la información incompleta mediante la construcción de un plan condicional que responde a cada posible situación o contingencia. La herramienta que utiliza es la de las *acciones sensoriales* para testear las precondiciones apropiadas de cada acción. La función de las acciones sensoriales es resolver las precondiciones de acciones en situaciones de contingencia, generando un Enlace_condicional y un Paso_condicional, que no será necesario utilizar a menos que la situación lo requiera. De esta manera, CASSANDRA genera Pasos de Acción Alternativos debidos a Pasos de Decisión.

En el UCPOP el proceso de planificación se basa en el bucle de dos procesos complementarios: 1º resolución de condiciones abiertas (objetivos por resolver) y; 2º protección de lincajes inseguros (descenso/adelantamiento de lincajes causales). En CASSANDRA, se crea una Contingencia cada vez que un objetivo por resolver depende de alguna precondición secundaria con una fuente incierta, intentando resolver dicha incertidumbre con algún Paso de Decisión que permita asegurar el estado real de la precondición.

5.2.6 Cualificación y Causalidad

El último de los antecedentes analizados en el presente capítulo es el trabajo de Thielscher sobre el tratamiento de la cualificación (Thielscher, 1996). Lo que más nos interesa de su propuesta es el formalismo de un Modelo Causal que amplía el modelo de los Mundos Posibles de Ginsberg (Ginsberg, 1986; Ginsberg & Smith, 1988a; Ginsberg & Smith, 1988b).

²⁴ También denominada Planificación Contingente.

Thielscher parte del tratamiento de estados (situaciones y fuentes) del Cálculo de Situaciones (McCarthy, 1969), definiendo un conjunto de Restricciones de Dominio al igual que en el modelo de los Mundos Posibles; mientras que la representación de las acciones parte del sistema STRIPS, mediante una versión simple que no utiliza la lista “eliminar”, denominada Ley de Acción.

Un estado se define mediante un conjunto de fuentes, como en el ejemplo:

{patata_en_tuboescape, tuboescape_bloqueado, coche_en_marcha, patata_pesada}

mientras que una acción como:

accion: arrancar
condiciones: {¬maquina_en_marcha}
efectos: {maquina_en_marcha}

Una Ley de Acción es el triplete $\langle \text{condiciones}, \text{accion}, \text{efectos} \rangle$ que se puede aplicar al estado S si y sólo si $\text{condiciones} \subseteq S$ y el estado resultado cumple $(S \setminus \text{condiciones}) \cup \text{efectos}$; pudiéndose definir diferentes Leyes de Acción con el mismo nombre y distintas condiciones/efectos.

Para poder tratar con el problema de los efectos indirectos (problema de la ramificación), Thieslcher define las denominadas Relaciones Causales, que son expresiones del tipo *cuando* Φ , ε *causa* ρ , indicando que bajo las condiciones Φ el efecto directo/indirecto ε causa el efecto indirecto ρ ; operando dichas Relaciones Causales sobre los pares $\langle S, \text{efectos} \rangle$ si y sólo si $\Phi \wedge \neg\rho \in S$ y $\varepsilon \in E$, generando los nuevos pares $\langle S', \text{efectos}' \rangle$ tales que $S' = (S \setminus \{\neg\rho\}) \cup \{\rho\}$ y $E' = (E \setminus \{\neg\rho\}) \cup \{\rho\}$.

Mediante el conjunto de fuentes F que definen un estado S ; el grupo de acciones A y sus correspondiente Leyes de Acción L ; el conjunto de Restricciones de Dominio D , que se deben cumplir en todos los estados y; el conjunto de Relaciones Causales R , que controlan los efectos indirectos causados por los efectos de la aplicación de una Ley de Acción, se determina el Modelo Causal Σ .

Para el control de la cualificación Thieslcher aumenta el conjunto de Relaciones Causales a partir del conjunto de Restricciones de Dominio y un conjunto de Influencia de Fuentes denominado I , determinante de la posible influencia de un fuente a otro por el cambio de estado del primero.

5.3 Cualificación Priorizada

En el presente apartado vamos a ampliar el modelo desarrollado en los capítulos 3 y 4 para poder tratar con el problema de la cualificación. Para ello, primero expondremos un ejemplo sencillo en el que observaremos las características del modelo.

5.3.1 Ejemplo de Aplicación

“¿Cuál es la posibilidad de que mañana por la mañana pueda llegar al lugar donde trabajo?”

He expuesto el problema a este nivel de abstracción para plantear cuál es el verdadero concepto del *problema de la cualificación*.

El *problema de la cualificación* se define como la dificultad de explicitar todas aquellas precondiciones (conocidas y desconocidas) para que se pueda realizar una acción en un estado determinado.

¿Realmente debemos tener en cuenta todas las precondiciones?, es decir, ¿es cuestión de tener que explicitar el número inmenso de precondiciones que influirán en la acción que queremos ejecutar, o es cuestión de conocer el “peso” de dichas precondiciones sobre el estado en el que queremos aplicar la acción para saber cuáles de ellas influirán más sobre la futura viabilidad de la acción?. Y aunque tengamos conocimiento sobre los distintos “pesos” de las precondiciones, ¿cuál de las situaciones resultantes (mundos posibles) tiene mayor probabilidad/posibilidad de suceder?, es decir, ¿cuál será la tendencia del contexto, siendo éste de naturaleza dinámica?.

Para extender la exposición del problema supongamos que tengo que salir de casa; teniendo en cuenta el problema de la cualificación debo preveer una serie de precondiciones a la acción salir, como son:

estar(agente, casa)

esta condición es necesaria pero no suficiente; tendríamos que añadir el caso extremo:

estar(agente, casa) \wedge \neg bloqueada(puerta_salida(casa))

como la causa por la cual la puerta puede estar bloqueada es desconocida para nosotros, se añada dicha precondición. Sin embargo no añadimos precondiciones del tipo:

tiene_manos(agente)

ya que deducimos por defecto que el agente dispone de unas manos para abrir la puerta.

Supongamos también, que una vez hemos salido de casa debemos salir del edificio. Podríamos definir como acción principal bajar por el ascensor, y una condición necesaria sería haber realizado la acción:

llamar(ascensor)

pero para que el ascensor pueda ser llamado se debe explicitar la cualificación:

tener_corriente(edificio)

en este caso nos volvemos a encontrar con una precondición que es causa de la incertidum-

bre que tenemos. Supongamos que tras haber ejecutado la acción sensorial:

$$\text{mirar_corriente_disponible}(\text{edificio})$$

el resultado es que no se dispone de corriente en el edificio, entonces deberíamos ejecutar la acción de llamar al ascensor condicionada al hecho de que exista corriente en el edificio; y en el caso de que no, ejecutar una acción alternativa que nos resuelva el objetivo:

$$\text{fuera}(\text{agente}, \text{edificio}(\text{casa}))$$

Si el resultado de observar si hay corriente en el edificio fuese cierto, entonces nos encontraríamos con una condición de ejecución de la acción de bajar con el ascensor que sería susceptible del comportamiento dinámico del contexto:

$$\text{tener_corriente}(\text{edificio})$$

Dicha condición se debe cumplir en todo el intervalo que se ejecuta la acción de bajar con el ascensor, sin embargo, la incertidumbre de dicha condición es alta, ya que depende del contexto, provocando unos resultados disyuntivos de la acción:

$$\text{estar}(\text{agente}, \text{portal}(\text{edificio}(\text{casa}))) \vee$$
$$\text{estar}(\text{agente}, \text{ascensor}(\text{edificio}(\text{casa})))$$

que tendrían distintas probabilidades/posibilidades dependiendo de nuestras creencias sobre la tendencia del contexto.

Por el contrario, si fallara la acción sensorial, la primera acción alternativa podría ser:

$$\text{ir_a}(\text{agente}, \text{puerta}(\text{casa}), \text{portal}(\text{edificio}(\text{casa})), \text{recorrido:escaleras}(\text{edificio}))$$

con la precondition:

$$\text{estar}(\text{agente}, \text{puerta}(\text{casa}))$$

Pero a la hora de realizar la acción de bajar por las escaleras debemos tener en cuenta condiciones que pueden cambiar el resultado de la acción mientras ésta se está ejecutando, dichas condiciones generaran efectos disyuntivos. Un ejemplo de condición de este tipo sería:

$$\neg \text{tropezar}(\text{agente})$$

que debe cumplirse durante todo el intervalo en el que se ejecuta la acción ir_a. Los efectos disyuntivos de aplicar la acción dependiendo de las condiciones de ejecución podrían ser:

$$\text{estar}(\text{agente}, \text{portal}(\text{edificio}(\text{casa}))) \vee$$
$$(\text{estar}(\text{agente}, \text{escaleras}(\text{edificio}(\text{casa}))) \wedge \text{herido}(\text{agente}))$$

Ahora supongamos que se ha conseguido salir del edificio, y que para coger el tren se debe coger un autobús. El conjunto de precondiciones para coger el autobús podría ser:

$estar(agente, parada_autobus) \wedge estar(autobus, parada_autobus)$

sin embargo, la precondition de que el autobús esté presente tiene una imprecisión temporal de ± 5 minutos. Dicha imprecisión no nos crea una incertidumbre en la viabilidad de la acción, tan sólo un retardo en su ejecución (el instante de tiempo más tardío). Posteriormente nos encontramos con otra imprecisión en las condiciones de ejecución de la acción de viajar en autobús, que consiste en que el autobús va a una velocidad media de 50 ± 5 Km/h, generando otro retardo en los efectos de dicha acción.

Imaginemos, que la acción alternativa a coger el autobús fuese utilizar el coche personal. Las preconditiones iniciales para cogerlo serían:

$arrancado(coche) \wedge gasolina_suficiente(coche, recorrido(casa, estacion))$

y para la acción de arrancar el coche:

$poner(agente, llaves(coche), coche) \wedge gasolina(coche)$

pero además, tendríamos que tener en cuenta toda una serie de preconditiones que podrían ser posibles amenazas a poder ejecutar la acción de arranque:

$\neg frio(coche) \wedge \dots \wedge \neg taponado(tubo_escape)$

el que la causa de que esté taponado el tubo de escape sea una “patata” no nos importa demasiado; lo que si nos importa es si existe alguna preferencia en las preconditiones (por ejemplo por probabilidad o posibilidad).

Si ampliamos el número de preconditiones de la acción de arranque a:

$\neg frio(coche) \wedge \dots \wedge \neg taponado(t_escape) \wedge \dots \wedge \neg existe(3_GerraMundial)$

Hemos colocado las preconditiones en un orden léxico que nos induce pensar que existe algún tipo de preferencia. Podríamos decir que la precondition de que el coche no esté frío pertenece a un grado de incertidumbre, enlazado al contexto geográfico; que la precondition de que el tubo de escape esté taponado es muy incierto; y que finalmente, el caso de que se declare la “tercera guerra mundial” es altamente inviable.

Este tipo de ordenación la realizamos basándonos en:

- El grado de posibilidad, si no disponemos de datos.
- El grado de probabilidad, si disponemos de datos.

Podríamos agrupar las preconditiones en el conjunto:

$\{condiciones_necesarias \wedge amenazas_inevitables, amenazas_posibles\}$

en donde *condiciones_necesarias* y *amenazas_inevitables* tienen una certeza absoluta; y

amenazas_posibles es un conjunto de hechos que están ordenados de forma decreciente por su incertidumbre, siendo el primer hecho el más incierto.

5.3.2 Tipos de Incertidumbre e Imprecisión

Hasta aquí hemos podido observar distintos tipos de incertidumbre e imprecisión:

- Incertidumbre en las precondiciones: se presenta cuando las precondiciones no son las necesarias, pero si son posibles amenazas a una acción (el caso de que la puerta esté bloqueada, o el de que no tenga corriente el edificio).
- Determinismo en las precondiciones: se presenta, bien cuando las precondiciones son las necesarias (el ascensor debe ser llamado para poder ser usado), o cuando las precondiciones tienen pocas posibilidades de que sucedan (no tener manos para abrir la puerta, o que se declare la “tercera guerra mundial”).
- Imprecisión en las precondiciones: sucede cuando las precondiciones necesarias abarcan un rango de posibles valores, que pueden ser en el comportamiento, relación temporal o espacial (el tren que debo coger para llegar al trabajo pasa a las 10:08 horas ± 2 minutos).
- Incertidumbre en las condiciones de ejecución: se presenta cuando el comportamiento dinámico del contexto puede afectar al resultado de la acción (irse la corriente mientras bajamos con el ascensor).
- Determinismo en las condiciones de ejecución: se presenta cuando el comportamiento del contexto no afecta a las condiciones de ejecución (no tropezar mientras bajamos por las escaleras).
- Imprecisión en las condiciones de ejecución: se presenta cuando el comportamiento de los medios materiales se mueve en un rango de valores (el autobús que me lleva hasta la estación de trenes va a una velocidad de 50 ± 5 Km/h).
- Incertidumbre en los resultados/efectos de una acción: puede ser debida a: 1) los resultados están condicionados a las condiciones de ejecución, que a su vez, están afectadas por el carácter dinámico del contexto; 2) los resultados son de tipo estocástico (lanzar una moneda al aire).
- Determinismo en los resultados/efectos de una acción: cuando las condiciones de ejecución no son afectadas por el carácter dinámico del contexto (si no se tropieza por las escaleras, llegamos al portal del edificio).

- Imprecisión en los resultados/efectos de una acción: sucede generalmente en los comportamientos de medios materiales, en los que los efectos entran dentro de un rango de posibles valores (cuando lanzo una piedra al aire con la misma fuerza F e inclinación β , ésta cae a una distancia de 5 ± 0.4 m).

5.3.3 Acciones

En el presente subapartado vamos a definir el concepto de Acción, relacionado con los conceptos de Situación, Precondiciones, Condiciones de Ejecución y Efectos.

En nuestro modelo, el mundo está representado mediante hechos y eventos. Ambos suceden en intervalos de tiempo, y se diferencian por sus propiedades temporales.

Los hechos poseen la característica de homogeneidad, representando el estado de un objeto de nuestro problema durante un intervalo de tiempo.

Los eventos son individuos únicos, representando un suceso único durante un intervalo de tiempo.

Las acciones son un tipo especial de eventos, que están relacionados con un agente: el agente que realiza la acción. Desde el punto de vista del agente, sólo son acciones las que él realiza, el resto es entendido como eventos (los eventos dinámicos del contexto).

Se distingue entre el intento y la ejecución de una acción; permitiéndonos razonar acerca de los objetivos de las acciones, y hacer la diferencia entre los efectos debidos al intento, y los debidos a la ejecución de la acción. La relación entre el intento y la ejecución de cada acción es de tipo generativo.

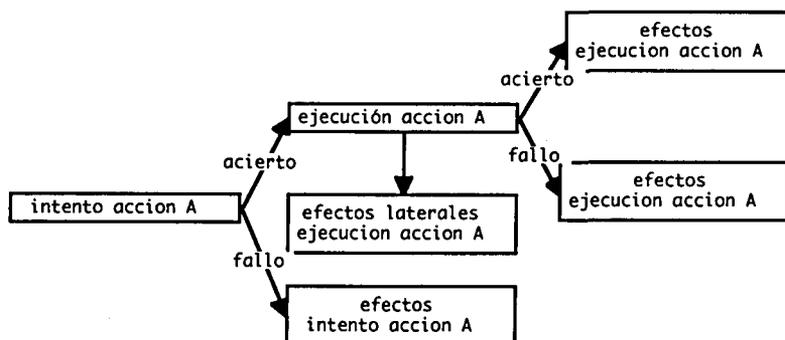


Figura 5.1: Relación entre intento, ejecución, efectos y efectos laterales de una acción.

El representar el intento separado de la ejecución de la acción nos permite diferenciar entre los efectos generativos del intento (los que implican la ejecución de la acción) de los efectos del fracaso. De la misma manera, podemos hacerlo entre los efectos generativos de la ejecución de la acción (incluyendo los efectos disyuntivos de la misma) y los efectos debidos al fallo en algunas de las condiciones de ejecución.

Entendemos por efectos laterales aquellos que se generan a medida que se realiza una acción, no son los resultados esperados de ésta; mientras que los efectos sí representan los resultados últimos del intento o la ejecución.

En nuestro modelo, el mundo se representa mediante un conjunto de historias, que son los posibles caminos que pueden suceder a partir de un instante dado; cada historia está descrita por un conjunto de situaciones ordenadas de forma cronológica, que pueden tener una duración instantánea o de intervalo; y cada situación está descrita por un conjunto de hechos que pueden transformarse en otra situación, debido a la ejecución de una acción o a la influencia de algún evento externo.

En nuestro modelo, se utiliza el concepto de Restricción de Dominio (Ginsberg, 1986) para representar aquellas relaciones que siempre se cumplen en el dominio, es decir, las relaciones válidas para cualquier modelo posible (cada relación es una tautología). La violación de alguna de dichas restricciones se deberá tan sólo a que la ontología no está bien definida (es incompleta); sin embargo, el *problema de la cualificación* resalta justamente el hecho de que es imposible construir una teoría causal que abarque todas las restricciones de dominio y precondiciones de cada acción, es decir, la ontología siempre será incompleta.

Debido a que nos es imposible abarcar todas las posibles cualificaciones de nuestro problema, lo que podemos hacer es disponer de: a) un conjunto de modelos ideales sobre el problema, ordenados por nivel de especialización (Bouquet & Giunchiglia, 1994); o b) disponer de un método que nos permita ordenar los distintos niveles de certidumbre de las posibles cualificaciones, y así, no tener en cuenta todas las cualificaciones.

En la fase de intento de una acción dispondremos del conjunto:

$$\{precondiciones_necesarias \wedge \neg amenazas_inevitables, \neg amenazas_posibles\}$$

y en la fase de ejecución de:

$$\{condiciones_ejecucion, \neg amenazas_ejecucion\}$$

Las relaciones entre las situaciones, los contextos y las acciones se muestran en la siguiente figura:

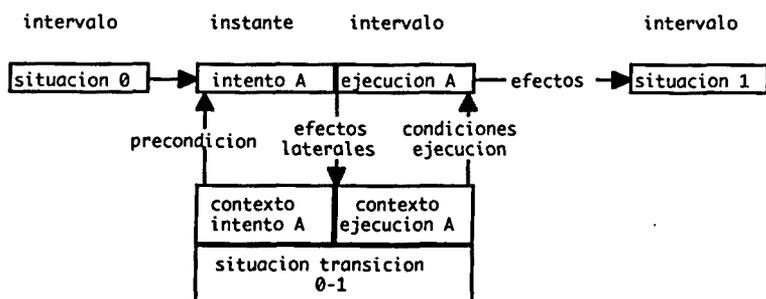


Figura 5.2: Relación entre situación, contexto y acción.

5.4 Tendencia del Contexto

Hemos podido observar en el Subapartado 5.3.2 los distintos tipos de incertidumbre en las precondiciones, condiciones y efectos de las acciones, así como la imprecisión asociada a algunos procesos naturales. Sin embargo, aún conociendo dichas cualificaciones, *¿qué tendencia presenta el contexto?*; a esta cuestión se nos ofrecen tres modelos que han repondido de manera intuitiva a la forma de entender el comportamiento dinámico de nuestro contexto:

5.4.1 Modelos de Contextos

Los tres modelos más importantes en el tratamiento del contexto son:

- 1º Modelo Platónico (la razón de²⁵ la tendencia): es el modelo más antiguo, y al mismo tiempo el más idealista. Se basa en entender el mundo a nivel causal regido por las leyes de la lógica clásica (ha sido el modelo utilizado desde Platón hasta el concepto de incertidumbre de Heisenberg). Mediante este enfoque las posibles fluctuaciones e incertidumbres del comportamiento del contexto quedan totalmente guillotizadas por la razón y su consecuente determinismo. En nuestro trabajo tan sólo es válido para la definición de las restricciones de dominio²⁶.
- 2º Modelo Probabilístico (la frecuencia como tendencia): el modelo estadístico nace (de manera seria) con Laplace. Se basa en la idea de esperanza, es decir, descomponer el mundo de forma exhaustiva en eventos disyuntivos, y medir la frecuencia con que se presenta cada uno de ellos respecto al total de eventos. Con este enfoque podemos representar la tendencia²⁷ a priori de un hecho (evento, suceso) perteneciente al dominio de nuestro problema.
- 3º Modelo Termodinámico (la tendencia de la irreversibilidad): es el modelo más joven, nacido de la utilización de la estadística probabilística en el estudio de los gases (Plank, 1962; Buck & Macaulay, 1991). Se basa en entender la evolución del mundo (analizado mediante los procesos naturales) en una dirección con un único sentido: el más desordenado. A partir de este modelo podemos prever la tendencia del contexto a partir de las entropías de un conjunto de situaciones futuras (mundos posibles).

Supongamos, a partir del ejemplo del subapartado anterior, que nos encontramos en la situación de ejecutar la acción de bajar con el ascensor. Tal como comentábamos anteriormente, existe una amenaza posible representada por el hecho de no disponer de corriente en el edificio; a partir de dicha condición de ejecución se generan dos estados disyuntivos:

²⁵ de = es.

²⁶ Desde el enfoque de Ginsberg (1986).

²⁷ Nosotros queremos ser cautelosos respecto al concepto de tendencia, utilizándolo como esperanza (en un número relativamente grande de eventos), y no como probabilidad subjetiva.

estar(agente,portal(edificio)) y *estar(agente,ascensor(edificio))*

Podemos observar como el modelo Platónico no es capaz de predecir a cuál de las dos situaciones tenderá el contexto. Mientras que con los otros dos modelos, debemos establecer dos premisas distintas:

1ª Modelo Probabilístico: el modelo probabilístico debe disponer de cierta información (Nilsson, 1986; Kane, 1989; Hanks & McDermott, 1993; Thiébaux et al., 1993), en nuestro caso, las probabilidades de disponer de corriente y de su complementario; seleccionando como estado consecuente el estado con la probabilidad condicionada a la condición de ejecución más alta. La principal limitación de este modelo se basa en la disponibilidad de dicho conocimiento.

2º Modelo Termodinámico: el modelo termodinámico, generalizado a todos los procesos naturales mediante el concepto de irreversibilidad, representado por la magnitud de la entropía, se apoya también en el concepto de probabilidad, sin embargo, define como tendencia aquel estado en el que la entropía es mayor. En nuestro caso particular, utilizando el modelo de entropía termodinámica, podríamos calcular la entropía referida a todos los hechos que definen cada estado (efecto) disyuntivo resultante de la condición de ejecución, y seleccionar como el más probable aquel que tiene una entropía mayor.

Ahora podemos ampliar el esquema de los efectos de una acción de la Figura 5.1, teniendo en cuenta todos los tipos de efectos:

- Efectos determinados: Son los efectos que se deben generar cuando las condiciones de ejecución se cumplen.
- Efectos disyuntivos: Son los múltiples efectos adicionales, disyuntos e independientes de los efectos determinados, que se generan tras la ejecución de la acción.
- Efectos laterales: Son los efectos adicionales que se generan independientemente de los efectos determinados y disyuntos, y que no han sido explicitados en los efectos determinados, durante la ejecución de la acción, aún en el caso en que las condiciones de ejecución no se hayan cumplido (también los podríamos denominar efectos indirectos). La naturaleza de dichos efectos podría ser contraproducente para los efectos determinados o excluyentes (un tercer caso sería en el que son malignos independientemente de los efectos determinados).
- Efectos letales: Son los efectos generados por las amenazas en la ejecución de la acción. La naturaleza de dichos efectos siempre es contraproducente para los efectos determinados.

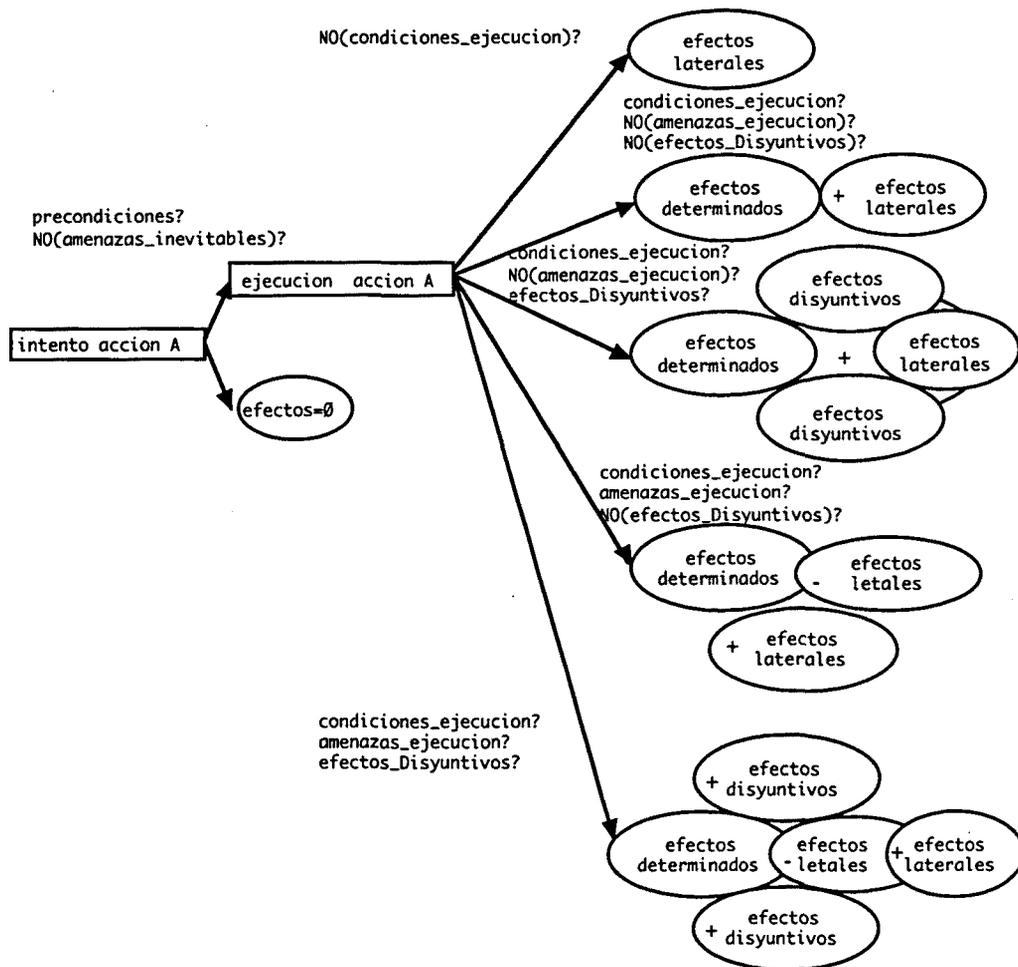


Figura 5.3: Efectos posibles del intento y ejecución de una acción.

5.4.2 Estrategia de Decisión

Las diferencias entre los tres modelos del Subapartado 5.4.1 las podemos definir a partir de dos parámetros:

- Tipo de información: determinista, histórica con riesgo (probabilística), incierta/vaga o subjetiva (difusa).
- Estrategia en la decisión (Cañabete, 1997): conservadora (criterio pesimista mini-max), moderada (criterio de Hurwivz, criterio de Laplace, criterio del valor esperado), arriesgada (criterio optimista max-max), pérdidas mínimas (criterio de Savage),

A partir de estos dos parámetros, cuanto más incierta es la información que tratamos más cautelosa es nuestra estrategia; y a la inversa, cuantas más asunciones por defecto realizamos del

contexto, más ideal y simplista es nuestro modelo, inhibiendo los papeles del riesgo y la incertidumbre en nuestra estrategia.

En nuestro modelo consideramos a los agentes (observador y colaboradores especializados), los medios y el contexto como un sistema cerrado al exterior. Esto nos permite establecer una analogía entre nuestro sistema y un sistema termodinámico aislado, pudiendo definir la situación (estado del mundo) más probable.

Considerando que nuestro sistema tiene una energía interna constante, que es el sumatorio de las energías internas de sus subsistemas (agentes), y que no realiza ningún intercambio de energía con el exterior (los intercambios sólo se realizan entre los subsistemas), ya que sí existiera tal intercambio sería porque el sistema requeriría más energía de otro sistema que lo abarca. Bajo esta restricción, el sistema presenta el siguiente comportamiento respecto al tiempo:

$$\Delta U = 0 \rightarrow \Delta S \geq 0$$

que de forma intuitiva refleja el hecho que sí un agente no realiza ninguna acción para reducir la entropía de su subsistema (consumiendo su energía interna), éste tiende a aumentarla para encontrar el estado de equilibrio (mínimo consumo energético).

De esta manera, como cada subsistema conserva o aumenta su entropía a menos que consuma parte de su energía interna (siempre limitada a la total del sistema global), la entropía del sistema global se conserva o aumenta respecto al tiempo, ya que no puede consumir energía de otro sistema mayor.

A partir del modelo termodinámico establecemos una relación entre la certidumbre cada estado del sistema y su energía interna, definiendo el estado del sistema más probable como aquel con la entropía mayor, puesto que ante n estados posibles, el sistema tenderá al de mayor equilibrio energético.

Mediante la utilización de múltiples agentes, podemos desarrollar un plan inicial a nivel abstracto, que es descompuesto en sus tareas, y enviar cada tarea a cada agente colaborador especializado, que irá refinando la tarea y evaluará su viabilidad. Este enfoque presenta una ventaja en la planificación en problemas reales con dominios complejos:

- Permite descomponer el conocimiento en niveles de especialización, reduciendo el espacio de búsqueda para cada agente.

El concepto de energía interna nos es útil para indicar la limitación de cada agente para ejecutar acciones; y los medios, son los recursos de los que dispone cada agente para ejecutar las acciones.

Los recursos son asignados inicialmente por el agente observador al generar el plan abstracto, existiendo un protocolo de comunicaciones entre él y los demás agentes planificadores para reasignarles nuevos recursos y energía a medida que se vayan requiriendo.

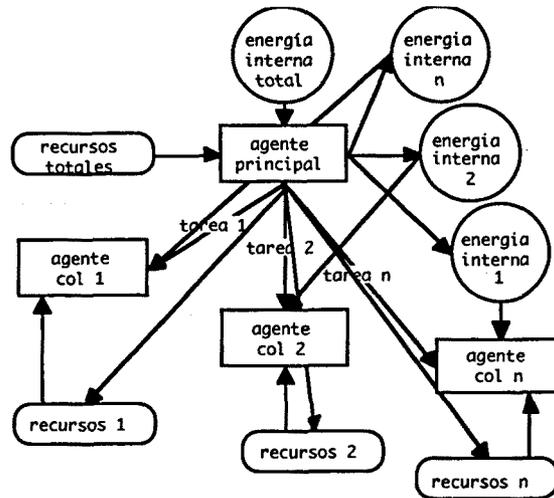


Figura 5.4: Relación entre los agentes, recursos y energía interna del sistema.

A partir del modelo expuesto, el problema de la planificación con incertidumbre se redefine como:

“Maximizar la certidumbre de un grupo de agentes en la generación de un plan, teniendo en cuenta que el sistema dispone de una energía interna y unos recursos limitados, en un contexto de naturaleza dinámica con un comportamiento irreversible que tiende en cada instante al estado de mayor equilibrio.”

Con este nuevo enfoque se da relevancia al comportamiento del contexto dentro del sistema de planificación; y se establece una relación entre la capacidad de acción del sistema (energía interna total) y el estado de éste (la entropía de las situaciones posibles). La estrategia de cada agente será la de seleccionar la acción que genere una situación efecto más cercana a la situación objetivo, teniendo en cuenta que cada acción crea múltiples situaciones posibles, y que la situación con mayor entropía es la tendente del grupo.

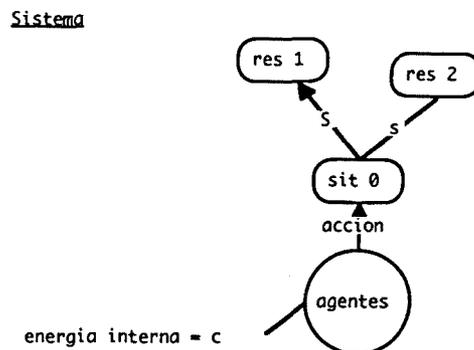


Figura 5.5: Comportamiento del sistema.

5.5 La Descomposición de los Planes Abstractos (Ejemplo)

En el presente apartado continuamos con el ejemplo de (IUDC, 1993), presentado en el apartado 3.4 y aumentado en el apartado 4.4, en la fase de *Identificación de los problemas* y en la de *Generación de planes alternativos abstractos* respectivamente.

Mientras que en el método EML la viabilidad de los planes alternativos se realiza sobre los planes abstractos, en el modelo PDC descomponemos las tareas y evaluamos la viabilidad de cada plan detallado alternativo en los que se puede descomponer cada tarea, para obtener la viabilidad del plan abstracto.

5.5.1 Definición de las Acciones

Lo primero que hacemos es definir el conocimiento de planificación de cada agente del grupo, es decir, las acciones que cada agente sabe realizar. La información de cada acción es (junto a la información que ya se dispone de la clase Tarea):

Acción:
Nombre:
Comportamientos:

El conjunto de acciones que sabe realizar cada agente pertenece a un dominio específico, disponiendo de un conjunto de restricciones de dominio que se deben cumplir en cada situación posible efecto de la ejecución de cada acción. De este modo podemos generar dominios que se corresponden con los contextos de cada agente, y mediante el uso de las reglas puente, cambiar de un contexto a otro.

Cada acción puede disponer de uno o más comportamientos; cada uno representa la forma de realizar la acción dependiendo del tipo de argumentos sobre los que se ejecuta.

Comportamiento:
Precondiciones:
Amenazas-Posibles:
Condiciones-Ejecucion:
Amenazas-Ejecucion:
Efectos:
Efectos-Disyuntivos:

Para mostrar el proceso de planificación detallada tan sólo utilizaremos el PLAN2 de la fase *Generación de planes alternativos abstractos*, al ser el plan más complejo y que requiere de la cooperación de los agentes Compañía de autobuses y Conductores. Los demás planes son más sencillos y tan sólo utilizan un agente. El conjunto de acciones que cada uno de los agentes que cooperan en el plan PLAN2 son:

Problema Central: Num_Accidentes

Planes que lo resuelven: Plan 1, Plan 2, Plan 3

Plan 2

Agentes: Compañía Autobuses, Conductores

Tareas:

T6:

(Nombre: Desarrollar_Plan_Mantenimiento
Precondiciones-Necesarias: (Capacidad_Personal_Mantenimiento Alto)
Efectos-Necesarios: (Plan_Mantenimiento_Correcto Alto)
Grado Credibilidad: Muy_Alto
Acciones: ?
Agente: Compañía Autobuses
Grado Viabilidad: ?)

T5:

(Nombre: Mejorar_Medios_Taller
Precondiciones-Necesarias: (Plan_Mantenimiento_Correcto Alto)
Efectos-Necesarios: (Capacidad_Taller Alto)
Grado Credibilidad: Muy_Alto
Acciones: ?
Agente: Compañía Autobuses
Grado Viabilidad: ?)

T4:

(Nombre: Efectuar_Revisiones_Regulares
Precondiciones-Necesarias: (Capacidad_Taller Alto)
Efectos-Necesarios: (Vehiculos_Buenas_Condiciones Alto)
Grado Credibilidad: Muy_Alto
Acciones: ?
Agente: Compañía Autobuses
Grado Viabilidad: ?)

T3:

(Nombre: Aumentar_Plantilla_Conductores
Precondiciones-Necesarias: (Disponibilidad_Conductores Alto)
Efectos-Necesarios: (Num_Conductores Alto)
Grado Credibilidad: Alto
Acciones: ?
Agente: Compañía Autobuses
Grado Viabilidad: ?)

T1:

(Nombre: Reducir_Horas_Trabajo_Seguidas
Precondiciones-Necesarias: (Num_Conductores Alto))
Efectos-Necesarios: (Fatiga_Conductores Bajo)
Grado Credibilidad: Alto
Acciones: ?
Agente: Conductores
Grado Viabilidad: ?)

A1: Compañía Autobuses

ACCIONES:

A1:

(Nombre: Obtener_Informacion
Precondiciones necesarias:
 ((Capacidad_Personal_Mantenimiento Alto)
 (Informacion_Obtendida Muy_Bajo))
Amenazas inevitables:
Condiciones Ejecucion Necesarias:
Efectos Necesarios:
 ((Informacion_Obtendida Alto))
Comportamientos:
 (Amenazas posibles:
 Condiciones Ejecucion:
 Amenazas Ejecucion:
 (((Trabas Normal) IMPLICA
 (Informacion_Obtendida Muy_Bajo)))
 Efectos:
 Efectos Disyuntivos:))

A2:

(Nombre: Estudiar_Informacion
Precondiciones necesarias:
 ((Informacion_Obtendida Alto)
 (Informacion_Estudiada Muy_Bajo))
Amenazas inevitables:
Condiciones Ejecucion Necesarias:
Efectos Necesarios:
 ((Informacion_Estudiada Alto)
 (Credibilidad_Estudio Alto))
Comportamientos:
 (Amenazas posibles:
 Condiciones Ejecucion:
 Amenazas Ejecucion:
 (((No(Herramientas_Suficientes Normal)) IMPLICA
 (AND (Informacion_Estudiada Muy_Bajo)
 (Credibilidad_Estudio Muy_Bajo))))
 Efectos:
 Efectos Disyuntivos:
 ((Obtencion_Frecuencia_Fallos_Criticos Bajo)
 (Obtencion_Leyes_Funcionamiento_Piezas_Criticas Muy_Bajo)
 (Analisis_Modal_Fallos_y_Efectos Normal))))

A3:

(Nombre: Definir_Cal_Actuacion_Plan_Preventivo
Precondiciones necesarias:
 ((Informacion_Estudiada Muy_Alto)
 (Credibilidad_Estudio Alto)
 (Calendario_Actuacion_Plan_Preventivo Muy_Bajo))
Amenazas inevitables:
Condiciones Ejecucion Necesarias:
 (Piezas_Recambio Alto)
Efectos Necesarios:
 ((Calendario_Actuacion_Plan_Preventivo Alto)
 (Plan_Mantenimiento_Correcto Alto))
Comportamientos:

(Amenazas posibles:
Condiciones Ejecucion:
Amenazas Ejecucion:
Efectos:
Efectos Disyuntivos:))

A4:

(Nombre: Definir_Cal_Actuacion_Plan_Correctivo
Precondiciones necesarias:
 ((Informacion_Estudiada Alto)
 (Credibilidad_Estudio Alto)
 (Calendario_Actuacion_Plan_Correctivo Muy_Bajo))
Amenazas inevitables:
Condiciones Ejecucion Necesarias:
Efectos Necesarios:
 ((Prioridades_Definidas Alto)
 (Calendario_Actuacion_Plan_Correctivo Alto))
Comportamientos:
 (Amenazas posibles:
 Condiciones Ejecucion:
 Amenazas Ejecucion:
 Efectos:
 Efectos Disyuntivos:))

A5:

(Nombre: Realizar_Cursos_Mantenimiento
Precondiciones necesarias:
 ((Capacidad_Aprendizaje_Conductores Alto)
 (Calendario_Actuacion_Plan_Correctivo Alto)
 (Aptitud_Revisiones_Conductores Muy_Bajo)
 (Plan_Mantenimiento_Correcto Muy_Bajo))
Amenazas inevitables:
Condiciones Ejecucion Necesarias:
Efectos Necesarios:
 ((Plan_Mantenimiento_Correcto Alto)
 (Aptitud_Revisiones_Conductores Alto))
Comportamientos:
 (Amenazas posibles:
 Condiciones Ejecucion:
 Amenazas Ejecucion:
 (((No(Motivacio Muy_Bajo)) IMPLICA
 (Aptitud_Revisiones_Conductores Bajo)))
 Efectos:
 Efectos Disyuntivos:))

A6:

(Nombre: Asignar_Tareas
Precondiciones necesarias:
 ((Calendario_Actuacion_Plan_Correctivo Alto)
 (Aptitud_Revisiones_Conductores Alto)
 (Plan_Mantenimiento_Correcto Muy_Bajo)
 (Tareas_Asignades_Plantilla Muy_Bajo))
Amenazas inevitables:
Condiciones Ejecucion Necesarias:
Efectos Necesarios:
 ((Plan_Mantenimiento_Correcto Bajo)
 (Tareas_Asignades_Plantilla Alto))

Comportamientos:
(Amenazas posibles:
Condiciones Ejecucion:
Amenazas Ejecucion:
(((Cambio_Plantilla_Mantenimiento Normal) IMPLICA
(Tareas_Asignades_Plantilla Muy_Bajo)))
Efectos:
Efectos Disyuntivos:))

A7:

(Nombre: Crear_Nueva_Distribucion_Planta
Precondiciones necesarias:
((Plan_Mantenimiento_Correcto Alto)
(Nueva_Distribucion_Planta Muy_Bajo))
Amenazas inevitables:
Condiciones Ejecucion Necesarias:
Efectos Necesarios:
(Nueva_Distribucion_Planta Alto))
Comportamientos:
(Amenazas posibles:
Condiciones Ejecucion:
Amenazas Ejecucion:
(((Falta_Espacio_Taller Normal) IMPLICA
(Nueva_Distribucion_Planta Muy_Bajo)))
Efectos:
Efectos Disyuntivos:))

A8:

(Nombre: Comprar_Herramientas_y_Maquinas
Precondiciones necesarias:
((Nueva_Distribucion_Planta Alto)
(Maquinas_y_Herramientas_Adquiridas Muy_Bajo))
Amenazas inevitables:
Condiciones Ejecucion Necesarias:
Efectos Necesarios:
((Maquinas_y_Herramientas_Adquiridas Alto)
(Capacidad_Taller Alto))
Comportamientos:
(Amenazas posibles:
((Existencia_Mercado_Maquinas_Necesarias Bajo))
Condiciones Ejecucion:
Amenazas Ejecucion:
(((Maquinas_Sofisticadas Normal) IMPLICA
(AND (Capacidad_Taller Muy_Bajo)
(Maquinas_y_Herramientas_Adquiridas Bajo))))
Efectos:
Efectos Disyuntivos:))

A9:

(Nombre: Adquirir_Nuevo_Taller
Precondiciones necesarias:
((Capacidad_Economica_Compañia Muy_Alto)
(Nuevo_Taller Muy_Bajo))
Amenazas inevitables:
Condiciones Ejecucion Necesarias:
Efectos Necesarios:
((Nuevo_Taller Muy_Alto)

(Nueva_Distribucion_Planta Alto))
Comportamientos:
(Amenazas posibles:
Condiciones Ejecucion:
Amenazas Ejecucion:
(((No(Acuerdo_Precio Muy_Bajo)) IMPLICA
(Nuevo_Taller Muy_Bajo)))
Efectos:
Efectos Disyuntivos:))

A10:

(Nombre: Llevar_Camions_Taller_Revision
Precondiciones necesarias:
((Capacidad_Taller Alto)
(Camiones_en_Taller Muy_Bajo))
Amenazas inevitables:
Condiciones Ejecucion Necesarias:
((Gasolina_Suficiente Alto))
Efectos Necesarios:
((Camiones_en_Taller Alto))
Comportamientos:
(Amenazas posibles:
Condiciones Ejecucion:
Amenazas Ejecucion:
(((No(Acceso_Facil_Taller Bajo)) IMPLICA
(Camiones_en_Taller Bajo))
((No(Recordar_Revision Bajo)) IMPLICA
(Camiones_en_Taller Muy_Bajo)))
Efectos:
Efectos Disyuntivos:))

A11:

(Nombre: Realizar_Revision_Conductores
Precondiciones necesarias:
((Aptitud_Revision_Conductores Alto)
(Plan_Mantenimiento_Correcto Alto)
(Revision_Conductores_Realizada Muy_Bajo))
Amenazas inevitables:
Condiciones Ejecucion Necesarias:
((Maquinas_y_Herramientas_Adquiridas Alto))
Efectos Necesarios:
((Revision_Conductores_Realizada Alto))
Comportamientos:
(Amenazas posibles:
Amenazas Ejecucion:
(((No(Recordar_Revision Bajo)) IMPLICA
(Revision_Conductores_Realizada Muy_Bajo)))
Efectos:
Efectos Disyuntivos:))

A12:

(Nombre: Revisar_Camiones
Precondiciones necesarias:
((Camiones_en_Taller Alto)
(Revision_Camiones_Realizada Muy_Bajo)
Amenazas inevitables:
Condiciones Ejecucion Necesarias:

((Maquinas_y_Herramientas_Adquiridas Alto))
Efectos Necesarios:
((Revision_Camiones_Realizada Alto))
Comportamientos:
(Amenazas posibles:
Condiciones Ejecucion:
Amenazas Ejecucion:
Efectos:
Efectos Disyuntivos:))

A13:

(Nombre: Realizar_Informe_Revision
Precondiciones necesarias:
((Revision_Camiones_Realizada Alto)
(Revision_Conductores_Realizada Alto)
(Informe_Realizado Muy_Bajo))
Amenazas inevitables:
Condiciones Ejecucion Necesarias:
Efectos Necesarios:
((Informe_Realizado Alto)
(Vehiculos_en_Buenas_Condiciones Alto))
Comportamientos:
(Amenazas posibles:
((Disponibilidad_Impresos_Informe Bajo))
Condiciones Ejecucion:
Amenazas Ejecucion:
Efectos:
Efectos Disyuntivos:))

A14:

(Nombre: Decidir_Numero_Nuevos_Conductores
Precondiciones necesarias:
((Capacidad_Economica_Compañia Alto)
(Acuerdo_Num_Nuevos_Conductores Muy_Bajo))
Amenazas inevitables:
Condiciones Ejecucion Necesarias:
Efectos Necesarios:
((Acuerdo_Num_Nuevos_Conductores Alto))
Comportamientos:
(Amenazas posibles:
Condiciones Ejecucion:
Amenazas Ejecucion:
(((Protestas_Antiguos_Conductores Normal) IMPLICA
(Acuerdo_Num_Nuevos_Conductores Muy_Bajo)))
Efectos:
Efectos Disyuntivos:))

A15:

(Nombre: Hacer_Anuncio_Publico
Precondiciones necesarias:
((Acuerdo_Num_Nuevos_Conductores Alto)
(Disponibilidad_Medios_Comunicacion Alto)
(Anuncio_Realizado Muy_Bajo))
Amenazas inevitables:
Condiciones Ejecucion Necesarias:
Efectos Necesarios:
((Anuncio_Realizado Alto))

Comportamientos:
(Amenazas posibles:
Condiciones Ejecucion:
Amenazas Ejecucion:
Efectos:
Efectos Disyuntivos:
((Anuncio_Repercusion Normal)
(Anuncio_Repercusion Muy_Bajo)
(Anuncio_Repercusion Bajo)))

A16:

(Nombre: Seleccion_Compañia_Autobuses
Precondiciones necesarias:
((Anuncio_Repercusion Normal)
(Conocimientos_Seleccion_Compañia Alto)
(Seleccion_Realizada Muy_Bajo))
Amenazas inevitables:
Condiciones Ejecucion Necesarias:
Efectos Necesarios:
((Seleccion_Realizada Normal)
(Num_Conductores Normal))
Comportamientos:
(Amenazas posibles:
Condiciones Ejecucion:
Amenazas Ejecucion:
(((Multitud_Solicitantes Normal) IMPLICA
(AND (Seleccion_Realizada Bajo)
(Num_Conductores Bajo))))
Efectos:
Efectos Disyuntivos:))

A17:

(Nombre: Subcontratar_Empresa_Seleccion
Precondiciones necesarias:
((Acuerdo_Num_Nuevos_Conductores Alto)
(Seleccion_Realizada Muy_Bajo))
Amenazas inevitables:
Condiciones Ejecucion Necesarias:
Efectos Necesarios:
((Seleccion_Realizada Alto)
(Num_Conductores Alto))
Comportamientos:
(Amenazas posibles:
((Existencia_Empresa_Seleccio Bajo))
Condiciones Ejecucion:
Amenazas Ejecucion:
Efectos:
Efectos Disyuntivos:))

ACCIONES SENSORIALES:

AS1:

(Nombre: Averiguar_Mercado_Maquinas
Precondiciones necesarias:
((Existencia_Mercado_Maquinas_Necesarias Muy_Bajo))
Amenazas inevitables:
Condiciones Ejecucion Necesarias:
Efectos Necesarios:

Comportamientos:
(Amenazas posibles:
Condiciones Ejecucion:
Amenazas Ejecucion:
Efectos:
Efectos Disyuntivos:
((Existencia_Mercado_Maquinas_Necesarias Muy_Bajo)
(Existencia_Mercado_Maquinas_Necesarias Bajo)
(Existencia_Mercado_Maquinas_Necesarias Normal))))

AS2:

(Nombre: Averiguar_Disponibilidad_Impresos
Precondiciones necesarias:
((Disponibilidad_Impresos_Informe Bajo))
Amenazas inevitables:
Condiciones Ejecucion Necesarias:
Efectos Necesarios:
Comportamientos:
(Amenazas posibles:
Condiciones Ejecucion:
Amenazas Ejecucion:
Efectos:
Efectos Disyuntivos:
((Disponibilidad_Impresos_Informe Muy_Bajo)
(Disponibilidad_Impresos_Informe Alto))))

AS3:

(Nombre: Averiguar_Existencia_Empresa_Seleccion
Precondiciones necesarias:
((Existencia_Empresa_Seleccion Bajo))
Amenazas inevitables:
Condiciones Ejecucion Necesarias:
Efectos Necesarios:
Comportamientos:
(Amenazas posibles:
Condiciones Ejecucion:
Amenazas Ejecucion:
Efectos:
Efectos Disyuntivos:
((Existencia_Empresa_Seleccion Muy_Bajo)
(Existencia_Empresa_Seleccion Alto))))

A3: Conductores

ACCIONES:

A1:

(Nombre: Realizar_Nuevos_Planes_Ruta
Precondiciones necesarias:
((Disponibilidad_Informacion_Rutas Alto)
(Plan_Rutas Muy_Bajo))
Amenazas inevitables:
Condiciones Ejecucion Necesarias:
Efectos Necesarios:
((Plan_Rutas Alto)
(Fatiga_Conductors Bajo))
Comportamientos:
(Amenazas posibles:

Condiciones Ejecucion:
 Amenazas Ejecucion:
 (((Protestas_Cambios_Ruta Normal) IMPLICA
 (Plan_Rutas Muy_Bajo))
 ((Protestas_Menos_Horas_Trabajop Normal) IMPLICA
 (Fatiga_Conductors Muy_Alto)))
 Efectos:
 Efectos Disyuntivos:))

5.5.2 Descomposición de las Tareas

En este subapartado vamos a mostrar el proceso de descomposición de las tareas mostradas en el subapartado 5.5.1, haciendo un especial énfasis en la etapa de generación de las situaciones posibles, efecto de la ejecución de cada acción.

Los pasos del proceso son:

- 1 El plan inicial detallado de la tarea T6 se crea de la siguiente manera:

Situacion-Inicial(tarea6):

((H1 ANTIGUEDAD-AUTOBUSES 0.75)
 (H2 NUMERO-ACCIDENTES 0.75)
 (H3 COSTES-TALLER-REPARACION 0.75)
 (H4 CAPACIDAD-PERSONAL-MANTENIMIENTO 0.75)
 (H5 CAPACIDAD-INSTRUCTORES-PRACTICA 0.75)
 (H6 DENSIDAD-TRANSITO 0.75)
 (H7 CARRETERAS-EN-BUEN-ESTADO 0.5)
 (H8 PLAN-DE-MANTENIMIENTO-CORRECTO 0.75)*
 (H9 CAPACIDAD-TALLER 0.75)*
 (H10 VEHICULOS-EN-BUENAS-CONDICIONES 0.75)*
 (H11 DISPONIBILIDAD-CONDUCTORES 0.75)
 (H12 NUMERO-CONDUCTORES 0.56)*
 (H13 FATIGA-CONDUCTORES 0.33)
 (H14 CAPACIDAD-APRENDIZAJE-CONDUCTORES 0.75)
 (H15 NIVEL-TEORICO-CONDUCTORES 0.57)
 (H16 NIVEL-PRACTICO-CONDUCTORES 0.57)
 (H17 CAPACIDAD-SUBVENCIONES-ADMINISTRACION 0.25)
 (H18 CAPACIDAD-ECONOMICA-COMPAÑIA 0.19)
 (H19 MEDIA-EDAD-AUTOBUSES 0.61))

Los hechos que componen la situación inicial son los hechos que ya conocía el agente Compañía de Autobuses, más los hechos adquiridos durante la argumentación y la generación de los planes abstractos, etiquetando con * los hechos objetivo de cada una de las tareas en las que interviene el agente.

Situacion-Final(tarea6):

((H8 plan-de-mantenimiento-correcto 0.75))

plan-inicial:

(Situacion-Inicial: Situacion-Inicial(Tarea6)
 Acciones: '(inicio)
 Situacion-Inicial(inicio):
 Situacion-Final(inicio): Situacion-Inicial(Tarea6))

Agentes: Compañía Autobuses)

lista-planes:

(Problema: Tarea6
Planes: '(plan-inicial))

- 2 Se debe averiguar si el plan inicial es solución, es decir, que la situación final del problema de la lista de planes es subconjunto de la situación final de la última acción del plan. Si lo es se devuelve el plan y el grupo de agentes que lo realizan.
- 3 Si no es solución, buscamos la primera acción de las que se puede aplicar sobre la situación final de la última acción del plan inicial (inicio). En el ejemplo se encuentra la acción aplicable obtener_informacion.
- 4 Posteriormente se estudia la aplicabilidad del conjunto de acciones aplicables. La aplicabilidad se evalúa mediante la comparación de la conjunción de los hechos de las precondiciones reales con un umbral de riesgo predefinido por el conjunto de agentes a la conjunción de las precondiciones formales. En el ejemplo el umbral de riesgo UR es 0, es decir, no se permite ningún grado de riesgo a partir de la valoración de cada hecho en el conjunto de precondiciones. De dicho conjunto, en el cálculo de la aplicabilidad, no se tienen en cuenta las que aparecen definidas como efectos necesarios de la acción.

$\min(+(\text{Capacidad_Personal_Mantenimiento Alto}), 0)) \geq$
 $\min((\text{Capacidad_Personal_Manenimiento Alto}))$

como la valoración de las precondiciones actuales con umbral de riesgo incluido es igual a la valoración de las precondiciones formales, la aplicabilidad de la acción es afirmativa.

- 5 Por otro lado, el conjunto de amenazas posibles se utiliza para generar un plan sensorial que asegure el valor de cada una de las amenazas. En el ejemplo no se presentan amenazas posibles en la acción obtener_informacion. En el caso de encontrarse amenazas se intenta resolver cada una de ellas mediante un plan sensorial (plan que verifica el estado actual de un hecho, siendo un plan de acciones de obtención de información). Este proceso también se realiza sobre los precondiciones que aparecen en los efectos necesarios de la acción.
- 6 En el caso de que un plan sensorial de como resultado una valoración negativa o incierta de una amenaza se genera un plan condicional que resuelva dicha valoración.
- 7 En el siguiente paso, el subconjunto de acciones aplicables en la situación actual se ejecuta para generar los conjuntos de situaciones posibles para cada acción. En el ejemplo, tan sólo se ejecuta la acción obtener_informacion.

- 8 Primero se genera la situación posible inicial, que incluye los efectos necesarios de la acción y que no contradicen las restricciones de dominio.

```
Situacion-Posible-Inicial <- Unir(Situacion-Inicial(obtener_informacion),  
                                ((Informacion-Obtenida Alto)))
```

- 9 Segundo se generan combinaciones entre los efectos disyuntivos que existan y las situaciones generada inicialmente. En el ejemplo no se presentan efectos disyuntivos.

- 10 Tercero, y último, se generan combinaciones entre las amenazas de ejecución, que presenten un grado de asertación positiva [≥ 0.5 (Normal)], y las situaciones generadas anteriormente, eliminando las contradicciones con las restricciones de dominio. En el ejemplo tenemos una amenaza de ejecución representada por:

```
Amenaza Ejecucion: ((Trabas Normal) IMPLICA  
                  (Informacion_Obtenida Muy_Bajo))
```

que mediante las restricciones de dominio, contradicen el hecho (Informacion_Obtenida Alto). De esta manera obtenemos las dos situaciones posibles:

```
Sit-Pos-1 <- Situacion-Posible-Inicial,  
Sit-Pos-2 <- Unir(Situacion-Posible-Inicial,  
                 ((Informacion_Obtenida Muy_Bajo)))
```

Este proceso se repite sobre las situaciones finales de los planes parciales añadidos en la lista de planes.

5.6 La Evolución del Contexto en los Planes (Ejemplo)

Siguiendo con el ejemplo del apartado anterior, en este apartado vamos a presentar cómo se evalúa la tendencia del contexto a medida que se genera el plan detallado, es decir, cuál será la situación tendente tras la ejecución de cada acción.

5.6.1 Situación Tendente de una Acción

- 11 Una vez generadas todas las situaciones posibles de la ejecución de la acción, se evalúa cuál es la situación tendente. El cálculo se realiza mediante la entropía de cada situación (mediante la función de Shannon), seleccionando la situación posible con mayor entropía.

```
Entropia(Sit-Pos-1) = 0.80  
Entropia(Sit-Pos-2) = 0.74  
Entropia(Sit-Pos-1) > Entropia(Sit-Pos-2)  
Sit-Tendente <- Sit-Pos-1
```

5.6.2 Estrategia de Selección entre las distintas Acciones

12 Se generan tantos planes parciales como acciones se han podido ejecutar, eliminando el plan que ha sido expandido.

plan-nuevo-1:

```
( Situacion-Inicial: Situacion-Inicial(Tarea6)
  Acciones: '(inicio obtener_informacion)
    Situacion Inicial(obtener_informacion): Situacion-Final(inicio)
    Situacion Final(obtener_informacion):
      ( (H1 ANTIGUEDAD-AUTOBUSES 0.75)
        (H2 NUMERO-ACCIDENTES 0.75)
        (H3 COSTES-TALLER-REPARACION 0.75)
        (H4 CAPACIDAD-PERSONAL-MANTENIMIENTO 0.75)
        (H5 CAPACIDAD-INSTRUCTORES-PRACTICA 0.75)
        (H6 DENSIDAD-TRANSITO 0.75)
        (H7 CARRETERAS-EN-BUEN-ESTADO 0.5)
        (H8 PLAN-DE-MANTENIMIENTO-CORRECTO 0.75)*
        (H9 CAPACIDAD-TALLER 0.75)*
        (H10 VEHICULOS-EN-BUENAS-CONDICIONES 0.75)*
        (H11 DISPONIBILIDAD-CONDUCTORES 0.75)
        (H12 NUMERO-CONDUCTORES 0.56)*
        (H13 FATIGA-CONDUCTORES 0.33)
        (H14 CAPACIDAD-APRENDIZAJE-CONDUCTORES 0.75)
        (H15 NIVEL-TEORICO-CONDUCTORES 0.57)
        (H16 NIVEL-PRACTICO-CONDUCTORES 0.57)
        (H17 CAPACIDAD-SUBVENCIONES-ADMINISTRACION 0.25)
        (H18 CAPACIDAD-ECONOMICA-COMPAÑIA 0.19)
        (H19 MEDIA-EDAD-AUTOBUSES 0.61)
        (H20 informacion_obtenida 0.75)))
  Situacion-Final: Situacion-Final(tarea6)
  Agentes: Compañía Autobuses)
```

planes:

```
'(plan-nuevo-1)
```

13 La lista de planes nueva se ordena por la distancia al objetivo desde la situación final de cada plan. En el ejemplo sólo tenemos inicialmente un plan.

2b El plan plan-nuevo-1 no es solución.

3b La acción aplicable sobre la situación final de obtener_informacion es estudiar_informacion .

4b La aplicabilidad es afirmativa.

5b y 6b No están presentes amenazas posibles.

7b La acción aplicable sigue siendo estudiar_informacion .

8b La situación posible inicial es:

```
Situacion-Posible-Inicial <- Unir(Situacion-Inicial(estudiar_informacion),
                                ( (Informacion_Estudiada Alto)
                                  (Credibilidad_Estudio Alto)))
```

9b Como hay tres efectos disyuntivos, las situaciones que se generan son:

```
Sit-Pos-1 <- Unir(Situacion-Posible-Inicial,
                 ((Obtencion_Frecuencia_Fallos_Criticos Bajo)))
Sit-Pos-2 <- Unir(Situacion-Posible-Inicial,
                 ((Obtencion_Leyes_Funcionamiento_Piezas_Criticas Muy_Bajo)))
Sit-Pos-3 <- Unir(Situacion-Posible-Inicial,
                 ((Analisis_Modal_Fallos_y_Efectos Normal)))
```

10b Se generan las seis situaciones posibles:

```
Sit-Pos-1 <- Sit-Pos1
Sit-Pos-2 <- Sit-Pos2
Sit-Pos-3 <- Sit-Pos3
Sit-Pos-4 <- Unir(Sit-Pos-1,
                 ( (Informacion_estuadiada Muy_Bajo)
                   (Credibilidad_estudio Muy_Bajo)))
Sit-Pos-5 <- Unir(Sit-Pos-2,
                 ( (Informacion_estuadiada Muy_Bajo)
                   (Credibilidad_estudio Muy_Bajo)))
Sit-Pos-6 <- Unir(Sit-Pos-3,
                 ( (Informacion_estuadiada Muy_Bajo)
                   (Credibilidad_estudio Muy_Bajo)))
```

11b Se calcula la situación tendente.

```
Entropia(Sit-Pos-1) = 0.79
Entropia(Sit-Pos-2) = 0.78
Entropia(Sit-Pos-3) = 0.82
Entropia(Sit-Pos-4) = 0.68
Entropia(Sit-Pos-5) = 0.67
Entropia(Sit-Pos-6) = 0.71
```

```
Entropia(Sit-Pos-3) > Entropia(Sit-Pos-1) > Entropia(Sit-Pos-2) > Entropia(Sit-Pos-6) > Entropia(Sit-Pos-4) > Entropia(Sit-Pos-5)
```

```
Sit-Tendente <- Sit-Pos-3
```

12b Los nuevos planes parciales son:

```
plan-nuevo-2:
( Situacion-Inicial: Situacion-Inicial(Tarea6)
  Acciones: '(inicio obtener_informacion estudiar_informacion)
  Situacion Inicial(estudiar_informacion):
    Situacion-Final(obtener_informacion)
  Situacion Final(estudiar_informacion):
    ( (H1 ANTIGUEDAD-AUTOBUSES 0.75)
```

(H2 NUMERO-ACCIDENTES 0.75)
 (H3 COSTES-TALLER-REPARACION 0.75)
 (H4 CAPACIDAD-PERSONAL-MANTENIMIENTO 0.75)
 (H5 CAPACIDAD-INSTRUCTORES-PRACTICA 0.75)
 (H6 DENSIDAD-TRANSITO 0.75)
 (H7 CARRETERAS-EN-BUEN-ESTADO 0.5)
 (H8 PLAN-DE-MANTENIMIENTO-CORRECTO 0.75)*
 (H9 CAPACIDAD-TALLER 0.75)*
 (H10 VEHICULOS-EN-BUENAS-CONDICIONES 0.75)*
 (H11 DISPONIBILIDAD-CONDUCTORES 0.75)
 (H12 NUMERO-CONDUCTORES 0.56)*
 (H13 FATIGA-CONDUCTORES 0.33)
 (H14 CAPACIDAD-APRENDIZAJE-CONDUCTORES 0.75)
 (H15 NIVEL-TEORICO-CONDUCTORES 0.57)
 (H16 NIVEL-PRACTICO-CONDUCTORES 0.57)
 (H17 CAPACIDAD-SUBVENCIONES-ADMINISTRACION 0.25)
 (H18 CAPACIDAD-ECONOMICA-COMPAÑIA 0.19)
 (H19 MEDIA-EDAD-AUTOBUSES 0.61)
 (H20 informacion_obtenida 0.75)
 (H21 informacion_estudiada 0.75)
 (H22 credibilidad_estudio 0.75)
 (H23 analisis_modal_fallos_y_efectos 0.5)))

Situacion-Final: Situacion-Final(tarea6)

Agentes: Compañía Autobuses)

planes:

'(plan-nuevo-2)

3c El plan plan-nuevo-2 no es solución, y las acciones aplicables son definir_cal_actuacion_plan_preventivo y definir_cal_actuacion_plan_correctivo .

4c La aplicabilidad es afirmativa.

5c y 6c No están presentes amenazas posibles.

7c La acción aplicable sigue siendo definir_cal_actuacion_plan_correctivo .

8c La situación posible inicial es:

Situacion-Posible-Inicial <-
 Unir(Situacion-Inicial(definir_cal_actuacion_plan_correctivo),
 ((Prioridades_Definidas Alto)
 (Calendario_Actuacion_Plan_Correctivo Alto)))

9c y 10c No hay presentes efectos disyuntivos ni amenazas de ejecución.

11c Se calcula la situación tendente.

Sit-Tendente <- Sit-Posible-Inicial

12c Los nuevos planes parciales son:

plan-nuevo-3:

```
( Situacion-Inicial: Situacion-Inicial(Tarea6)
  Acciones: '(inicio obtener_informacion estudiar_informacion
             definir_cal_actuacion_plan_correctivo )
  Situacion Inicial( definir_cal_actuacion_plan_correctivo ):
  Situacion-Final(estudiar_informacion)
  Situacion Final( definir_cal_actuacion_plan_correctivo ):
  ( (H1 ANTIGUEDAD-AUTOBUSES 0.75)
    (H2 NUMERO-ACCIDENTES 0.75)
    (H3 COSTES-TALLER-REPARACION 0.75)
    (H4 CAPACIDAD-PERSONAL-MANTENIMIENTO 0.75)
    (H5 CAPACIDAD-INSTRUCTORES-PRACTICA 0.75)
    (H6 DENSIDAD-TRANSITO 0.75)
    (H7 CARRETERAS-EN-BUEN-ESTADO 0.5)
    (H8 PLAN-DE-MANTENIMIENTO-CORRECTO 0.75)*
    (H9 CAPACIDAD-TALLER 0.75)*
    (H10 VEHICULOS-EN-BUENAS-CONDICIONES 0.75)*
    (H11 DISPONIBILIDAD-CONDUCTORES 0.75)
    (H12 NUMERO-CONDUCTORES 0.56)*
    (H13 FATIGA-CONDUCTORES 0.33)
    (H14 CAPACIDAD-APRENDIZAJE-CONDUCTORES 0.75)
    (H15 NIVEL-TEORICO-CONDUCTORES 0.57)
    (H16 NIVEL-PRACTICO-CONDUCTORES 0.57)
    (H17 CAPACIDAD-SUBVENCIONES-ADMINISTRACION 0.25)
    (H18 CAPACIDAD-ECONOMICA-COMPAÑIA 0.19)
    (H19 MEDIA-EDAD-AUTOBUSES 0.61)
    (H20 informacion_obtenida 0.75)
    (H21 informacion_estudiada 1)
    (H22 credibilidad_estudio 0.75)
    (H23 analisis_modal_fallos_y_efectos 0.5)
    (H24 prioridades_definidas 0.75)
    (H25 calendario_actuacion_plan_correctivo 0.75)))
  Situacion-Final: Situacion-Final(tarea6)
  Agentes: Compañia Autobuses)
```

planes:

'(plan-nuevo-3)

3d El plan plan-nuevo-3 no es solución, y las acciones aplicables son realizar_cursos_mantenimiento y asignar_tareas .

4d La aplicabilidad es afirmativa para ambas acciones.

5d y 6d No están presentes amenazas posibles.

7d Las acciones aplicables siguen siendo realizar_cursos_mantenimiento y asignar_tareas .

8d La situación posible inicial de ejecutar realizar_cursos_mantenimiento es:

```
Situacion-Posible-Inicial-1 <-
  Unir(Situacion-Inicial( realizar_cursos_mantenimiento ,
```

```
( (Plan_Mantenimiento_Correcto Alto)
  (Aptitud_Revisiones_Conductores Alto)))
```

y para asignar_tareas es:

```
Situacion-Posible-Inicial-2 <-
  Unir(Situacion-Inicial( asignar_tareas ,
    ( (Plan_Mantenimiento_Correcto Bajo)
      (Tareas_Asignadas_Plantilla Alto)))
```

9d No hay presentes efectos disyuntivos en ninguna de las dos acciones.

10d Se generan las situaciones posibles para realizar_cursos_mantenimiento :

```
Sit-Pos-1-1 <- Situacion-Posible-Inicial-1
Sit-Pos-1-2 <- Unir(Situacion-Posible-Inicial-1,
  ((Aptitud_Revisiones_Conductores Normal)))
```

y para asignar_tareas:

```
Sit-Pos-1-1 <- Situacion-Posible-Inicial-2
Sit-Pos-1-2 <- Unir(Situacion-Posible-Inicial-2,
  ((Tareas_Asignadas_Plantilla Muy_Bajo)))
```

11d Se calcula la situación tendente para realizar_cursos_mantenimiento .

```
Entropia(Sit-Pos-1-1) = 0.85
Entropia(Sit-Pos-1-2) = 0.82
Sit-Tendente <- Sit-Pos-1-1
```

y para asignar_tareas:

```
Entropia(Sit-Pos-1-1) = 0.84
Entropia(Sit-Pos-1-2) = 0.80
Sit-Tendente <- Sit-Pos-1-1
```

12d Los nuevos planes parciales son:

```
plan-nuevo-4:
  ( Situacion-Inicial: Situacion-Inicial(Tarea6)
    Acciones: '(inicio obtener_informacion estudiar_informacion
      definir_cal_actuacion_plan_correctivo
      realizar_cursos_mantenimiento)
    Situacion Inicial(realizar_cursos_mantenimiento):
      Situacion-Final(definir_cal_actuacion_plan_correctivo)
    Situacion Final(realizar_cursos_mantenimiento):
      ( (H1 ANTIGUEDAD-AUTOBUSES 0.75)
        (H2 NUMERO-ACCIDENTES 0.75)
        (H3 COSTES-TALLER-REPARACION 0.75)
        (H4 CAPACIDAD-PERSONAL-MANTENIMIENTO 0.75)
```

(H5 CAPACIDAD-INSTRUCTORES-PRACTICA 0.75)
 (H6 DENSIDAD-TRANSITO 0.75)
 (H7 CARRETERAS-EN-BUEN-ESTADO 0.5)
 (H9 CAPACIDAD-TALLER 0.75)*
 (H10 VEHICULOS-EN-BUENAS-CONDICIONES 0.75)*
 (H11 DISPONIBILIDAD-CONDUCTORES 0.75)
 (H12 NUMERO-CONDUCTORES 0.56)*
 (H13 FATIGA-CONDUCTORES 0.33)
 (H14 CAPACIDAD-APRENDIZAJE-CONDUCTORES 0.75)
 (H15 NIVEL-TEORICO-CONDUCTORES 0.57)
 (H16 NIVEL-PRACTICO-CONDUCTORES 0.57)
 (H17 CAPACIDAD-SUBVENCIONES-ADMINISTRACION 0.25)
 (H18 CAPACIDAD-ECONOMICA-COMPAÑIA 0.19)
 (H19 MEDIA-EDAD-AUTOBUSES 0.61)
 (H20 informacion_obtenida 0.75)
 (H21 informacion_estudiada 1)
 (H22 credibilidad_estudio 0.75)
 (H23 analisis_modal_fallos_y_efectos 0.5)
 (H24 prioridades_definidas 0.75)
 (H25 calendario_actuacion_plan_correctivo 0.75)
 (H26 plan_mantenimiento_correcto 0.75)²⁸
 (H27 aptitud_revisiones_conductores 0.75)))

Situacion-Final: Situacion-Final(tarea6)

Agentes: Compañía Autobuses)

plan-nuevo-5:

(Situacion-Inicial: Situacion-Inicial(Tarea6)

Acciones: '(inicio obtener_informacion estudiar_informacion
 definir_cal_actuacion_plan_correctivo
 asignar_tareas)

Situacion Inicial(asignar_tareas):

Situacion-Final(definir_cal_actuacion_plan_correctivo)

Situacion Final(asignar_tareas):

((H1 ANTIGUEDAD-AUTOBUSES 0.75)
 (H2 NUMERO-ACCIDENTES 0.75)
 (H3 COSTES-TALLER-REPARACION 0.75)
 (H4 CAPACIDAD-PERSONAL-MANTENIMIENTO 0.75)
 (H5 CAPACIDAD-INSTRUCTORES-PRACTICA 0.75)
 (H6 DENSIDAD-TRANSITO 0.75)
 (H7 CARRETERAS-EN-BUEN-ESTADO 0.5)
 (H9 CAPACIDAD-TALLER 0.75)*
 (H10 VEHICULOS-EN-BUENAS-CONDICIONES 0.75)*
 (H11 DISPONIBILIDAD-CONDUCTORES 0.75)
 (H12 NUMERO-CONDUCTORES 0.56)*
 (H13 FATIGA-CONDUCTORES 0.33)
 (H14 CAPACIDAD-APRENDIZAJE-CONDUCTORES 0.75)
 (H15 NIVEL-TEORICO-CONDUCTORES 0.57)
 (H16 NIVEL-PRACTICO-CONDUCTORES 0.57)
 (H17 CAPACIDAD-SUBVENCIONES-ADMINISTRACION 0.25)
 (H18 CAPACIDAD-ECONOMICA-COMPAÑIA 0.19)
 (H19 MEDIA-EDAD-AUTOBUSES 0.61)
 (H20 informacion_obtenida 0.75)
 (H21 informacion_estudiada 1)
 (H22 credibilidad_estudio 0.75)
 (H23 analisis_modal_fallos_y_efectos 0.5)
 (H24 prioridades_definidas 0.75)

²⁸ El hecho plan_mantenimiento_correcto nuevo elimina el hecho 8.

(H25 calendario_actuacion_plan_correctivo 0.75)
 (H26 plan_mantenimiento_correcto 0.5)
 (H27 aptitud_revisiones_conductores 0.75)))
 Situacion-Final: Situacion-Final(tarea6)
 Agentes: Compañía Autobuses)

planes:
 '(plan-nuevo-4 plan-nuevo-5)

5.6.3 El Plan (Total/Parcial) más Viable

Durante el proceso de descomposición de las tareas hemos llegado a obtener dos planes que son posible solución de la Tarea6, sin embargo debemos escoger el plan que sea más viable.

La selección del plan se realiza mediante un ordenación de los planes a partir de la distancia al objetivo y el grado de viabilidad de cada plan. Hemos podido observar que durante la expansión de una acción, el agente no es libre de decidir que situación posible es la tendente, en cambio, ante la posibilidad de poder ejecutar varias acciones sobre unamisma situación, lo que genera varios planes alternativos, el agente puede decidir que acción (plan) va a realizar.

En la PDC hay dos métodos para medir la viabilidad de un plan: global y local.

Global. Se tiene en cuenta la viabilidad del conjunto de acciones, realizando una media de las entropías de todas las situaciones intermedias pertenecientes al plan.

Local. Se tiene en cuenta tan sólo la situación final obtenida tras la ejecución del plan, midiendo la entropía de dicha situación.

Entropia-Global(plan-nuevo-4) = 0.825
 Entropia-Global(plan-nuevo-5) = 0.822

Entropia-Local(plan-nuevo-4) = 0.85
 Entropia-Local(plan-nuevo-5) = 0.84

Distancia Objetivo. Se tiene en cuenta la distancia, y sentido, entre el grado de asertación del hecho objetivo y la situación final de la última acción del plan.

Distancia-Objetivo(plan-nuevo-4, Situacion-Final(Tarea6)) = 0
 Distancia-Objetivo(plan-nuevo-5, Situacion-Final(Tarea6)) = 0.25

Mediante los dos parámetros de recorrido y estimación la PDC utiliza la función de ordenación:

$$\text{Recorrido} = \text{Entropia_Global}(\text{Plan})$$

$$\text{Estimacion} = \frac{\text{Entropia_Local}(\text{Plan}) + \text{Dist_Objetivo}(\text{Plan}, \text{Situacion})}{2}$$

$$F_Ordenacion = \frac{Re corrido + Estimacion}{2}$$

Planes = Ordenar(≤, Planes, Funcion_Ordenacion)

Funcion-Ordenacion(plan-nuevo-4) = (0.825 + 0.428)/2 = 0.62

Funcion-Ordenacion(plan-nuevo-5) = (0.822 + 0.54)/2 = 0.68

5.6.4 Planes Detallados

Finalmente, los planes detallados solución para el plan abstracto Plan2 son:

Problema: Tarea6

Agentes: Compañía Autobuses

Planes:

plan-nuevo-4:

Acciones: '(inicio obtener_informacion estudiar_informacion
definir_cal_actuacion_plan_correctivo
realizar_cursos_mantenimiento)

Problema: Tarea5

Agentes: Compañía Autobuses

Planes:

plan-nuevo-2:

Acciones: '(inicio crear_nueva_distribucion_planta
averiguar_mercado_maquinas ²⁹
comprar_herramientas_y_maquinas)

Problema: Tarea4

Agentes: Compañía Autobuses

Planes:

plan-nuevo-4:

Acciones: '(inicio llevar_camiones_taller_revision
revisar_camiones realizar_revision_conductores
averiguar_disponibilidad_impresos ³⁰
realizar_informe_revision)

Problema: Tarea3

Agentes: Compañía Autobuses

Planes:

plan-nuevo-4:

Acciones: '(inicio decidir_numero_nuevos_conductores
averiguar_existencia_empresa_seleccion ³¹
subcontratar_empresa_seleccion)

Problema: Tarea1

Agentes: Conductores

Planes:

plan-nuevo-1:

Acciones: '(inicio realizar_nuevos_planes_ruta)

²⁹ Acción sensorial activada por la amenaza posible existencia_mercado_maquinas_necesarias.

³⁰ Acción sensorial activada por la amenaza posible disponibilidad_impresos_informe.

³¹ Acción sensorial activada por la amenaza posible existencia_empresa_seleccion.

5.7 Conclusiones

En este capítulo hemos ido desarrollando un modelo de planificación detallada para un sistema de multi-agentes, en el que cada agente dispone de un conocimiento parcial del contexto, una cualificación de las posibles amenazas de forma priorizada, y una evolución del contexto del plan basada en el incremento de la entropía.

El conocimiento sobre planificación detallada se compone de dos etapas: 1º) la etapa de intento y; 2º) la etapa de ejecución. En la primera etapa, cada agente responsable de una acción evalúa la aplicabilidad de ésta sobre la situación actual. En la segunda etapa, el agente genera todas las situaciones posibles efecto de la ejecución de la acción.

La herramienta que utilizan los agentes para la generación de los planes detallados es la planificación con ordenación total. La representación de las acciones parte del modelo STRIPS y del CASSANDRA, introduciendo los conceptos de amenaza inevitable, posible y de ejecución. La selección de la situación tendente se basa en el cálculo de la entropía de Shannon, que mide la incertidumbre (desorden) de información en una situación posible. Y finalmente, la estrategia de selección de las distintas acciones se basa en una función de evaluación similar a la del A*, permitiendo minimizar la estimación de la distancia al objetivo y el coste de recorrido realizado simultáneamente. Como resumen, podemos indicar las siguientes características del modelo:

Conocimiento sobre acciones. Cada acción tiene en cuenta, en la etapa de intento, una serie de precondiciones y amenazas inevitables que se deben cumplir, y negar respectivamente, para poder aplicarse a una situación. Por otro lado, en la etapa de ejecución, deben cumplirse unas condiciones de ejecución, intentando evitar unas amenazas de ejecución. A todo ello se le pueden sumar un conjunto de efectos disyuntivos.

Situaciones posibles. El conjunto de efectos de cada acción se definen como situaciones posibles; éstas pueden tener hechos necesarios (deterministas), disyuntivos (efectos de una misma acción con distintas posibilidades) o, laterales (efectos que se producen inevitablemente e independientemente de las condiciones de ejecución), que pueden llegar a amenazar la situación objetivo que se está buscando (letales).

Tendencia en un conjunto de SP. De todas las situaciones posibles generadas por una acción, la situación con mayor posibilidad de suceder es la que dispone de un grado de la entropía de sus hechos mayor, basando el cálculo en la entropía de Shannon.

Diversidad de estrategias de decisión. El grupo de agentes puede disponer de tres tipos de estrategias de decisión en el desarrollo del plan detallado: conservadora, moderada y arriesgada. La categoría de la estrategia depende del parámetro Umbral de Riesgo.

Función de ordenación de los planes. El agente dispone de una función de ordenación de los planes basada en una estimación de la distancia que le separa del objetivo y la entropía de la situación actual, junto a la evaluación del coste del recorrido realizado (el desorden medio del plan generado hasta la situación actual).

Capítulo 6

ONGIA

En el presente capítulo presentamos el prototipo ONGIA, compuesto por todos los elementos que se definen en la metodología de Planificación de Desarrollo Cooperativo (capítulos 3, 4 y 5).

El objetivo del prototipo ha sido simplemente la disponibilidad de una herramienta informática para simular los procesos explicitados en la metodología PDC, y de esta manera validar las hipótesis presentadas en el Capítulo 2. No es objetivo de la presente tesis el desarrollar una aplicación informática optimizada y con un alto nivel de interfaz con el usuario.

La elección del Macintosh Common Lisp 4.1 para el entorno PowerMac como herramienta de desarrollo ha sido provocada por dos motivos: 1º) ser la herramienta más utilizada en el contexto cercano (UPC, IIIA) al autor y; 2º) ser una herramienta lo suficientemente abstracta para permitir la realización un desarrollo iterativo con rapidez y facilidad.

En el presente capítulo definimos el conjunto de ontologías que definen el prototipo ONGIA.

Ontología de Agentes Cooperativos. Definición del nivel estructural y asociativo de un sistema de Agentes Inteligentes trabajando en un entorno Distribuido, disponiendo el sistema de un Nivel Social.

Ontología de Sistema de Argumentación. Definición del nivel estructural, asociativo y semántico de un Sistema de Argumentación basado en Agentes Cooperativos que trabajan con evaluaciones de Lógica Difusa.

Ontología de Planificación Abstracta. Definición del nivel estructural, asociativo y de control de un Sistema de Planificación Abstracta basado en un Sistema de Argumentación compuesto por Agentes Cooperativos combinado con Planificación Parcial.

Ontología de Planificación Detallada. Definición del nivel estructural, asociativo y de control de un Sistema de Planificación Detallada de Ordenación Total basada en Situaciones Posibles y Tendencia del Contexto.

6.1 Introducción

El proceso que seguimos en todo el capítulo es definir los elementos que componen cada una de las ontologías, su estructura y el cómo están asociados, así como (en el caso necesario) los procesos de control y de evaluación semántica. El proceso no está compuesto por unas fases nítidas y bien acotadas, ya que en cada nivel utilizamos elementos de las ontologías previamente definidas, es decir, el proceso global es acumulativo, comenzando con la PDC, para ir especificando los componentes de ésta.

6.2 Antecedentes

Los principales antecedentes de la deficiencia del prototipo ONGIA se encuentran en la metodología para el desarrollo de ontologías de Gruber (Gruber, 1993; Gruber, 1997), el proyecto OntoLingua del KSL (Knowledge Systems Lab.) del SRI (Stanford Research International), basado en el lenguaje KIF (Genesereth, 1995), los trabajos del KRSL Plan Ontology Group (KRSL-POG, 1995; KRSL-POG, 1996), el trabajo del Object Modelong Working Group (Doyle, 1995), y la Ontología de Planificación de Tate (Tate, 1994; Tate, 1995).

6.3 Planificación de Desarrollo Cooperativo

En el proceso general de la PDC de la Figura 1.2 del Capítulo 1 podemos observar como hay una serie de elementos que son comunes a las tres fases de la PDC: problemas, agentes y grupo de agentes.

6.3.1 Elementos

Para entender los elementos comunes a todas las fases de la PDC previamente debemos introducir los conceptos de mundo, historia y situación.

Todos los elementos de la PDC parten de las clases objeto u objeto-logico:

Objeto:

Nombre:

Objeto-Logico (Objeto):

Grado-Credibilidad:

6.3.1.1 Mundo e Historias

El tiempo se modela como un conjunto de historias del mundo, cada historia es un camino posible que puede suceder (con un incremento de la entropía desde la situación inicial a la final). Las posibles historias se ramifican hacia el futuro, compartiendo el mismo pasado en un instante dado. Cada estado posible del mundo está representado por una situación-posible.

En el nivel temporal, se dispone de la primitiva temporal instante, a partir de la cual se construye la entidad intervalo.

Mundo (Objeto):
Historias

Historia (Objeto):
Situaciones:
Inc-Entropia:

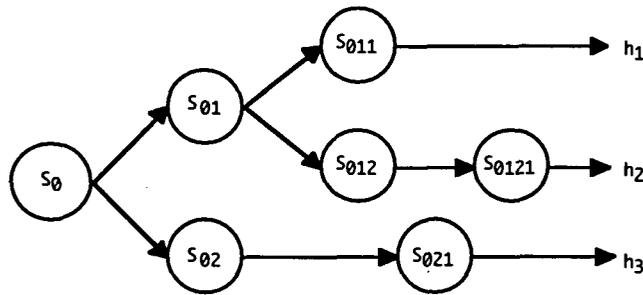


Figura 6.1: Historias y Situaciones Posibles.

Instante (Objeto):
Valor:

Intervalo (Objeto):
Instante-Inicial:
Instante-Final:

6.3.1.2 Situaciones Posibles y Hechos

Cada situación posible está representada mediante la conjunción de unos hechos, siendo todos ellos ciertos durante el intervalo de tiempo que dura la situación. Hay tres tipos de situación: situación inicial, situación de transición y situación efecto.

Los hechos poseen la característica de homogeneidad, representando el estado de un objeto de nuestro mundo durante un intervalo de tiempo.

Situación Posible

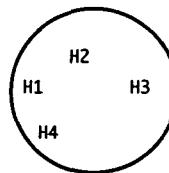


Figura 6.2: Situación Posible.

Situacion-Posible (Objeto):
Hechos:
Entropia:
Intervalo:

Situacion-Inicial (Situacion-Posible):

Situacion-Transicion (Situacion-Posible):

Situacion-Efecto (Situacion-Posible):

Hecho (Objeto-Logico):

Descripcion:

6.3.1.3 Agentes y Grupo de Agentes

Cada agente en el ONGIA es un objeto-logico que dispone de tres tipos de conocimiento: conocimiento-contexto, conocimiento-planificacion, conocimiento-social. Además, cada agente tiene una energia-interna, que representa el total de energía de que dispone.

Agente (Objeto-Logico):

Conocimiento-Contexto:

Conocimiento-Social:

Conocimiento-Planificacion:

Energia-Interna:

El grupo de agentes, denominado sistema-planificador, está compuesto por un agente observador y un conjunto de agentes colaboradores.

Agente-Observador (Agente)

Agente-Colaborador (Agente)

Sistema-Planificador (Objeto):

Agente-Observador:

Agentes-Colaboradores:

Energia-Total:

La representación de grupo de agentes nos permite representar subgrupos de agentes en una estructura jerárquica.

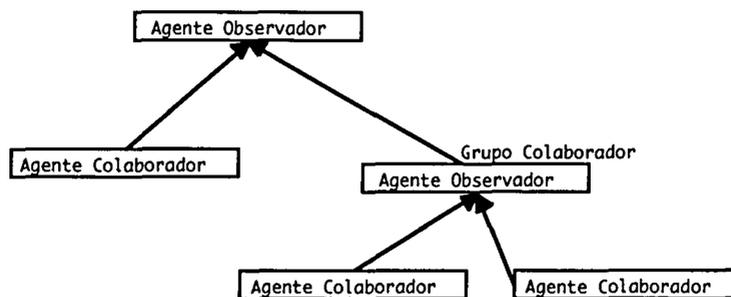


Figura 6.3: Estructura Jerárquica de Agentes.

Partiendo de la entidad agente, en la PDC se definen las subentidades:

Agente-Accion (Agente)

Agente-Apoyo (Agente)

Agente-Ayuda (Agente)

Beneficiario-Directo (Agente)

Beneficiario-Indirecto (Agente)

Beneficiario-Excluido (Agente)

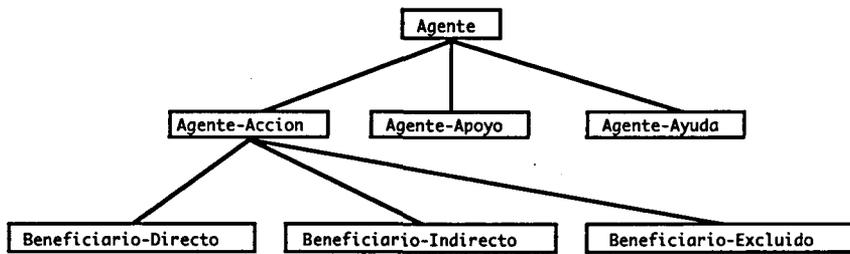


Figura 6.4: Jerarquía de Agentes en la PDC.

6.3.1.4 Problemas

Cada agente identifica un problema-existente en el contexto del proyecto, dicho problema es un estado del mundo que el agente considera negativo o mejorable, a causa de su motivacion.

Problema (Objeto):
Agentes:
Situacion-Inicial:
Situacion-Final:
Motivacion:

Problema-Existente (Problema)

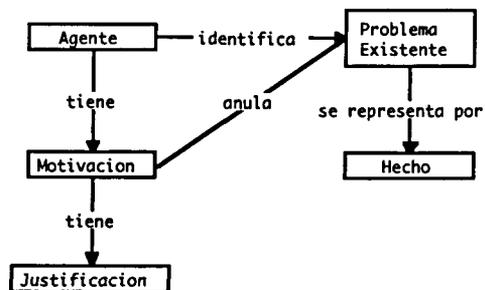


Figura 6.5: Problema Existente y Motivación de un Agente.

Motivacion (Objeto):
Justificaciones:

6.3.2 Identificación de los Problemas

Una vez definidos los elementos (entidades u objetos) comunes en todas las fases de la PDC vamos a definir los elementos, asociaciones, control y semántica de cada una de las fases de la PDC, comenzando por la identificación de los problemas.

6.3.2.1 Agente y Conocimiento de Contexto

El conocimiento de contexto de cada agente es la teoría que él tiene del contexto del proyecto.

Dominio (Objeto)

Dominio-Contexto (Dominio):
Hechos:
Reglas:
Reglas-Puente:

Conocimiento-Contexto (Dominio-Contexto)

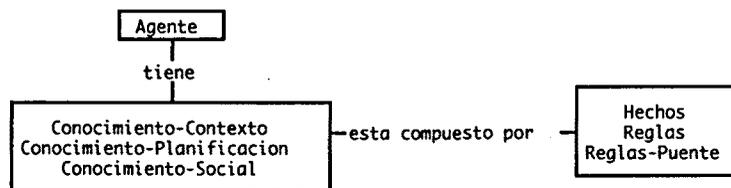


Figura 6.6: Conocimiento de Contexto de un Agente.

6.3.2.2 Agente y Conocimiento Social

En la PDC el grupo de agentes es un sistema social y cooperativo, para ello, el grupo debe disponer de un conocimiento social, compuesto por una función de consenso para todo el grupo y una función de acuerdo para cada uno de los agentes y el grupo.

Dominio-Social (Dominio):
Funcion-Consenso:
Funcion-Acuerdo:

Conocimiento-Social (Dominio-Social)

Funciones de consenso son: unanimidad y mayoría.

La función de acuerdo utilizada en la PDC es:

Acuerdo-Identificacion(Agente, Grupo, Problema)
and(or(Beneficio(Grupo,Problema) >= Umbral-Riesgo,
Perdida(Grupo,Problema) >= Umbral-Riesgo,

Argumento (Objeto-Logico):
 Agente:
 Hecho:
 Causas:

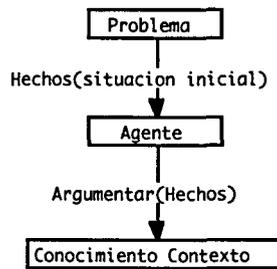


Figura 6.7: Argumentación de un Problema Existente.

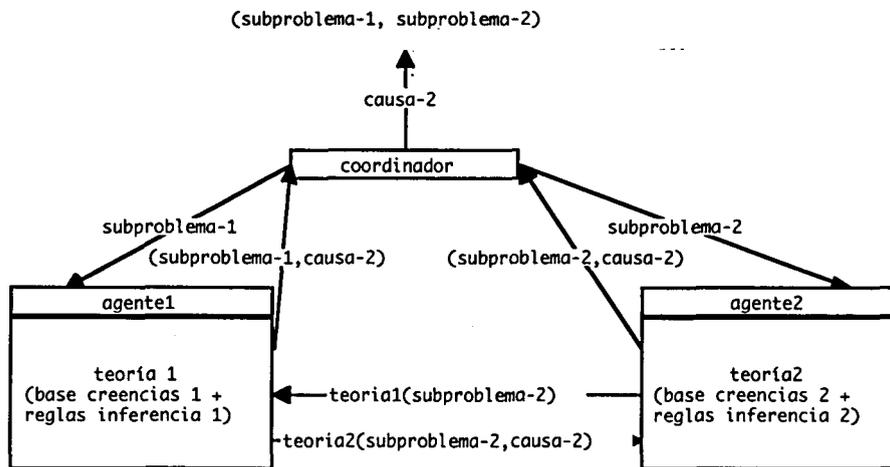


Figura 6.8: Argumentaciones de distintos Problemas Existentes.

El proceso de argumentar se apoya en el tipo de argumento que puede tener un hecho: argumento-hecho, argumento-regla y argumento-regla-puente, basado en los diferentes elementos del conocimiento de contexto del agente.

Regla (Objeto-Logico):
 Antecedentes:
 Consecuentes:

Regla-Puente (Objeto-Logico):
 Hecho:
 Depende-de:

Argumento-Hecho (Argumento)

Argumento-Regla (Argumento)

Argumento-Regla-Puente (Argumento)

El proceso de argumentacion trabaja de la siguiente manera:

```
Argumentacion( Agente, Hecho )  
  Argumentacion <- Argumentacion-Inicial(Agente,Hecho)  
  Argumentar(Argumentacion)
```

```
Argumentar( Argumentacion )  
  Argumentos <- Construir-Argumentos(Argumentacion)  
  Condicion:  
    Vacio-p(Argumentos)  
    'Fallo  
  T  
    Agregar-Argumentos(Argumentacion,Argumentos)  
  Fin Condicion
```

```
Construir-Argumentos( Argumentacion )  
  Argumentos <- Antecedentes-p(Agente(Argumentacion),  
                                Argumentos(Argumentacion))  
  Condicion:  
    Vacio(Argumentos-Expandidos)  
    'Fallo  
  T  
    Añadir-Argumentos(Argumentacion,Argumentos)  
  Fin Condicion
```

```
Antecedentes-p( Agente, Argumentos )  
  Hechos <- Existen-Hechos-Base(C-C(Agente),Argumentos)  
  Reglas <- Existen-Reglas-Base(C-C(Agente),Argumentos)  
  Reglas-Puente <- Existen-Reglas-Puente-Base(C-C(Agente),Argumentos)  
  Antecedentes <- Unir(Hechos,Reglas,Reglas-Puente)  
  Condicion:  
    Vacio(Antecedentes)  
    'Fallo  
  T  
    Argumentacion <- Definir-Arg(Antecedentes)  
    Argumentar(Argumentacion)  
  Fin Condicion
```

```
Añadir-Argumentos( Argumentacion, Argumentos )  
  Reunir-Argumentos(Argumentos(Argumentacion), Argumentos)
```

```
Agregar-Argumentos( Argumentacion, Argumentos )  
  Grado-Credibilidad(Argumentacion) <- Aplicar(Max-G-C,Argumentos)  
  Argumentos(Argumentacion) <- Argumentos
```

```
Pedir-Colaboracion( Agente,Hecho )  
  Credibilidad-Agente(Argumentacion(Agente,Hecho))
```

6.3.2.4 Conocimiento Social y Problemas Centrales

El Sistema de Argumentación compuesto por el sistema-planificador debe encontrar las intersecciones entre las causas de los diferentes argumentos de los problemas existentes. Para ello se uti-

liza los procesos Buscar-Intersecciones y Mostrar-Problemas-Centrales:

```
Buscar-Intersecciones( Argumentos )
  Intersecciones <- Lista-vacia
  Para cada Argumento de Argumentos
    Interseccion <- Buscar-Intersecciones(Argumento,Resto(Argumentos))
    Cuando Interseccion
      Intersecciones <- Unir(Interseccion,Intersecciones)
    Fin Cuando
  Fin Para
  Intersecciones

Buscar-Intersecciones( Argumento, Argumentos )
  Intersecciones <- Lista-Vacia
  Para cada Argumento2 de Argumentos
    Cuando <(Agentes(Argumento),Agente(Argumento2))
      Para cada Causa de Argumento
        Interseccion&Agentes <- Encontrar(Causa,Argumento2)
        Cuando Interseccion
          Intersecciones <- Unir(Interseccion&Agentes,Intersecciones)
        Fin Cuando
      Fin Para
    Fin Cuando
  Fin Para
  Intersecciones

Mostrar-Problemas-Centrales( Problemas, Argumentos )
  Intersecciones <- Contar-Repetidos(Buscar-Intersecciones(Argumentos))
  Intersecciones-Def <- Reducir(Unir(Problemas,Intersecciones))
  Generar-Problemas-Centrales(Ordenar-por-NAgentes(Intersecciones-Def))
```

Cada problema central tiene la estructura heredada de problema:

```
Problema-Central (Problema)
```

6.3.3 Generación de Planes Alternativos

Una vez generada la lista de problemas centrales, ordenada por el número de agentes que lo han identificado, pasamos a la fase de Generación de Planes Alternativos.

6.3.3.1 Problema y Objetivo

El primer paso para poder generar los planes alternativos es definir los valores de los objetivos. La manera más sencilla y automática es utilizar como estado final del problema el complementario del estado inicial; otra manera es definir la función semántica de la variable que define el dominio del problema y explicitar el valor del objetivo. Por ejemplo en el hecho Número de Accidentes:

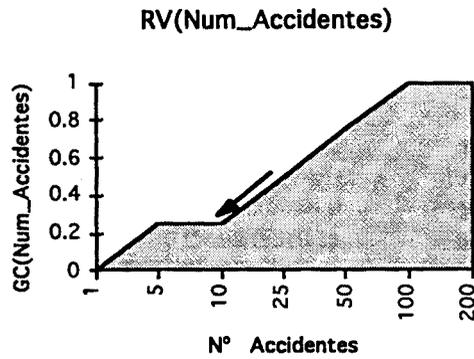


Figura 6.9: Función Semántica de Num_Accidentes.

Añadiendo los atributos siguientes a la entidad Hecho:

Hecho (Objeto-Logico):
 Funcion-Semantica:
 Terminos-Asociados:

Funcion-Semantica (Objeto):
 Pares-Universo-Discurso-Grado-Credibilidad:

Terminos-Asociados (Objeto):
 Pares-Grados-Credibilidad-Terminos:

Par-Universo-Discurso-Grado-Credibilidad (Objeto-Logico)

Par-Grado-Credibilidad-Termino (Objeto-Logico)

podemos definir el objetivo a partir de su Grado-Credibilidad o explicitando el valor el Universo-Discurso y obteniendo el Grado-Credibilidad mediante la Funcion-Semantica, o el Termino mediante la composición de la Funcion-Semantica y los Terminos-Asociados.

Cada objetivo seguirá siendo objetivo para los agentes interesados si:

```

Objetivo-Persistente-p ( Objetivo, Agente )
  Si Bel(Agente,NO(Objetivo))
    Si Bel(Agente,
      OR(PuedeResolverse-p(Objetivo),ImposibleResolverse-p(Objetivo)))
      Eliminar-Objetivo-Persistente(Objetivo,Agente)
    Fin Si
  Fin Si

```

```

Objetivo-Persistente-p ( Objetivo, Grupo )
  Si C-Bel(Grupo,NO(Objetivo))
    Si C-Bel(Grupo,
      OR(PuedeResolverse-p(Objetivo),ImposibleResolverse-p(Objetivo)))
      Eliminar-Objetivo-Persistente(Objetivo,Grupo)
    Fin Si
  Fin Si

```

6.3.3.2 Problema y Plan

Una vez establecidos los objetivos, cada problema central se compone por su estado inicial y final. El siguiente paso es el lincaje de cada problema central con una lista de planes abstractos alternativos, que inicialmente estará vacía.

Un plan está definido por el problema que resuelve y el grupo de agentes que lo realizan. Un plan abstracto hereda los atributos de plan añadiendo las tareas que resuelven el problema.

Plan (Objeto-Logico):

Problema:

Resuelto-por:

Plan-Abstracto (Plan):

Tareas:

Restricciones-Ordenacion:

Lincajes-Causales:

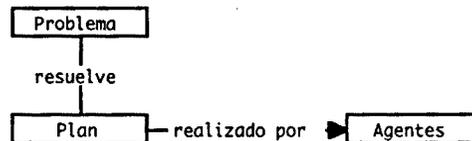


Figura 6.10: Estructura de Plan.

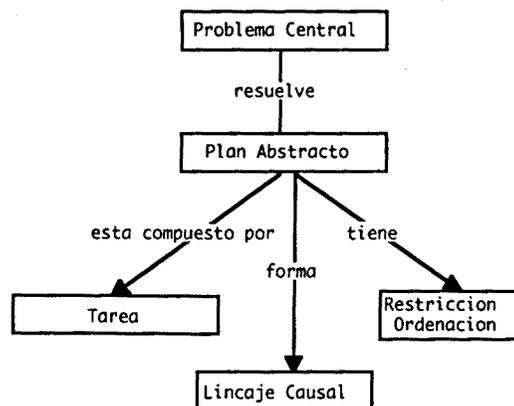


Figura 6.11: Estructura de Plan Abstracto.

6.3.3.3 Tarea

Los elementos que componen un plan abstracto son las tareas. Cada tarea transforma una situación inicial en una final; dicha tarea se puede intentar realizar cuando se cumplan las precondiciones necesarias y no se presenten las amenazas inevitables; durante la ejecución de la tarea, se deben cumplir las condiciones necesarias de ejecución.

Tarea (Objeto-Logico):
 Situacion-Inicial:
 Situacion-Final:
 Precondiciones-Necesarias:
 Amenazas-Inevitables:
 Condiciones-Ejecucion-Necesarias:
 Efectos-Necesarios:

El tratamiento de las tareas en la fase de Generación de Planes Alternativos no tiene en cuenta posibles amenazas en el intento y ejecución de la tarea.

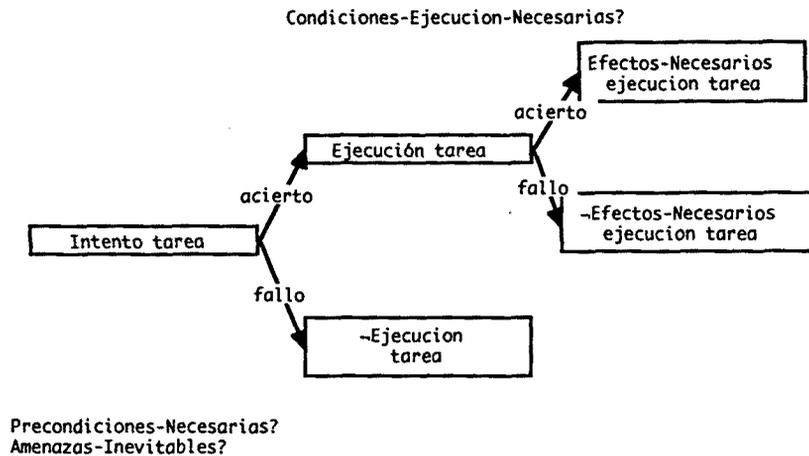


Figura 6.12: Fases de una Tarea.

6.3.3.4 Proceso de Planificación

En la PDC el proceso de planificación abstracta se basa en un sistema de argumentación con múltiples contextos y los conceptos de la planificación abstracta, conteniendo los procesos necesarios para tratar planes-parciales, tareas, lincajes causales y restricciones de ordenación, descrito en el Apartado 4.3.6.

6.3.3.5 Oportunidad de Cooperación

El grupo de agentes descubre que existe una oportunidad de cooperar para resolver un problema cuando:

```
Oportunidad-Cooperacion-p( Agente, Grupo, Objetivo )
  Cuando Objetivo-Preistente-p(Objetivo,Agente)
  Accion <- Puede-p(Agente,Objetivo)
  Planificacion <- Pueden-p(Grupo,Objetivo)
  Consenso <- Consenso-Planificacion(Grupo,Objetivo,Planificacion)
  Cuando Consenso
    OR(NO(Puede-p(Agente,Objetivo)),
      NO(Acuerdo-Planificacion(Agente,Objetivo,Accion))))
```

```
Fin Cuando
Fin Cuando
```

```
Puede-p( Agente, Objetivo )
Argumentacion2(Agente,Objetivo)
```

```
Pueden-p( Grupo, Objetivo )
Plan-Inicial <- '(inicio fin)
Planes <- Crear-Lista-Planes(Unir(Plan-Inicial,))
Para cada Agente de Grupo
Argumentacion2(Agente,Objetivo)
Fin Para
```

añadiendo la clase argumento-tarea y modificando la función antecedentes-p:

```
Antecedentes-p( Agente, Argumentos )
Hechos <- Existen-Hechos-Base(C-C(Agente),Argumentos)
Reglas <- Existen-Reglas-Base(C-C(Agente),Argumentos)
Reglas-Puente <- Existen-Reglas-Puente-Base(C-C(Agente),Argumentos)
Tareas <- Existen-Tareas-Base(C-P(Agente), Argumentos)
Antecedentes <- Unir(Hechos,Reglas,Reglas-Puente,Tareas)
Condicion:
Vacio(Antecedentes)
'Fallo
T
Argumentacion <- Definir-Arg(Antecedentes)
Argumentar(Argumentacion)
Fin Condicion
```

6.3.3.6 Conocimiento Social y Planes Alternativos

Al igual que en la fase de Identificación de los Problemas, el grupo de agentes debe disponer de una estrategia social en la fase de planificación, compuesta por una función de consenso y una de acuerdo.

Al igual que en la fase de Identificación, de los Problemas las funciones de consenso son: unanimidad y mayoría.

La función de acuerdo utilizada en la fase de Generación de Planes Alternativos es:

```
Acuerdo-Planificacion( Grupo, Problema, Tarea )
and(or(Beneficio-Planificacion(Grupo,Problema) >=
Coste-Planificacion(Grupo,Tarea),
Beneficio-Planificacion(Agente(Tarea),Problema) >=
Coste-Planificacion(Agente(Tarea),Tarea)),
or(Beneficio-Planificacion(Agente,Problema) >=
Coste-Planificacion(Resto(Grupo, Agente),Tarea),
Beneficio-Planificacion(Resto(Grupo,Agente),Problema) >=
Coste-Planificacion(Agente(Tarea),Tarea))

Consenso-Planifiacion-p( Grupo, Problema, Plan )
Resultado-Consenso <- Nulo
Para cada Tarea de Plan
Resultado <- Unir(Resultado,
Acuerdo-Planificacion(Grupo,Problema,Tarea))
```

```

Fin Para
Aplicar(AND,Resultado)

Mayoría-Planificación-p( Grupo, Problema, Plan )
Resultado-Consenso <- Nulo
Para cada Tarea de Plan
Resultado <- Unir(Resultado,
Acuerdo-Planificación(Grupo,Problema,Tarea))

Fin Para
Aplicar(Mitad+1-p,Resultado)

```

6.3.4 Viabilidad de los Planes

Después de haber generado los Planes Alternativos el grupo de agentes debe calcular la viabilidad de cada plan, desarrollándolo y estudiando la tendencia del contexto para escoger las acciones más adecuadas que acerquen al objetivo del plan.

La fase de Viabilidad de los Planes es la encargada de dicho cálculo.

6.3.4.1 Plan Detallado, Acción y Comportamiento

Desde el punto de vista de la planificación jerárquica, una tarea puede ser tratada como una acción descomponible, de esta manera, cada tarea perteneciente a un plan abstracto puede ser descompuesta en un conjunto de planes alternativos detallados. Los elementos clave para realizar dicha descomposición son acción, comportamiento y plan detallado.

```

Plan-Detallado (Plan):
  Acciones:

Accion (Tarea):
  Comportamientos:

Comportamiento (Objeto-Logico):
  Precondiciones:
  Amenazas-Posibles:
  Condiciones-Ejecucion:
  Amenazas-Ejecucion:
  Efectos:
  Efectos-Disyuntivos:

```

y la función **Descomponer(Tarea)** (será explicada más adelante). Se puede observar como la representación de la entidad acción es mediante un conjunto de comportamientos dependientes del contexto en donde se aplican, al mismo tiempo que introducimos el concepto de amenaza para poder tratar la incertidumbre en los efectos esperados.

```

Amenaza (Objeto-Logico):
  Causas:
  Efectos:

```

```

Amenaza-Posible (Amenaza)

```

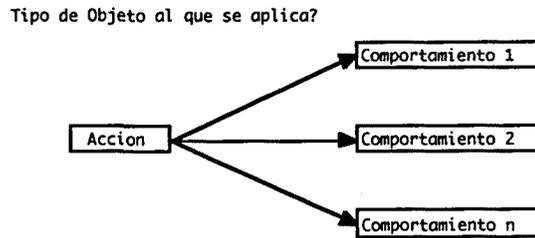


Figura 6.13: Comportamientos de una Acción.

Cuando se aplica un comportamiento, se pueden diferenciar las etapas que se muestran en la Figura 6.14:

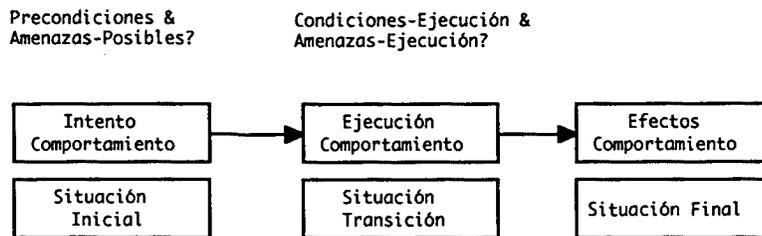


Figura 6.14: Etapas de un Comportamiento.

6.3.4.2 Precondiciones y Amenazas Posibles

En la etapa de intento se debe averiguar si se cumplen las precondiciones del comportamiento, y si existen amenazas posibles (hechos que disminuyen la posibilidad de poder intentar la acción).

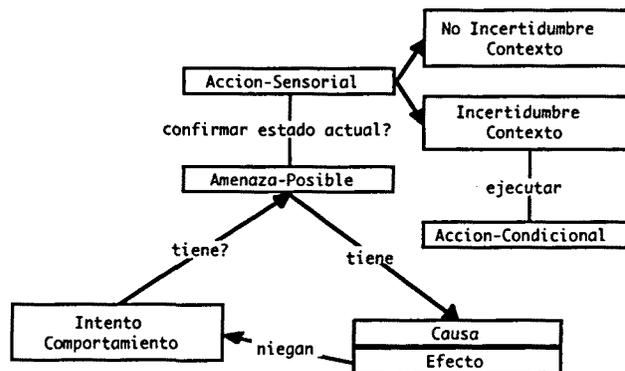


Figura 6.15: Etapa de Intento de un Comportamiento.

Precondiciones-p(Situacion, Comportamiento)
 Subconjunto-p(Precondiciones(Accion),Hechos(Situacion))

Amenazas-Posibles-p(Situacion, Comportamiento)
 Resolver(Presentes-p(Amenazas-Posibles(Accion),Hechos(Situacion)))

```

Resolver( Amenazas )
  Plan-Sensorial <- Plan-Vacio
  Para cada Amenaza de Amenazas
    Si >=(Grado-Credibilidad(Amenaza),Umbral-Riesgo)
      Acciones <- Buscar-Acciones-Sensoriales(Amenaza,C-P)
      Amenaza, Accion <- Aplicar-Mejor-Accion(Amenaza,Acciones)
      Si >=(Grado-Credibilidad(Amenaza),Umbral-Riesgo)
        Plan-Sensorial <- Unir(Plan-Sensorial,Accion)
      Sino
        Salir
    Fin si
  Fin si
Fin Para
Plan-Sensorial

```

Cada plan sensorial es un plan que se debe realizar para poder averiguar el estado de las amenazas posibles al intento del comportamiento mediante acciones sensoriales que obtienen la información que se requiere del contexto, dichos planes sensoriales son añadidos al plan detallado.

Accion_Sensorial (Tarea)

Plan-Sensorial (Plan-Detallado)

Junto a cada plan sensorial existe un plan condicional que se debe ejecutar en el caso de que el plan sensorial devuelva resultados con un alto grado de incertidumbre (Grado Credibilidad próximo a 0.5).

Accion_Condicional (Tarea)

Plan-Condicional (Plan-Detallado)

6.3.4.3 Agente y Conocimiento de Planificación

Ahora podemos definir el conocimiento que un agente tiene en el ámbito de la planificación, teniendo en cuenta los campos de planificación abstracta y detallada.

Dominio-Planificacion (Dominio):

Tareas:

Acciones:

Acciones-Sensoriales:

Acciones-Condicionales:

Restricciones:

Conocimiento-Planificacion (Dominio-Planificacion)

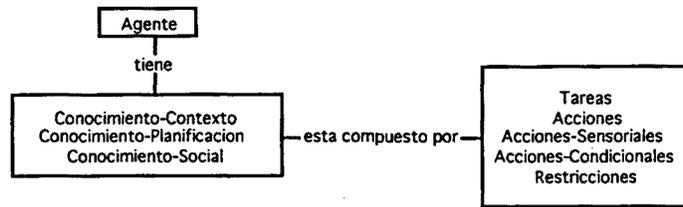


Figura 6.16: Conocimiento de Planificación de un Agente.

6.3.4.4 Condiciones de Ejecución y Amenazas de Ejecución

En la etapa de ejecución del comportamiento se debe averiguar si se cumplen las condiciones de ejecución durante todo el intervalo de tiempo que se debe ejecutar, y si existen amenazas de ejecución (hechos que impiden que se cumplan los efectos deseados del comportamiento, o que pueden generar otros hechos de tipo lateral).

En la etapa de ejecución, las amenazas de ejecución juegan el papel de bifurcar la dirección de los efectos deseados.

Amenaza-Ejecucion (Amenaza)

Mientras que en la fase de intento, las amenazas posibles tan sólo niegan el intento del comportamiento, en la fase de ejecución, las amenazas de ejecución pueden negar los efectos necesarios, o por otro lado, generar un conjunto de efectos laterales, que pueden ser indiferentes, críticos, o catastróficos para el contexto.

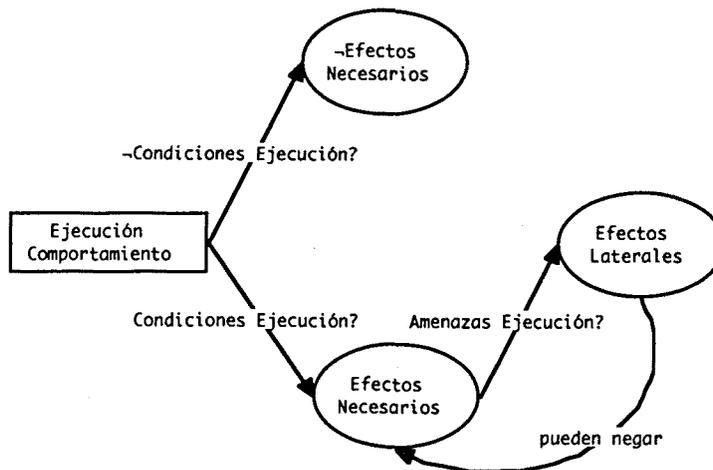


Figura 6.17: Etapa de Ejecución de un Comportamiento.

Condiciones-Ejecucion-p(Situacion, Comportamiento)
 Subconjunto-p(Condiciones-Ejecucion(Accion),Hechos(Situacion))

Amenazas-Ejecucion-p(Situacion, Comportamiento)
 Presentes-p(Amenazas-Ejecucion(Accion),Hechos(Situacion))

```

Expandir( Situacion, Comportamiento )
  Situaciones-Iniciales <- Crear-L-Sit(Efectos-p(Comportamiento))
  Para cada Sit-Inicial de Situaciones-Iniciales
    Para cada Amenaza-Ejecucion de Amenazas-Ejecucion(Comportamiento)
      Situacion-Posible <-
        Generar-Sit-Efecto(Sit-Inicial,Amenaza-Ejecucion,RD)
      Situaciones-Posibles <- Unir(Situaciones-Posibles,
        Situacion-Posible)
    Fin Para
  Fin Para
  Situaciones-Posibles

Efectos-p( Comportamiento )
  Condicion:
  Efectos(Comportamiento)
  Condicion:
  Efectos-Disyuntivos(Comportamiento)
    Sits <- Lista-Vacia
    Para cada Efecto-Disyuntivo
      Sit <- Crear-Sit(Unir(Efectos(Comportamiento),
        Efecto-Disyuntivo))
      Sits <- Unir(Sits, Sit)
    Fin Para
  Sits
  T
  Efectos(Comportamiento)
  NO(Efectos(Comportamiento))
  Condicion:
  Efectos-Disyuntivos(Comportamiento)
    Sits <- Lista-Vacia
    Para cada Efecto-Disyuntivo
      Sit <-
        Crear-Sit(Unir(Efectos-Necesarios(
          Accion-con-Nombre(Nombre(Comportamiento))),
          Efecto-Disyuntivo))
      Sits <- Unir(Sits, Sit)
    Fin Para
  Sits
  T
  Efectos-Necesarios(Accion-con-Nombre(Nombre(Comportamiento)))
  Fin Condicion

```

6.3.4.5 Situaciones Posibles y Entropía

A la hora de generar cada situación efecto debida a una amenaza, se averigua cuál será el resultado de los efectos de la amenaza sobre cada una de las situaciones iniciales. Dichas situaciones iniciales son las situaciones posibles, efecto de haberse cumplido las condiciones de ejecución y/o la presencia de efectos disyuntivos.

```

Generar-Sit-Efecto( Situacion, Amenaza, Restricciones-Dominio )
  Eliminar-Contradicciones(Unir(Situacion,Efectos(Amenaza)),
    Restricciones-Dominio)

```

De entre todas las situaciones posibles que se pueden generar de la ejecución de una acción, la situación más probable (posible), será la que presente un grado de desorden mayor, es decir, la que tenga una entropía mayor.

```

Entropia-Shannon( Situacion )
  Total <- 0
  Para cada Hecho de Hechos(Situacion)
    Total <- +(Total,Entropia-Shannon(Hecho))
  Fin Para
  /(Total,*(Nº-Hechos(Situacion),ln(2)))

Situacion-mas-Probable( Situaciones-Posibles )
  Primera(Ordenar-Dec-por(Entropia-Shannon,Situaciones-Posibles))

```

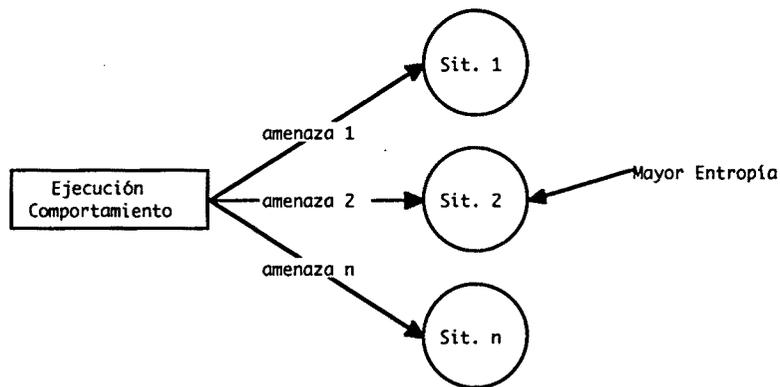


Figura 6.18: Situación más Probable tras la Ejecución de un Comportamiento.

De esta manera se representa la incapacidad de control por parte de un agente sobre el resultado de ejecutar una acción, en todo caso, el agente es libre de seleccionar cuál será la acción que más le acercará a la situación objetivo.

6.3.4.6 Proceso de Cálculo de Viabilidad

El proceso global para calcular la viabilidad de cada plan detallado a medida que se va generando consiste en la colaboración de los procesos expandir (mostrado en el subapartado 6.3.4.3), añadir y seleccionar:

```

Seleccionar( Comportamientos, Situacion-Objetivo )
  Comportamientos&Efectos <- Lista-Vacia
  Para cada Comportamiento de Comportamientos
    Sit <- Situacion-mas-Probable(Expandir(Situacion,Comportamiento))
    Comportamiento&Efecto <- Unir(Comportamiento,Sit)
    Comportamientos&Efectos <- Unir(Comportamientos&Efectos,
                                     Comportamiento&Efecto)
  Fin Para
  Comportamientos&Efectos

Añadir( Acciones, Planes )
  Plan-a-Expandir <- Primero(Planes)
  Planes <- Eliminar(Plan-a-Expandir, Planes)

```

```

Para cada Accion de Acciones
  Planes <- Añadir(Añadir-Accion(Plan-a-Expandir,Accion),
                  Planes)

```

```

Fin Para
Ordenar-Crec-por(Funcion-Ordenacion,Planes)

```

```

Planificar( Agente, Problema )

```

```

  Planes <- Crear-Lista-Planes(Plan-Inicial(Problema))
  Hacer Hasta Vacía-p(Planes)

```

```

  Condicion:

```

```

    Solucion?(Primero(Planes),Problema)
    Primero(Planes)

```

```

    Acciones-Applicables-p(Situacion-Inicial(Problema),Agente)

```

```

    Acciones-Applicables-Resueltas <-

```

```

      Generar-Planes-Sensoriales(Acciones-Applicables)

```

```

    Planes <- Añadir(Seleccionar(Acciones-Applicables-Resueltas,
                                Situacion-Final(Problema)),
                    Planes)

```

```


```

```

    Planes <- Eliminar-Redundantes(Planes)

```

```

  Fin Condicion

```

```

Fin Hasta

```

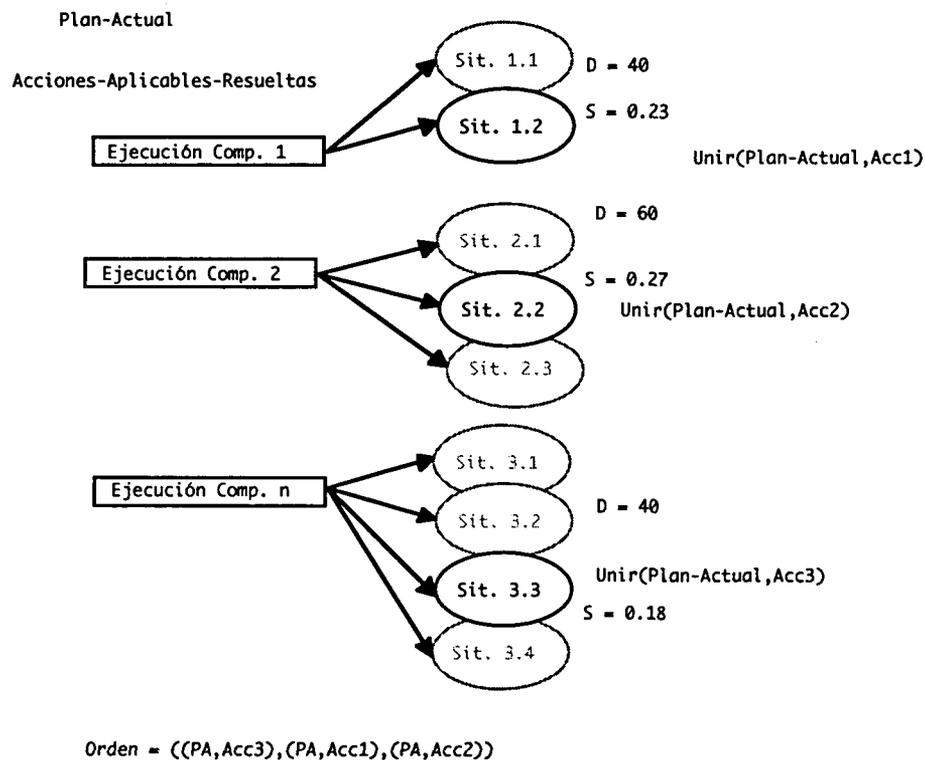


Figura 6.19: Proceso de Planificación.

Cada agente al que se le ha asignado una tarea en la fase de Generación de Planes Alternativos intenta desarrollar un conjunto de planes detallados ordenados por la media de entropía y distancia al objetivo. En cada expansión del plan actual, el agente evalúa la aplicabilidad de las acciones disponibles y resuelve las posibles amenazas para el intento de cada acción, generando

planes sensoriales para cada amenaza. Con las acciones aplicables resueltas, el agente expande las posibles situaciones posibles que se pueden generar de la ejecución de cada acción y selecciona la situación con mayor desorden. Una vez generados los nuevos planes parciales, se ordenan de forma creciente por la función de ordenación, y se comienza a expandir el primer plan.

```

Funcion-Ordenacion( Plan )
  /(+ (Recorrido(Plan), Estimacion(Plan)), 2)
Recorrido( Plan )
  Entropia-Global(Plan)

Estimacion( Plan )
  /(+ (Entropia-Local(Plan),
      Distancia-Objetivo(Plan, Situacion-Final(Problema(Plan))), 2)

Entropia-Global( Plan )
  media(Aplicar(Entropia-Shannon(Situacion-Final(Accion)),
      Acciones(Plan)))

Entropia-Local( Plan )
  Entropia-Shannon(Situacion-Final(Ultima-Accion(Plan)))

```

6.4 Conclusiones

En este capítulo hemos ido describiendo el prototipo ONGIA utilizando el modelo de Planificación de Desarrollo Cooperativo desarrollado en los capítulos 3, 4 y 5. Hemos mostrado las entidades que componen la PDC, sus jerarquías y relaciones, así como los procesos que se utilizan en cada una de las fases de la PDC.

En comparación con otras ontologías: como la del KSRL-PWG, o el OMWG, que han tenido desde sus inicios el objetivo de definir una información compartida y reutilizable, el nivel de abstracción de la PDC es correcto hasta los niveles de acción, en los que se define una serie de conceptos (amenazas posibles, amenazas de ejecución), especializados para el caso del tratamiento de la incertidumbre. Por la misma causa, la clasificación de los tipos de agente (beneficiarios directos, ..., excluidos, ..., de acción, ..., de ayuda) obedece al mismo objetivo.

Capítulo 7

Conclusiones

En el último capítulo de esta memoria vamos a exponer el conjunto de aportaciones, ventajas e inconvenientes de la metodología PDC. Posteriormente, comentaremos las futuras líneas de trabajo que nacen del presente trabajo.

7.1 Aportaciones de la PDC

En el Capítulo 1 comentábamos que la principal motivación de esta tesis ha sido encontrar una solución mediante las aportaciones de la Inteligencia Artificial al problema de la incertidumbre en la planificación de un tipo específico de proyectos: la planificación de Proyectos de Desarrollo.

7.1.1 Los Problemas

Para resolver el problema de la incertidumbre en los Proyectos de Desarrollo identificábamos los tres problemas principales causantes de la incertidumbre como:

Falta de Conocimiento Común. Los diversos conocimientos parciales e individualizados de los agentes que intervienen en el PD impiden la definición global y precisa de los problemas centrales del proyecto, así como de los objetivos.

Falta de Conocimiento Social. Los diferentes intereses de los agentes del proyecto definen una jerarquía a priori de los problemas identificados, estableciendo unos objetivos que no generan un equilibrio entre los distintos agentes involucrados.

Problema de la Cualificación y de Previsión del Contexto. La incapacidad de definir todas las precondiciones de una acción, junto a la de preveer la tendencia de todas las situaciones posibles simultaneas generadas, impiden estimar la viabilidad de un plan solución de un PD.

7.1.2 Los Modelos Solución

Los diferentes modelos que se han utilizado para dar solución a cada uno de los tres problemas expuestos anteriormente son:

Sistema Multi-Agentes. Para representar el conocimiento parcial de los agentes que intervienen en el proyecto se ha propuesto un sistema multi-agentes, en el que cada agente dispone de una teoría (conocimiento local) y un conjunto de reglas puente que le conectan con otros agentes del grupo (conocimiento colaborativo).

Sistema de Argumentación Multi-Contexto. Para resolver el problema de la identificación de los problemas se ha propuesto un sistema de argumentación con multicontextos (cada contexto es un agente), en el que la credibilidad de cada agente interviene en la etapa de agregación de los argumentos. El conjunto de argumentos contruidos sirve para definir el conjunto de problemas comunes, utilizado posteriormente para reducir el conjunto de problemas identificados.

Agentes Sociales. Los agentes disponen de una función de acuerdo de tipo social para filtrar la lista de problemas centrales. Dicha función se basa en el equilibrio de esfuerzos entre cada agente y el grupo, junto a la minimización de las pérdidas o maximización de las ganancias. La función de consenso se basa en la unanimidad.

Sistema de Planificación Abstracta. Para poder generar el máximo de soluciones alternativas a cada uno de los problemas centrales definidos, convertidos a objetivos mediante la explicitación del valor en el universo de discurso, se ha propuesto un sistema de planificación abstracta con ordenación parcial y búsqueda regresiva, apoyada en el sistema de argumentación previamente expuesto incrementado con el conocimiento de planificación abstracta (tareas, lincajes causales y restricciones de ordenación).

Agentes Sociales Responsables. Los agentes disponen de una segunda función de acuerdo para filtrar los planes generados, basada en el equilibrio de esfuerzos entre cada agente y el grupo/subgrupo que interviene en el plan, y la restricción de obtener un beneficio neto positivo (ganancias menos costes). Este tipo de función define a los denominados agentes sociales responsables. La función de consenso se basa en la unanimidad.

Sistema de Planificación Detallada. Para calcular la viabilidad de los planes abstractos se ha propuesto un sistema de planificación detallada con ordenación total y búsqueda progresiva. La función de ordenación está basada en el A^* , utilizando los parámetros de entropía global para el recorrido realizado, y la entropía local (de la situación actual) y distancia al objetivo para la estimación.

Cualificación Priorizada. Para poder resolver el problema de la cualificación se ha propuesto un sistema de ordenación de las precondiciones en los subconjuntos de precondiciones necesarias, amenazas inevitables y amenazas posibles para la etapa de intento de cada acción; y los subconjuntos de condiciones necesarias y amenazas de ejecución para la etapa de ejecución. Dentro de cada subconjunto, dicha ordenación hace referencia a la estimación subjetiva del agente del grado de asertación de cada hecho perteneciente al subconjunto.

Evolución de la Entropía. Para preveer la tendencia entre todas las situaciones posibles simultáneas generadas por la ejecución de una acción se ha utilizado el concepto de entropía de Shannon, dicho parámetro nos permite medir el grado de posibilidad de cada una de ellas. Estableciendo como la situación tendente aquella que presenta un grado mayor de desorden.

7.1.3 Los Resultados

En la evaluación de los resultados de la PDC hemos partido de un ejemplo utilizado en la metodología EML para poder realizar la comparación. Se ha de remarcar que el ejemplo, como todo ejemplo que pretende ser divulgativo, no presenta un alto grado de realismo, sino de claridad y simplicidad, ya que el objetivo es el poder plasmar la estructura y facilidad de una metodología (el EML). Debido a esta limitación, es difícil evaluar el modelo PDC en su nivel de eficacia real, sin embargo, hemos creído necesario utilizarlo, ya que ofrece un nivel de generalidad que un proyecto real no nos hubiera ofrecido, debido a la especificidad del problema, pudiendo provocar incluso algunos cambios en la estructura de ambas metodologías (EML y PDC). Cada uno de los resultados los vamos a agrupar en la fase en la que han intervenido.

Identificación de los Problemas Centrales. La metodología PDC permite identificar un conjunto ordenado de problemas centrales mediante la demostración de los problemas identificados por el conjunto de agentes, mientras que el EML/ZOPP identifican un único problema central, a partir del cual se generan los efectos y buscan las causas.

La PDC genera todas las demostraciones (argumentos) de cada problema identificado teniendo en cuenta la influencia global de todas ellas mediante el proceso de agregación, mientras que el EML/ZOPP intenta reducir la causa en un único hecho (el problema central). Consecuencia de ello es la exclusión de hechos que no pueden ser consecuencia del problema central.

La PDC no establece una jerarquía de los agentes (beneficiario directo, directo o excluido) a priori, sino a partir de la función de acuerdo social, utilizada posteriormente a la identificación de los problemas. El EML/ZOPP define dicha jerarquía antes de la identifi-

cación de los problemas, forzando los resultados en beneficio de los agentes de la jerarquía más alta (beneficiario directo).

La definición de los objetivos se basa en el EML/ZOPP en la negación de los problemas centrales, mientras que la PDC permite utilizar el mismo método o la explicitación del valor del objetivo en el universo de discurso.

Generación de Planes Alternativos. La metodología del EML/ZOPP establece los planes alternativos mediante las ramas medios-fines del árbol de objetivos (causas del objetivo central), mientras que la PDC los mantiene como simples estados objetivo para generar un conjunto de planes alternativos abstractos. Consecuencia de ello es que el EML define como únicos planes los fines (hitos) que se quieren obtener, por el otro lado, la PDC define un conjunto de planes alternativos por cada fin.

El hecho de utilizar el mismo sistema de argumentación que en la fase de identificación, ampliado con el conocimiento de planificación abstracta, permite a la PDC utilizar simultáneamente el conocimiento que cada agente tiene del contexto con las tareas que sabe realizar.

Por último, la PDC define una función de acuerdo social para seleccionar aquellos planes que pasarán a la fase de cálculo de viabilidad, proceso inexistente en el EML. Ganancia de ello es la oportunidad de generar muchos más planes alternativo,s ampliando así las posibilidades de solución de cada uno de los problemas centrales.

Viabilidad de los Planes. La metodología EML/ZOPP define un conjunto de actividades para obtener los objetivos de las ramas medios-fines del árbol de objetivos. La PDC ya genera dichos planes compuestos por tareas en la fase anterior, y genera un conjunto de planes detallados para cada una de las tareas del plan abstracto. La consecuencia es la obtención de un abanico mayor de posibilidades, expandido previamente mediante la planificación abstracta.

En la PDC la representación de las acciones permite definir las precondiciones y condiciones de ejecución de cada acción, así como las posibles amenazas en la etapa de intento y en la etapa de ejecución, finalmente, los efectos disyuntivos definen los posibles resultados añadidos y de fuente incierta que generan distintas variaciones de la situación posible. La estructura de situación inicial, de transición y final permite calcular la aplicabilidad y ejecutabilidad de cada acción.

Mediante el cálculo de la tendencia del contexto, en la PDC se puede prever por cuál situación posible seguirá la evolución del plan. La hipótesis de que en el sistema de planificación el incremento de entropía siempre es igual o mayor a medida que el plan avan-

za, se cumple siempre que no existe intercambio de información con el contexto [mediante acciones sensoriales (y condicionales)]. El *simil termodinámico* es la evaluación de la información local del agente como su entropía; debido al carácter monótono del proceso deductivo del agente, dicha entropía siempre se incrementa a medida que se deducen nuevos teoremas, pudiéndose reducir sólo en las situaciones en las que una acción sensorial aporta información extra al agente. De esta manera, aportación de información externa es análoga a la de energía al sistema.

La libertad del agente consiste en la selección de la acción que incremente más la viabilidad del plan; entendida como el plan por expansionar con mínimo desorden (entropía global), junto a la situación actual mejor definida (mínima entropía local) y la distancia mínima al objetivo. Dicha función de selección (ordenación de los planes parciales) es admisible y completa.

7.1.4 Las Ontologías Actuales

La Inteligencia Artificial se ha ido aplicando en los últimos 5 años a la definición de ontologías en otros ámbitos de la planificación: operaciones militares (OMWG), compartición de conocimiento de planificación (KRSL-PO, O-PLAN, ONTOLINGUA).

La importancia de una ontología es la posibilidad de especificar una conceptualización lo más general posible, para que ésta pueda ser reutilizable en diferentes ámbitos. El modelo PDC ha seguido dicha filosofía, evitando al máximo el problema de la dependencia del código de programación, buscando la coherencia y la extensibilidad. Sin embargo, dicha generalidad no se ha podido respetar a partir del nivel objeto correspondiente a los procesos específicos de la Planificación de Desarrollo.

Nos gustaría puntualizar un tema de difícil cohesión entre los ámbitos de la IA y la Ingeniería de Proyectos. Éste es un concepto que ya surgió en el informe del OMWG de Doyle (Doyle, 1994), y es la diferente concepción que tienen la IA y la IP sobre la inclusión de los planes alternativos en la generación de un plan. Mientras que para los segundos está claro que dichos planes alternativos deben incluirse como un posible bifurcación que se ha de tener en cuenta en caso de desviación del objetivo, para los primeros, un plan es una cadena simple de acciones que se deben llevar a cabo.

Este problema lo resolvió muy bien el sistema CASSANDRA (Thiébaux, 1993), añadiendo el concepto de acción sensorial y acción de toma de decisión, e incluyendo dichas acciones en la generación del plan. De esta idea es de donde se ha partido en el modelo PDC para la definición de acciones sensoriales y condicionales. Aún así, desde el punto de vista de la IP el plan resultante debe incluir todos los tipos de acciones, ya que se trata de una programación de un proyecto, mientras que en IA el concepto que impera es el de adaptabilidad.

7.2 Ventajas para el Usuario

Además de los resultados obtenidos por la metodología PDC, podemos exponer cuáles son las ventajas que presenta respecto a las metodologías que se están utilizando en la actualidad (EML y ZOPP) en la planificación de Proyectos de Desarrollo. Dichas ventajas se interpretan como los efectos positivos que el usuario identifica en la metodología (efectos expuestos mediante entrevistas con usuarios que han utilizado el prototipo ONGIA).

Facilidad en la Representación. La ontología definida por la PDC permite al usuario definir todos los elementos que participan en el proyecto con mayor facilidad que con las metodologías EML y ZOPP al disponer de una descripción más precisa.

Mayor Entendimiento del Proceso Dinámico de las Acciones. Las relaciones causales entre tareas, acciones y situaciones, unido a las funciones de ordenación y acuerdo, definidas en la PDC ofrece un mayor entendimiento del proceso de planificación al usuario.

Facilidad en la Valoración de los Conocimientos de los Agentes. La utilización de variables lingüísticas en la representación de los hechos que componen una situación [situación inicial (actual) o final (objetivo)] se acerca más al tipo de valoración que realiza el usuario.

Disponibilidad de una Metodología Especializada y Automatizada. La PDC es en sí una metodología de planificación especializada en Proyectos de Desarrollo, con la característica de ser precisa y acotada, mostrando fácilmente la potencia de ser automatizada.

7.3 Inconvenientes para el Usuario

Al mismo tiempo que un modelo propone una serie de innovaciones, mejoras, etc; presenta inmediatamente un obstáculo debido a la curva de aprendizaje y adaptación del usuario (sin tener en cuenta la interfaz con el usuario).

Dificultad en la Explicitación de los Conocimientos de los Agentes. El cambio de técnica de representación y de razonamiento, del holístico-procedural al lógico-deductivo, presenta un impedimento al usuario.

Limitación en las Funciones de Acuerdo. La utilización de modelos de agentes sociales, y específicamente de tipo responsable, limita la simulación de situaciones de presión o de cooperación interesada.

Opacidad de la Función de Ordenación de los Planes. Los conceptos utilizados de la rama de la termodinámica en la modelización del sistema en su totalidad presenta algunas dificultades de comprensión, aunque los resultados sean fácilmente asimilables por el usuario.

7.4 Futuras Líneas de Trabajo

El modelo PDC junto al prototipo ONGIA es el primer intento de aplicación de la Inteligencia Artificial unificado a la Ingeniería en el ámbito de la Planificación de Proyectos de Desarrollo. Si nos preguntamos el por qué de esta inusual circunstancia, rápidamente deducimos que es por el poco interés que el tema del Desarrollo y la Cooperación ha despertado hasta hace pocos años en ambos ámbitos.

La conclusión expuesta implica que las futuras líneas de trabajo son muy abiertas, y lo más importante, que se deben realizar en cooperación entre las dos disciplinas. Como un primer paso, el modelo PDC nos ha permitido vislumbrar cuáles son los temas más destacables que intervienen en la planificación de PDs.

Definición de Grupos Sociales. Estudio de distintas combinaciones de agentes sociales. Análisis de las influencias entre los agentes. Ampliación de funciones de acuerdo y estrategias de consenso.

Modelos de Conocimiento de Agentes. Ampliación a la utilización de múltiples contextos en el conocimiento de cada agente y su categorización.

Ampliación de la Representación y Generación Planes. Adición de acciones compartidas por varios agentes en la planificación detallada. Adición de funciones de coste relacionadas con las acciones, e integración de los parámetros de coste en la generación de los planes. Utilización del modelo de múltiples contextos para la partición de la lista de amenazas posibles y definición de la causalidad o ámbito de cada partición.

Bibliografía

- Allen, J. F. 1984. "Towards a general theory of action and time". en *Artificial Intelligence* 23, 123-154.
- Allen, J. F., Ferguson, G.. 1994. "Actions and Events in Interval Temporal Logic". CS Rochester, New York.
- Beneceretti, M., Cimatti, A., Giunchiglia, E., Giunchiglia, F., Serafini, L.. 1996. "Context-Based Formal Specification of Multi-Agent Systems". IRST TR 9605-05.
- Berk, A. A.. 1986. "Lisp El lenguaje de la Inteligencia Artificial". Anaya, Madrid.
- Blythe, J.. 1994. "Planning with External Events".CS Carnegie Mellon University, Pittsburgh.
- Bouquet, P. 1994. "A Mechanized Multi-Context Solution to McCarthy's GLM Problem". IRST TR 9406-12, Trento.
- Bouquet, P., Giunchiglia, F. 1994. "Reasoning about Theory Adequacy. A New Solution to the Qualification Problem". IRST-TR 9406-13, Trento.
- Brazier, F. M. T., Dunin-Keplicz, B. M., Jennings, N. R., Treur, J.. 1996. "DESIRE: Modelling Multi-agent Systems in a Compositional Formal Framework", *IJCIS'96*.
- Buck, B., Macaulay, V. A.. 1991. "Maximum Entropy in Action" Clarendon Press, Oxford.
- Cañabete, A.. 1997. "Toma de decisiones. Análisis y entorno organizativo". Col. Aula Teórica. Edicions UPC. Barcelona.
- Cohen, P. R., Levesque, H. J.. 1990. "Intention is choice with commitment". *Artificial Intelligence* 42, 213-261.
- Cortés, U., Moreno, A., Béjar, J.. 1993. "Inteligencia Artificial". Edicions UPC, Barcelona.
- Cuena, J.. 1985. "Lógica Informática". Alianza-Informática, Madrid.
- Currie, K.W, Tate, A.. 1991. "O-Plan: the Open Planning Architecture".en *Artificial Intelligence* 52 (1), 49-86.
- Charniak, E., McDermott, D.. 1985. "Introduction to Artificial Intelligence". Addison-Wesley, Massachusetts.
- Charniak, E., Riesbeck, C., McDermott, D., Meehan, J.. 1987. "Artificial Intelligence Programming". Lawrence Erlbaum Associates, Maryland.
- Dean, T., Allen, J., Aloimonos, Y.. 1995. "Artificial Intelligence, Theory and Practice". The

Benjamin/Cummings Publishing Company, Redwood.

Dennett, D. C.. 1987. "The Intentional Stance". MIT Press, Cambridge.

Doyle, J.. 1995. "Object Model Working Group Trip Report".
<http://www.medg.lcs.mit.edu/people/doyle/projects/po/omwg-trip-report.html>.

Elvang-Gøransson, M., Krause, P. J., Fox, J.. 1993. "Acceptability of arguments as "logical uncertainty"". ECSQARU'93.

Ernst, G., Newell, A., Simon, H.. 1969. "GPS: A Case Study in Generality and problem Solving". Academic press, New York.

Erol, K., Nau, D. S., Subrahmanian, V. S.. 1994. "Complexity, Decidability and Undecidability Results for Domain Independent Planning". Elsevier Science, Maryland.

Etzioni, O., Hanks, S., Weld, D., Draper, D., Lesh, N., Williamson, M.. 1992. "An approach to planning with incomplete information". en Proceedings of the 3rd International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning.

Fagin, R., Halpern, J. Y., Moses, Y., Vardi, M. Y.. 1996. "Reasoning About Knowledge". MIT Press. Massachusetts.

Fernández, José Manuel.. 1989. "Planificación de Proyectos Orientado a Objetivos: el Método Zopp", UPM.

Fox, J., Krause, P., Elvang-Gøransson, M.. 1996. "Argumentation as a general framework for uncertain reasoning".

Genesereth, M. R. & Nilsson N. J.. 1987. "Logical Foundations of Artificial Intelligence". Morgan Kaufmann, Los Altos.

Genesereth, M. R.. 1995. "Knowledge Interchange Format Especification".
<http://logic.stanford.edu/kif/specification.html>.

Georgeff, M.P., Lansky, A.L.. 1986. "Reasoning about Actions and Plans". Morgan Kaufmann, Proceedings of the 1986 Workshop, Oregon.

Gil Aluja, J., Kaufmann, A.. 1990. "Las Matemáticas del Azar y de la Incertidumbre". Ed. Ramón Areces, Madrid.

Ginsberg, M. L.. 1986. "Possible Worlds Planning". CS Standford University, Standford.

Ginsberg, M. L., Smith, D. E.. 1988a. "Reasoning About Action I: A Possible Worlds Approach". CS Standford University, Standford.

Ginsberg, M. L., Smith, D.E.. 1988b. "Reasoning About Action II: The Qualification Problem". CS Standford University, Standford.

- Ginsberg, M. L.. 1993. "Essentials of Artificial Intelligence". Morgan Kaufmann, USA.
- Ginsberg, M. L.. 1994. "Computational Considerations in Reasoning about Action", CS Stanford University, Stanford.
- Giunchiglia, F., Serafini, L., Giunchiglia, E., Frixione, M.. 1992. "Non-Omniscient Belief as Context-Based Reasoning". IRST-TR 9206-03. IRST. Trento.
- Giunchiglia, F.. 1992. "Contextual Reasoning". IRST-TR 9211-20. IRST. Trento.
- Giunchiglia, F., Giunchiglia, E., Serafini, L.. 1993. "Reasoners, Observers, Believers: Belief as Context-Based Reasoning". IRST-TR 9312-07.
- Giunchiglia, F., Ghidini, C.. 1997. "Local Models Semantics, or Contextual Reasoning = Locality + Compatibility". IRST-TR 9701-07.
- Goodwin, R.. 1993. "Formalizing Properties of Agents". TR CMU-CS-93-19. Carnegie Mellon University, Pittsburgh.
- Gordon-Drabek, A.. 1987. "Development Alternatives: The Challenge for NGO's". Pergamon Press/World Development, Vol. 15, Washington.
- Gruber, T. R.. 1993. "Toward Principles for the Design of Ontologies used for Knowledge Sharing". TR KSL 93-04. Knowledge Systems Laboratory. Stanford.
- Gruber, T. R.. 1997. "What is an Ontology?". <http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>.
- GTZ. 1987. "ZOPP".
- Haas, A.. 1986. "A syntactic theory of belief and action". *Artificial Intelligence* 28(3), 245-292.
- Haddaway, P.. 1994. "Representing Plans Under Uncertainty". Springer-Verlag, Germany.
- Haddaway, P., Hanks, S.. 1994. "Utility Models for Goal-Directed Decision-Theoretic Planners".
- Hájek, P.. 1985. "Combining functions for certainty degrees in consulting systems". , *Int. J. Man-Machine Studies* 22, 59-76.
- Halpern, J. Y., Moses, Y. O.. 1984. "Knowledge and Common Knowledge in a Distributed Environment". *Proceedings in the Third Association for Computing Machinery Conference on Principles of Distributed Computing*. New York: Association for Computing Machinery.
- Halpern, J. Y., Moses, Y. O.. 1985. "A Guide to the Modal Logics of Knowledge and belief: Preliminary Draft". *Proceedings of the Ninth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 480-490.
- Halpern, J. Y.. 1986. "Reasoning about knowledge: an overview". Morgan Kaufmann, Theorec-

- tical Aspects of Reasoning about knowlegde, Proceeding of the 1986 Conference, 1-17. Los Altos.
- Hanks, S., McDermott, D.. 1986. "Default Reasoning, Nonmonotonic Logics, and the Frame Problem", 390-395.
- Hanks, S., McDermott, D.. 1993. "Modelling a Dynamic and Uncertain World I: Symbolic and Probabilistic Reasoning about Change". CS&E,TR 93-06-10, University of Washington, Washington.
- Hintikka, J.. 1962. "Knowledge and Belief". Cornell University Press, New York.
- Hintikka, J.. 1986. "Reasoning about Knowledge in philosophy: the paradigm of epistemic logic". Morgan Kaufmann, Theoretical Aspects of Reasoning about knowlegde, Proceeding of the 1986 Conference, 63-80. Los Altos.
- IUDC. 1993. "El enfoque del marco lógico". Instituto Universitario de Desarrollo y Cooperación, UCM, Madrid.
- Jennings, N. R.. 1992a. "Towards a Cooperation Knowledge Level For Collaborative Problem Solving". Proc. 10th European Conf. on Artificial Intelligence (ECAI-92), Vienna, Austria, 224-228.
- Jennings, N. R.. 1992b. "On Being Responsible". Decentralized A. I. 3, (eds. E. Werner & Y. Demazeau), North Holland Publishers, 93-102.
- Jennings, N. R.. 1992c. "A Knowledge Level Approach to Collaborative Problem Solving". Proc. AAAI Workshop on Cooperation Among Heterogeneous Intelligent Agents, San Jose, USA, 55-64.
- Jennings, N. R.. 1993. "Commitments and Conventions: The Foundation of Coordination in Multi-Agent Systems". The Knowledge Engineering Review, 8 (3), 223-250.
- Jennings, N. R., Campos, J. R.. 1997. "Towards a Social Level Characterisation of Socially Responsible Agents". IEE Proceedings on Software Engineering, 144 (1).
- Kalenka, S., Jennings, N. R.. 1995. "On Social Attitudes: a preliminary report". International Workshop on Decentralised Intelligent and Multi-Agent Systems, Krakow, Poland, Nov. 22-24.
- Kane, T.B.. 1989. "Maximum entropy in Nilsson's probabilistic logic". Morgan Kaufmann, IJCAI 11, 452-457. California.
- Kleene, S.. 1952. "Introduction of metamathematics". Van Nostrand.
- Konolige, K. G.. 1984. "A Deduction Model of Belief and Its Logics". TN-326. Artificial Intelligence Center. SRI International. Menlo Park.
- Kowalski,R.. 1979. "Logic for Problem Solving". Elsevier. North Holland.

- Krause, P., Ambler, S., Elvang-Gøransson, M., Fox, J.. 1995. "A Logic of Argumentation for Reasoning under Uncertainty". *Computational Intelligence* 11, 113-131.
- Kripke, S.. 1963. "Semantical considerations of modal logic". *Zeitschrift für Mathematische Logik und Grundlagen der Mathematik* 9, 67-96.
- KRSL-PWG. 1995. "KRSL-Plans Working Group - Plans and Activities". <http://www.aiai.ed.ac.uk/~bat/krsl-plans-2feb95.html>.
- KRSL-PWG. 1996. "KRSL-Plans Working Group - Plans and Activities". <http://www.aiai.ed.ac.uk/~bat/krsl-plans.html>.
- Lazzari, L. L., Machado, E. A. M., Pérez, R. H.. 1994. "Teoría de la decisión en condiciones de incertidumbre (Fuzzy Decision)". *SIGEF* 319-336. Barcelona.
- Lesser, V. R.. 1989. "An Overview of DAI: Viewing Distributed AI as Distributed Search". ????
- Levesque, H.. 1984. "A logic of implicit and explicit belief". *AAAI-84*. 198-202.
- Lifschitz, V.. 1986. "On the semantics of STRIPS".
- Lukasiewicz, J.. 1967. "On 3-valued Logic". *S. Polish Logic*, Oxford.
- Llerena, F., Garrés, M., Bach, V.. 1994. "Comparació formal entre probabilitat, possibilitat i necessitat". *SIGEF*, 339-346. Barcelona.
- Maes, Pattie. 1988. "Issues in computational reflection". Elsevier Science Publishers B. V. , *Meta-level architectures & reflection*, 21-35. North Holland.
- McCarthy, J.. 1959. "Programs with common sense". *Mechanization of thought processes*, Vol. I. London.
- McCarthy, J.. 1969. "Some philosophical problems from the standpoint of AI". *Machine Intelligence* 4. 26-45. New York.
- McCarthy, J.. 1977. "Epistemological problems of AI". Morgan Kaufmann, *IJCAI* 5, 46-52. Cambridge.
- McCarthy, J.. 1978. "Ascribing mental qualities to machines". TR 94305. Stanford University AI Lab. Stanford.
- McCarthy, J. 1980. "Circumscription - A Form of Non-Monotonic Reasoning". *AI* 13. 27-39.
- McCarthy, J. 1986. "Applications of Circumscription to Formalizing Common-Sense Knowledge". *AI* 28. 71-87.
- McCarthy, J.. 1987. "Generality in Artificial Intelligence". *Communications of the ACM*. Vol. 30, Nº 12. 1030-1035.

- McCarthy, J.. 1993. "Notes on Formalizing Context". Proceedings of the Thirteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence.
- McCarthy, J., Buvac, S.. 1994. "Formalizing Context. Expanded Notes". TR STAN-CS-TN-94-13. Stanford.
- McDermott, D. & Doyle, J.. 1980. "Non-monotonic logic I". AI 13. 41-72.
- McDermott, D. 1986. "AI, Logic, and the Frame Problem".105-118.
- Minton, S., Bresina, J., Drummond, M.. 1994. "Total-Order and Partial-Order Planning: A Comparative Analysis". Journal of Artificial Intelligence Research 2, 227-262.
- Morgenstern, L.. 1986. "A First Order Thoery of Planning, Knowledge, and Action". Morgan Kaufmann, Theoretical Aspects of Reasoning about Knowledge, Proceedings of the 1986 Conference, 99-114. Los Altos.
- Moses, Y.. 1986. "Knowledge in a Distributed Environment". Stanford, CA: Stanford University.(Ph.D. dissertation).
- Negoita,C.V.. 1985. "Expert Systems and Fuzzy Systems". The Benjamin/Cummings Publishing Company, Menlo Park.
- Newell, A., Simon, H. A.. 1972. "Human Problem Solving". Prentice-Hall, New Jersey.
- Newell, A.. 1982. "The Knowledge Level". Artificial Intelligence, 18(1): 82-127.
- Nilsson, N. J.. 1971. "Problem-Solving Methods in Artificial Intelligence". McGraw-Hill, New York.
- Nilsson, N. J.. 1986. "Probabilistic logic". AI 28, 71-87.
- Nilsson, N. J. . 1987. "Principios de Inteligencia Artificial". Diaz de Santos, Madrid.
- NORAD. 1990. "The Logical Framework Approach (LFA)". Oslo.
- Paniagua, E.. 1994. "Evaluación de la fiabilidad de sistemas sensibles al contexto". CIPE'94.
- Paniagua, E.. 1995. "Representación y generación de planes con incertidumbre". TJI-95. Belaterra.
- Paniagua, E.. 1996. "A Model of Dinamic Belief & Knowledge for Intelligent Agents". COMSTAT'96.
- Parsons, S.. 1996. "Defining normative systems for qualitative argumantation". Proceedings of the International Conference on Formal and Applied Practical Reasoning.
- Plank, R.. 1962. "The Concept of Entropy". Institute of Technology, Karlsruhe.

- Pryor, L., Collins, G.. 1996. "Planning for Contingencies: A Decision-based Approach". JAIR 4. 287-339.
- Ramírez, D.. 1994. "Sistemas de decisión en condiciones de incertidumbre con evaluación ponderada aplicados al análisis financiero". SIGEF, 257-278. Barcelona.
- Rasiowa, H.. 1974. "An algebraic approach to non-classical logics". North-Holland Publishing Comp., Amsterdam.
- Reiter, R.. 1980. "A logic default reasoning". AI 13, 81-132.
- Rich, E. . 1988. "Inteligencia Artificial". Gustavo Gili, Barcelona.
- Russell, S., Norvig, P.. 1995. "Artificial Intelligence. A Modern Approach". Prentice Hall Series in AI, New Jersey.
- Shoham, Y.. 1986a. "Chronological Ignorance: An Experiment in Nonmonotonic Temporal Reasoning". 396-409.
- Shoham, Y. 1986b . "What is the frame problem?". 5-21.
- Shoham, Y.. 1987. "Temporal logics in AI: semantical and ontological considerations". , Artificial Intelligence 33 (1), 89-104.
- Shoham Y.. 1988. "Reasoning About Change". Mit Press, Massachussets.
- Shoham, Y., Goyal, N.. 1988. "Temporal Reasoning in Artificial Intelligence". H.E. Shrobe, Morgan Kaufmann, AAAI, 419-438. San Mateo.
- Singh, M. P.. 1996. "Toward a Model Theory of Actions: How Agents do it in Branching Time".
????
- Slagle, J.R.. 1971. "Artificial Intelligence: The Heuristic Approach, PhD thesis". McGraw-Hill, USA.
- Stefik, M.. 1981. "Planning and Meta-Planning (MOLGEN: Part 2)". AI 16. 141-169.
- Stefik, M.. 1995. "Introduction to Knowledge Systems". Morgan Kaufmann, San Francisco.
- Tate , A.. 1994. "A Plan Ontology - a Working Document". AIAI, Edinburgh.
- Tate, A., Drabble, B., Dalton, J.. 1994. "The Use of Condition Types to Restrict Search in an AI Planner". AIAI, Edinburgh.
- Tate, A.. 1995. "Towards a Plan Ontology". AIAI, Edinburgh.
- Thiébaux, S., Hertzberg, J., Shoaff, W., Schneider, M.. 1993. "A Stochastic Model of Actions and Plans for Anytime Planning under Uncertainty". TR-93-027, Melbourne.

- Thielscher, M.. 1996. "Qualification and Causality". TR-96-026. International Computer Science Institute, Berkley.
- Trillas, E.. 1980. "Conjuntos Borrosos". Vicens Vives, Barcelona.
- Turner, R.. 1984. "Logics for Artificial Intelligence". Ellis Horwood, Chichester.
- Valverde, Ll.. 1992. "Razonamiento aproximado y lógica borrosa". CSIC, Nuevas Tendencias, Ed. Trillas, E., Gutierrez Ríos, J..
- Veloso, M., Stone, P.. 1995. "FLECS: Planning with a Flexible Commitment Strategy". Morgan Kaufmann, Artificial Intelligence 3, 25-52. San Mateo.
- Verhaegen, K.. 1987. "Self-help promotion: a challenge to the NGO community". CEBEMO/KIT, Amsterdam.
- Vila, Lluís. 1994. "On temporal representation and reasoning in knowledge-based systems". PhD Thesis (IIIA), Bellaterra.
- Winston, P. H.. 1991. "Lisp". Addison-Wesley Iberoamericana. Wilmington.
- Winston, P. H.. 1994. "Inteligencia Artificial". Addison-Wesley Iberoamericana. Wilmington.
- Washington, R.. 1990. "Back to the Future: Forward versus backward search for real-time planning". KS Laboratory, Standford.
- Wooldridge, M., Jennings, N. R.. 1994a. "Towards a Theory of Cooperative Problem Solving". Proc. Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World (MAAMAW-94), Odense, Denmark, 15-26.
- Wooldridge, M., Jennings, N. R.. 1994b. "Formalizing the Cooperative Problem Solving Process". 13th International Workshop on Distributed Artificial Intelligence (IWDAI-94), Lake Quinhalt, WA, 403-417.
- Wooldridge, M., Jennings, N. R.. 1994c. "Agent Theories, Architectures, and Languages: A Survey". Proc. ECAI-Workshop on Agent Theories, Architectures and Languages (eds. M.J. Wooldridge and N.R. Jennings), Amsterdam, The Netherlands, 1-32.
- Wooldridge, M., Jennings, N. R.. 1995. "Intelligent Agents: Theory and Practice". Knowledge Engineering Review.
- Zadeh, L. A.. 1965. "Fuzzy Sets". Academic Press, 338-353. Berkeley.
- Zhang, Y., Barringer, H.. 1994. "A Reified Temporal Logic For Nonlinear Planning". TR UMCS-94-7-1. Manchester.
- Zimmermann, H. J.. 1991. "Fuzzy Set Theory - And Its Applications". Kluwer, Dordrecht.

Anexo A

Metodología de Planificación de Desarrollo Cooperativo

En el presente anexo mostramos la metodología de *Planificación de Desarrollo Cooperativo*, modelo para la gestión y planificación de Proyectos de Cooperación y Desarrollo (PCDs) que comprende las fases de *Análisis de la Participación*, *Identificación de Problemas*, *Definición de Objetivos*, *Generación de los Planes Alternativos*, *Cálculo de Viabilidad* y *Evaluación del Impacto*. La PDC tiene como finalidad resolver el problema de la incertidumbre en el proceso de planificación de Proyectos de Cooperación y Desarrollo, proponiendo el plan (en el caso que exista) más viable.

El objetivo del presente anexo es la descripción de la metodología PDC, independientemente de su implementación en un sistema informático, para su utilización como marco global de un Proyecto de Cooperación y Desarrollo. Dicho modelo está siendo evaluado en la actualidad por la ONGD Intermón, de cara a ser utilizada en proyectos de gran presupuesto o de larga envergadura temporal (2:3 años). Los siguientes apartados muestran de manera precisa cada una de las fases de la PDC.

En la *Planificación de Desarrollo Cooperativo* un grupo de agentes intenta identificar el problema central que quieren resolver a partir del razonamiento colaborativo formado por los conocimientos parciales de cada agente y un acuerdo de grupo. Una vez identificado el problema central, éste se convierte en el objetivo específico del grupo y se genera un conjunto de planes alternativos abstractos teniendo en cuenta el coste/beneficio de cada agente y el total; de dichos planes sólo unos pocos podrán generar un compromiso entre todos los agentes del proyecto (debe existir una aceptación unánime de la voluntad de querer realizar el plan). Finalmente, el conjunto de planes alternativos aceptados son descompuestos para estudiar su viabilidad, teniendo en cuenta las distintas incertidumbres (precondiciones, condiciones de ejecución, efectos laterales, efectos disyuntivos y tendencia del contexto). El plan escogido al finalizar dicho estudio será el plan con mayor posibilidad y que se acerque más al objetivo. En la Figura A.1 se muestran las entidades y relaciones causales de la PDC.

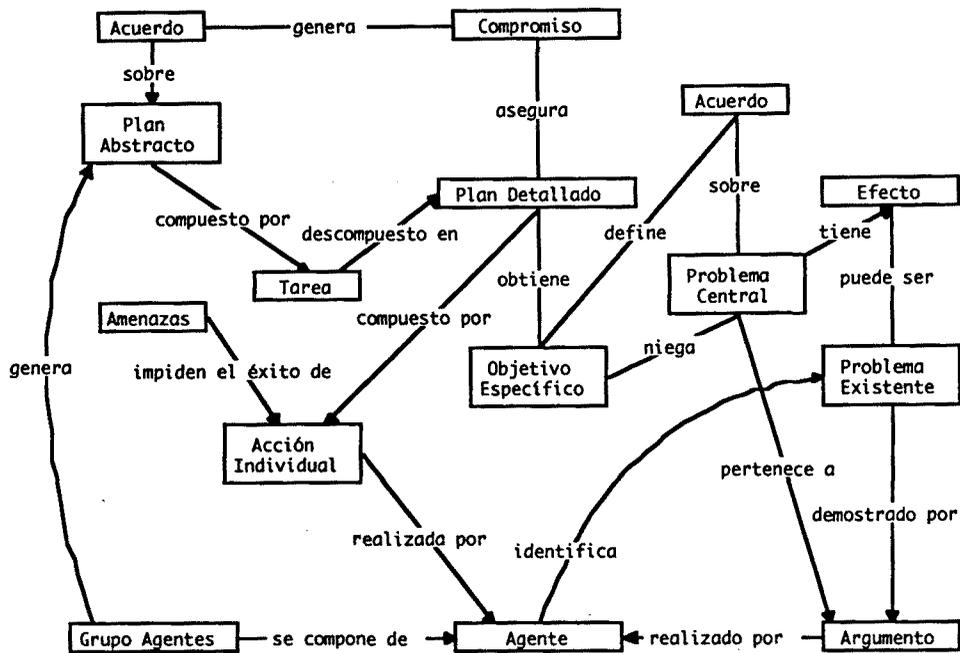


Figura A.1: Modelo de Planificación de Desarrollo Cooperativo II.

El principal objetivo del modelo de planificación PDC es la Gestión del Riesgo y la Incertidumbre del Proyecto. Entendiendo por gestión todos los procesos involucrados a disminuir las posibles amenazas al proyecto y el aumento de las oportunidades. Los dos procesos principales en la adecuada Gestión del Riesgo y la Incertidumbre del Proyecto son:

- *Análisis del Riesgo y la Incertidumbre.* Identificación de las fuentes (ámbitos) de riesgo e incertidumbre (organizativo, social, político, técnico, medioambiental, ...), de las amenazas (directas, indirectas), de los grados (crítico, catastrófico, ...) y frecuencias; finalizando con la lista priorizada de las amenazas al proyecto (lincadas a cada contexto fuente).
- *Definición de las Estrategias de Actuación-Respuesta.* A partir de los tres tipos de respuesta posible (eliminación de la amenaza, mitigación del efecto, aceptación del efecto) se definen estrategias de actuación [acción sensorial (incertidumbre en la información del contexto), contingente (efecto negativo o incierto de una acción sensorial), control (optimización del plan), correctiva (para eliminar o mitigar una amenaza posible o de ejecución), estratégica (selección de alternativas)]; obteniendo finalmente, junto al plan detallado del proyecto (acciones detalladas), un conjunto de planes sensoriales, contingentes y correctivos.

A.1 Análisis de la Participación

En la primera fase de la PDC se realiza el *Análisis de la Participación* en el proyecto. En el caso de proyectos a corto término (1:2 años) el proceso parte (en la mayoría de los casos) de una demanda de los agentes de acción local; en el caso de proyectos a largo término (5:7 años) parte de una estrategia (sectorial, geográfica) definida por los agentes de ayuda. Los pasos de la primera fase son:

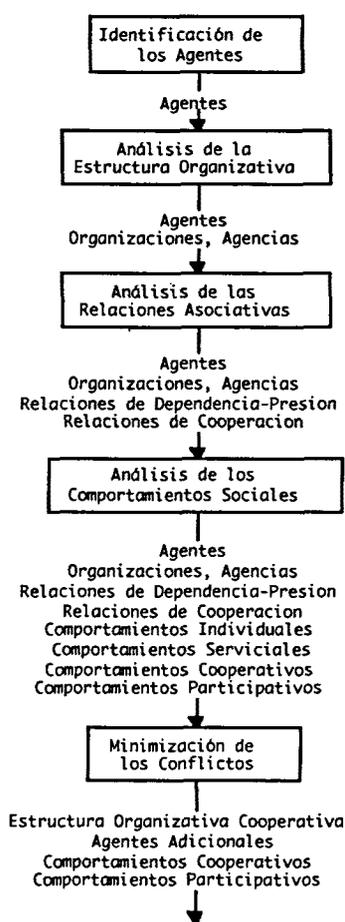


Figura A.2: Proceso de Análisis de la Participación.

- *Identificación de los Agentes*. Inicialmente se identifican todos los agentes que están involucrados directa o indirectamente con la demanda del proyecto.
- *Análisis de la Estructura Organizativa*. Se analizan cada uno de los agentes no individuales (grupo, asociación, organización, agencia) explicitándose su estructura organizativa.
- *Análisis de las Relaciones Asociativas*. Se analizan las relaciones asociativas (presión-dependencia, colaboración) entre los agentes de los pasos anteriores.

- *Minimización de los Conflictos.* Se define la estructura organizativa más adecuada para la minimización de los conflictos entre los agentes, aplicando los mínimos cambios a la estructura existente, y añadiendo los agentes adicionales necesarios para una comunicación y coordinación eficientes.

A.2 Identificación de Problemas

En la segunda fase de la PDC el grupo de agentes intenta inferir las causas de cada uno de los problemas existentes (estados actuales negativos) que cree susceptibles de mejora (o no está contento con ellos), para posteriormente establecer una lista priorizada de problemas centrales (comunes, individuales). Los pasos de la segunda fase son:

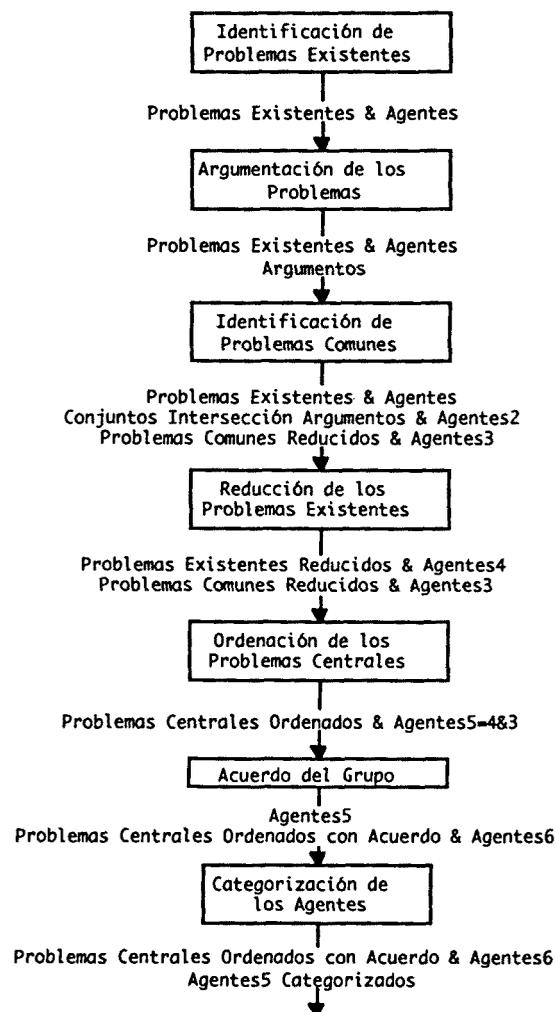


Figura A.3: Proceso de Identificación de Problemas.

- *Identificación de Problemas Existentes.* El grupo de agentes involucrado en el proyecto de acción local explicitan un conjunto de problemas existentes (estados actuales negativos).
- *Argumentación de los Problemas.* El grupo de agentes de acción local intentan demostrar las causas de los diferentes problemas existentes, con la colaboración de los agentes de apoyo y ayuda.
- *Identificación de los Problemas Comunes.* Se identifican los problemas comunes (conjunto de problemas intersección) en el conjunto de argumentos generado en la etapa anterior, eliminando aquellos que son consecuencia de los demás.
- *Reducción de los Problemas Existentes.* Se eliminan aquellos problemas existentes que son consecuencia de alguno de los problemas comunes identificados en la etapa anterior.
- *Ordenación de los Problemas Centrales.* Se transforman los problemas comunes y los problemas existentes no eliminados a la categoría de problemas centrales, y se ordena la lista por el número de agentes que han identificado cada problema.
- *Acuerdo del Grupo.* El grupo de agentes selecciona de la lista de problemas centrales obtenidos, por unanimidad, aquellos que cumplen con una función de acuerdo (cooperativo), basada en relaciones de beneficios, pérdidas y costes, y teniendo en cuenta sus distintos comportamientos sociales.
- *Categorización de los Agentes.* Cada agente es categorizado como beneficiario directo, indirecto o excluido según su relación con cada problema obtenido en la etapa anterior.

A.3 Definición de Objetivos

La tercera fase de la PDC tiene como función la definición de los objetivos específicos del proyecto. Para ello, el grupo de agentes debe explicitar el valor del objetivo en el universo de discurso que se establece en el indicador que representa al objetivo, lo que requiere por parte del grupo de agentes realizar algún tipo de estudio (experimental, casi experimental) de los indicadores que representan cada uno de los objetivos específicos del proyecto.

En la PDC se sigue la misma filosofía de la *Gestión Orientada a Resultados*, que es una consecuencia directa de la *Planificación Orientada a Objetivos*, es decir, cada método de estudio es apropiado según una serie de criterios (importancia del indicador, restricciones temporales, restricciones de recursos, nivel de credibilidad, naturaleza de la información), y siempre, orientado a la obtención de unos resultados claros, precisos, prácticos y con alta credibilidad. Los pasos a

seguir en la fase de *Definición de Objetivos* son:

- *Transformación de los Problemas Centrales a Objetivos Específicos.* Inicialmente, el grupo de agentes transforma la lista de problemas centrales que han llegado a un acuerdo en la fase de *Identificación de Problemas* a objetivos específicos mediante su negación.
- *Definición de los Indicadores.* Una vez han sido definidos los objetivos específicos, el grupo de agentes de acción local, con ayuda de los agentes de apoyo, estudian los indicadores más apropiados para su representación. Para ello, se debe especificar las restricciones del estudio (importancia del indicador, restricciones temporales, restricciones de recursos, nivel de credibilidad, naturaleza de la información) para seleccionar el método más apropiado. Finalmente, a partir de un conjunto de indicadores obtenidos, se debe seleccionar aquel o aquellos que presenten una mayor adecuación (directo, claro, preciso, práctico, con alta credibilidad).
- *Explicitación de los Objetivos Específicos.* A partir de los indicadores definidos, una función semántica (razonamiento aproximado) definida sobre cada objetivo central, y los objetivos específicos definidos en el primer paso, se explicitan los valores de cada objetivo específico.

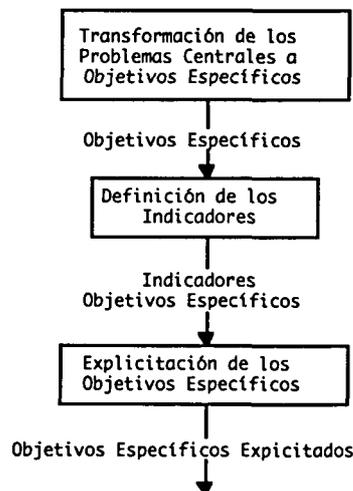


Figura A.4: Proceso de Definición de Objetivos.

A.4 Generación de Planes Alternativos

En la cuarta fase de la PDC, a partir de la lista de objetivos específicos, el grupo de agentes intenta generar un conjunto de planes alternativos abstractos que pueden resolver cada uno de los

objetivos definidos. Posteriormente, el grupo debe tener en cuenta los costes/beneficios de cada uno de los agentes participantes de cara a poder establecer los posibles compromisos de realizar cada uno (o ninguno) de los planes propuestos. Los pasos son:

- *Definición de los Problemas de Planificación.* Se definen cada uno de los problemas de planificación como el par {problema central, objetivo específico}.
- *Generación de Planes Abstractos Solución.* El grupo de agentes genera todos aquellos planes abstractos (definición a nivel de tareas) que resuelven cada uno de los problemas de planificación, mediante búsqueda regresiva (del objetivo específico al problema central), descomposición del objetivo (descomposición del objetivo en subobjetivos), y ordenación parcial {tareas (agentes responsables), restricciones de ordenación, enlaces causales}.
- *Acuerdo de los Subgrupos.* Los subgrupos de agentes responsables de cada uno de los planes abstractos solución deben seleccionar aquellos planes, por unanimidad, que cumplan con una función de acuerdo (cooperativo), basada en relaciones de beneficios y costes, y teniendo en cuenta sus distintos comportamientos sociales.

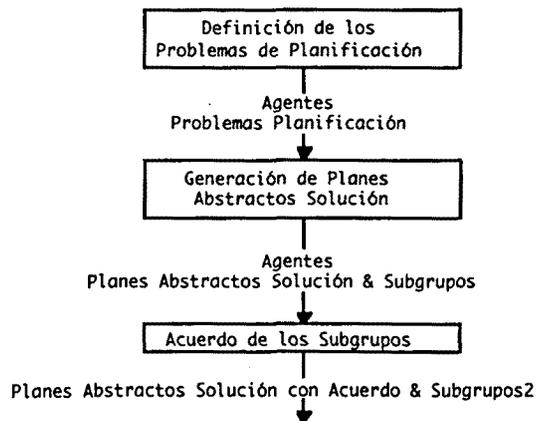


Figura A.5: Proceso de Generación de Planes Alternativos.

A.5 Cálculo de Viabilidad

En la quinta fase de la PDC el grupo de agentes calcula la viabilidad de la lista de planes abstractos solución con acuerdo; para ello, debe tener en cuenta las incertidumbres generadas en cada acción por las precondiciones y condiciones de ejecución, así como la tendencia del contexto entre las distintas situaciones posibles debido a los efectos laterales, efectos disyuntivos y desorden del sistema. La fase debe finalizar con el plan detallado con mayor posibilidad y mayor

éxito (mínima distancia al objetivo específico), en el caso que exista.

A.5.1 Planificación Detallada

La primera etapa del Cálculo de Viabilidad en la PDC consiste en la descomposición de los planes abstractos en planes detallados [compuestos por acciones no descomponibles (primitivas)]. El método utilizado es el de búsqueda progresiva (del estado inicial al estado objetivo) con coste uniforme y estimación al objetivo. Los pasos son:

- *Definición de los Problemas de Planificación.* Los estados inicial y final de cada tarea generada en la fase de *Generación de Planes Alternativos* se transforma en problema de planificación.
- *Generación de Planes Detallados Solución.* Cada subgrupo de agentes responsables de una tarea genera todos aquellos planes detallados (definición a nivel de acciones) que resuelven cada uno de los problemas de planificación, mediante búsqueda progresiva (del estado inicial al estado final), con ordenación total {plan total}.
- *Acuerdo de los Subgrupos.* Los subgrupos de agentes responsables de cada uno de los planes detallados solución deben seleccionar aquellos planes, por unanimidad, que cumplen con una función de acuerdo (cooperativo), basada en relaciones de beneficios y costes, y teniendo en cuenta sus distintos comportamientos sociales.
- *Selección del Plan Solución.* En caso de existir, se selecciona el plan detallado con mayor posibilidad [selección del agente planificador a través de la tendencia natural del sistema (mínima entropía global y local)], y mayor éxito (mínima distancia al objetivo).

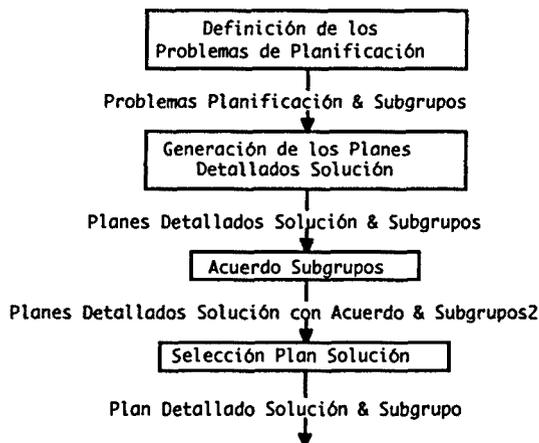


Figura A.6: Proceso de Planificación Detallada.

A.5.2 Cualificación Priorizada

En cada fase de expansión (generación de situaciones posibles efecto del intento-ejecución de una acción) dentro de la generación de los planes detallados, cada subgrupo de agentes responsables de la descomposición de la tarea debe de tener en cuenta las posibles amenazas al intento de la acción, y las amenazas de ejecución durante su ejecución. El mecanismo que se utiliza en la PDC para explicitar el casi infinito número de amenazas a las precondiciones y condiciones de ejecución es denominado *Cualificación Priorizada*.

El mecanismo de *Cualificación Priorizada* consiste en la ordenación decreciente de las amenazas posibles (fase de intento de la acción) y las amenazas de ejecución (fase de ejecución de la acción) por su *Grado de Posibilidad* (certeza, credibilidad), en el contexto del proyecto, respecto a los conocimientos parciales de los agentes responsables (teoría local de cada agente).

En la fase de *intento* de una acción disponemos del conjunto:

$$\{precondiciones_necesarias \wedge \neg amenazas_inevitables, \neg amenazas_posibles\}$$

y en la de *ejecución*:

$$\{condiciones_ejecucion, \neg amenazas_ejecucion\}$$

siendo la ordenación (cualitativa) de las amenazas:

$$\{amenaza_1(GP: ++), \dots, amenaza_{n-m}(GP: +), \dots, amenaza_n(GP: -)\}$$

A.5.3 Tendencia del Contexto en Situaciones Posibles

Una vez se ha ejecutado una acción, existe un conjunto de *Situaciones Posibles* efecto de dicha ejecución. Dicho conjunto es fruto de los efectos determinados de la acción, de los efectos laterales (que en algunos casos pueden ser letales), y de los efectos disyuntivos debidos al azar. El método que se utiliza en la PDC para establecer la tendencia del contexto (*Situación Tendente* en un conjunto de *Situaciones Posibles*) se basa en los siguientes pasos:

- *Generación de la Situación Posible Inicial.* La *Situación Posible Inicial* generada por la ejecución de una acción es la definida por la unión de los hechos de la *Situación Inicial* sobre la cual se ejecutó la acción con los hechos determinados de la acción, sin los hechos que pueden contradecir las *Restricciones del Dominio*.
- *Generación de las Situaciones Posibles Disyuntivas.* El conjunto de *Situaciones Posibles Disyuntivas* generadas por la ejecución de una acción es la combinación de la *Situación Posible Inicial* con cada efecto disyuntivo de la acción.

- *Generación de las Situaciones Posibles Laterales.* El conjunto de *Situaciones Posibles Laterales* generadas por la ejecución de una acción es la combinación de las *Situaciones Posibles Disyuntivas* con los efectos debidos a cada *Amenaza de Ejecución*.
- *Situación Tendente.* La *Situación Posible Tendente* de un conjunto de *Situaciones Posibles* es la *Situación Posible* con mayor entropía (entropía de Luca-Termini basada en la función de Shannon).

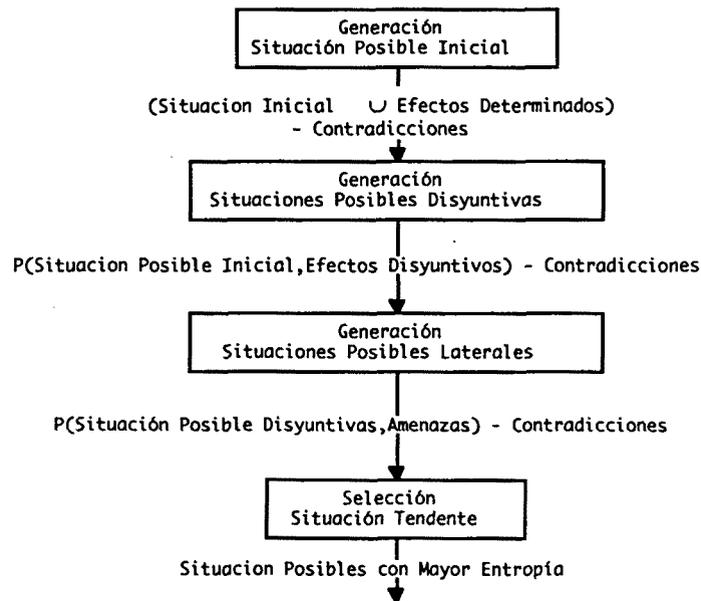


Figura A.7: Tendencia del Contexto.

A.5.4 Estrategia de Planificación

En cada fase de adición (selección de la acción-situación más adecuada para seguir realizando la planificación) dentro de la generación de los planes detallados, cada subgrupo de agentes responsables de la descomposición de la tarea debe de tener en cuenta el grado de posibilidad del plan, así como la distancia al objetivo. La estrategia que se utiliza en la PDC es la de mínima entropía global (entropía media de las situaciones visitadas) y máxima estimación [mínima entropía local (entropía situación actual), mínima distancia al objetivo].

$$\text{Re corrido} = \text{Entropia_Global}(\text{Plan})$$

$$\text{Estimacion} = \frac{\text{Entropia_Local}(\text{Plan}) + \text{Dist_Objetivo}(\text{Plan}, \text{Situacion})}{2}$$

$$F_Ordenacion = \frac{Recorrido + Estimacion}{2}$$

$Planes = Ordenar(\leq, Planes, Funcion_Ordenacion)$

La unión del mecanismo de *Tendencia en Situaciones Posibles*, junto a la *Estrategia de Planificación* del agente responsable de la generación del plan detallado, formaliza la combinación del comportamiento probabilístico del sistema plan-contexto (la situación tendente es la de mayor entropía) con la libertad de selección del agente (optimizando la distancia al objetivo y minimizando el desorden en el plan).

A.6 Evaluación del Impacto

La última fase de la PDC tiene como objetivo la *Evaluación del Impacto* del proyecto sobre el contexto. El proceso de evaluación se establece sobre un intervalo de tiempo de medio-largo plazo en el contexto directamente relacionado con el proyecto, requiriendo de un *Plan de Monitorización del Impacto*. Las etapas son:

- *Identificación de los Contextos Involucrados*. Se define el conjunto de contextos (social, político, económico, cultural, medioambiental, tecnológico) que pueden estar directa o indirectamente relacionados con el proyecto.
- *Identificación de los Indicadores*. Se define por cada contexto definido un conjunto de indicadores alternativos que representarán la evolución del mismo.
- *Análisis de las Relaciones Asociativas*. Se estudian los tipos de relación entre los distintos contextos, a partir del conjunto de indicadores definidos, seleccionando aquellos que mejor plasman y resumen el comportamiento global del sistema proyecto-contexto.
- *Definición del Plan de Monitorización del Impacto*. Se define el calendario de seguimiento del contexto mediante la utilización de los indicadores seleccionados.

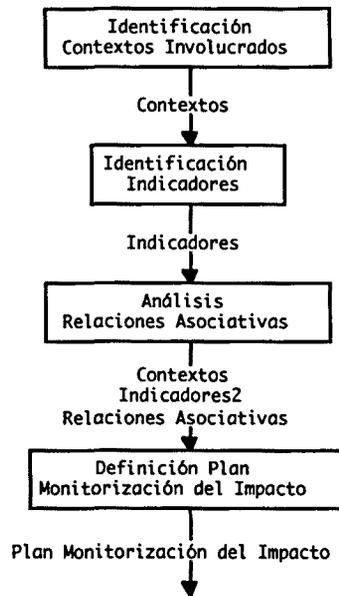


Figura A.8: Proceso de Evaluación del Impacto.

Las dos metodologías clásicas fueron creadas inicialmente como metodologías generales (aunque posteriormente se hayan utilizado a lo largo de todas las fases del proyecto), es decir, para el análisis y planificación de los proyectos a nivel global; por lo que han necesitado a su alrededor de innumerables herramientas adicionales y específicas en cada una de las fases. El modelo PDC, por el otro lado, surgió por la identificación de una serie de deficiencias en las metodologías clásicas [ambigüedad en la definición de los problemas y objetivos, modelo determinista de las actividades (acciones), estrategia conservadora de planificación], y por el interés en su implementación informática, para la simulación de los planes, la centralización y compartición de conocimientos.

En la Figura A.9 se muestran las fases de las tres metodologías (EML, ZOPP, PDC), a partir de las cuales se pueden observar las diferentes asunciones de la PDC respecto al EML y ZOPP: a) los recursos disponibles son los necesarios para la realización de cada acción; b) los resultados están determinados lógicamente de la ejecución de cada acción y el control del riesgo (planes sensoriales, planes contingentes, planes correctivos); c) los resultados obtenidos resuelven el objetivo específico. Todo ello teniendo en cuenta el comportamiento dinámico del contexto (tendencia) y la cualificación priorizada de las *Amenazas (Factores Externos)* en el EML, *Supuestos* en la ZOPP).

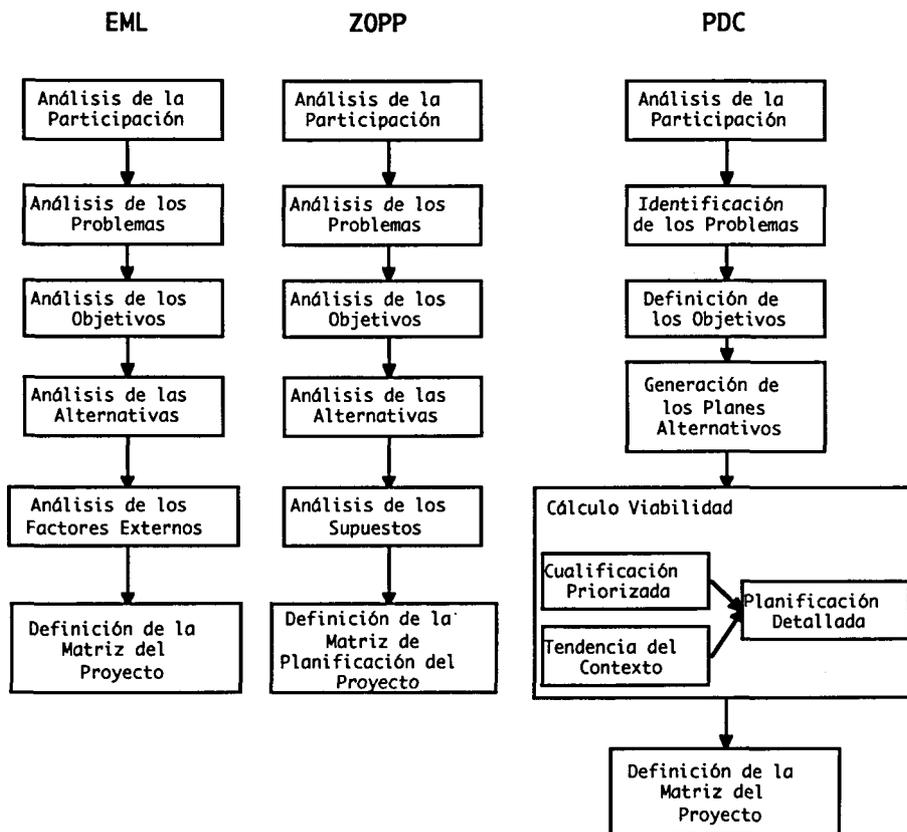


Figura A.9: Los Modelos EML, ZOPP y PDC.

Anexo B

Tests utilizados por ONGDs de ámbito local

Este documento presenta parte de la información recopilada en la fase inicial del Proyecto de Tesis, y contiene documentación utilizada por diversas ONGDs como guías de identificación o formulación de proyectos.

Hemos creído oportuno adjuntar algunos ejemplares de dicha documentación con el fin de comprobar que las metodologías utilizadas siguen las directrices básicas de la metodología EML descrita en la memoria.

B.1 Las ONGDs

De todas las ONGDs visitadas y con las que se ha mantenido un intercambio de información, incluimos aquí ejemplos de tres de ellas, que son (Medicus Mundi, VETERMÓN, CCD, SETEM):

- Medicus Mundi
- VETERMÓN, Veterinaris Sense Fronteres
- Centre de Cooperació per a el Desenvolupament - U.P.C

La primera de ellas es un ejemplo claro de organización dedicada principalmente a proyectos de ayuda, es decir, aquellos que sin ser calificados de emergencia, tienen por objetivo ayudar a resolver necesidades básicas para la supervivencia de las personas. La segunda está dedicada a proyectos de mejora de la producción agrícola y ganadera, o sea, están en un nivel superior a la anterior en la escala de necesidades. Finalmente, la tercera se ha incluido a pesar de no tener un régimen jurídico de ONGD, por tratarse de una entidad situada en el contexto universitario que promueve y co-financia, además de proyectos en otros ámbitos, actividades de formación en los países en vías de desarrollo.

B.2 El Método EML

En la memoria ya se ha tratado con cierta profundidad tanto el método EML en sí mismo, como las deficiencias que se le observan; recordemos, no obstante, que en lo que hace referencia a la identificación de proyectos, el método consta básicamente de 5 etapas:

- Análisis de la participación.

En esta fase se realiza la identificación de todos los grupos involucrados en el proyecto, así como la clasificación de los mismos en beneficiarios directos, indirectos y excluidos. También se priorizan los intereses de cada grupo.

- Análisis de problemas.

En esta fase se enumeran los problemas que afectan a los diversos grupos, y posteriormente se intenta llegar a un acuerdo sobre cuál es el problema básico que hay que resolver y que se considera causa de los demás problemas. Esta decisión se toma bien por acuerdo o bien por votación.

- Análisis de objetivos.

Los problemas obtenidos en la fase anterior se transforman en objetivos mediante transformación de una sentencia en estado negativo a estado positivo. El problema básico se ha transformado en lo que se conoce como objetivo específico del proyecto.

- Análisis de las alternativas.

A partir de los objetivos definidos en la fase anterior, se decide qué soluciones se pueden adoptar, tomando como tales las diferentes ramas medios-fin del árbol de objetivos.

- Diseño de los elementos de proyecto.

Una vez seleccionada una de las alternativas del proyecto se construye la Matriz del Proyecto, cuyos elementos son:

- Objetivo Global: es el objetivo de desarrollo, de carácter más amplio y que sobrepasa el ámbito del proyecto, al cual ha de contribuir la consecución del Objetivo Específico.
- Objetivo Específico: se extrae del Árbol de Objetivos; es el efecto que se espera conseguir con el proyecto.

- Resultados: son los sub-objetivos que se extraen del Árbol de Objetivos. Los resultados son los efectos que la realización del proyecto debe poder garantizar.
- Actividades: son las actividades necesarias para llegar a los resultados.
- Recursos: bienes y servicios necesarios para poder llevar a cabo las actividades.

B.3 Las Guías de Identificación

Los documentos que utilizan estas entidades como guía de identificación de proyectos (algunas de ellas utilizan otros nombres, pero el concepto es similar) tienen los siguientes puntos en común entre ellas y con la metodología EML:

- Cuestiones previas generales sobre el campo concreto de actividad de cada una de ellas.
- Clasificación a priori de los participantes en beneficiarios directos, indirectos y excluidos.
- Priorización de los intereses de cada uno de los grupos.
- Especificación de los elementos contenidos en la matriz de proyecto EML:
 - Objetivo global
 - Objetivo específico
 - Resultados
 - Actividades
 - Recursos

B.4 Documentación

En las páginas siguientes figura la documentación referente a las 3 organizaciones que se han citado con anterioridad.



Centre
de Cooperació
per al
Desenvolupament
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

V CONVOCATÒRIA PER A AJUTS A ACCIONS DE COOPERACIÓ - CCD

AJUTS PER A LA REALITZACIÓ D'ESTUDIS I DE PROJECTES DE COOPERACIÓ

(Empleneu els formularis amb màquina d'escriure o amb ordinador. Si els empleneu amb bolígraf, feu la lletra majúscula)

DADES DEL/DE LA SOL·LICITANT

COGNOMS:..... NOM:.....
NACIONALITAT:..... NIF
ADREÇA OFICIAL:.....
TELÈFON:..... FAX:.....
E-MAIL:
CATEGORIA PROFESSIONAL:
DEPARTAMENT i CENTRE:.....
.....

DADES DEL PROJECTE/ESTUDI

TÍTOL DEL PROJECTE:.....
.....
CONTRAPART:
.....
ALTRES PARTICIPANTS (Indicar institució):.....
.....
.....
PROFESSOR/A RESPONSABLE (En cas que el/la sol·licitant sigui un/a estudiant/a):
.....
LLOC DE REALITZACIÓ DEL PROJECTE (País, localitat):
.....
BENEFICIARIS:.....
DURADA PREVISTA:
DATA D'INICI:

SEGUIMENT I PERSPECTIVES DE CONTINUÏTAT DEL PROJECTE

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

PRESSUPOST APROXIMAT (per conceptes)

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

-Aportació sol·licitada al CCD:

-Aportació de la contrapart:

-Altres aportacions:

.....

.....

ALTRES DADES D'INTERÈS (antecedents de col·laboració, convenis, accions derivades, etc)

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

-ADJUNTAR DOCUMENTS JUSTIFICANT LA PROPOSTA DE PROJECTE I ELS CONTACTES EN EL PAÍS DE DESTINACIÓ

-ADJUNTAR BREU CURRICULUM VITAE DEL/DE LA SOL·LICITANT

-ADJUNTAR CARTA D'UN/A PROFESSOR/A RESPONSABLE DEL SEGUIMENT DE L'ESTUDI/PROJECTE (en cas que el/la sol·licitant sigui un/a estudiant/a)

Signat a

, el dia

de

de 1997

Guía de Identificación de Proyectos



Proyecto : _____

Contraparte: _____

Período de identificación: _____

Fecha de elaboración y responsable: _____

0. RESUMEN (Dos páginas máximo)

1. CONTEXTO

1.1.-POLÍTICO: Gobierno Central y a nivel del área de intervención (región, municipio)

- Situación política en general y política agropecuaria actual
- Visión Estatal del desarrollo; Cooperación con y/o entorpecimiento de los proyectos
- Organismos gubernamentales del sector agropecuario: Competencias y funcionalidad
- Requerimientos y beneficios de legalización de las ONGs locales e internacionales

1.2.- SOCIOCULTURAL

- Movimientos sociales y políticos, desplazados, migraciones, idiosincrasia, sistemas de organización, papel social de la mujer, religión y cualquier otro aspecto interesante a nivel Nacional.

1.3. GEOGRÁFICO

- Mapas nacionales y regionales, políticos y geográficos
- Vías de acceso, distancias y medios de transporte a la zona del proyecto
- Suelo, pluviometría, estacionalidad, cultivos y principales actividades agropecuarias en la zona del proyecto.
- Situación ecológica: Deforestación, erosión, drenado de ríos, monocultivos... en la zona del proyecto.

1.4. COOPERACIÓN

- Otras organizaciones locales y agencias internacionales que trabajan en la zona: Áreas de intervención, política, posibilidades de coordinación y/o apoyos logísticos y operacionales. Mantener conversaciones con las mismas si es posible, especialmente AECI
- Planes de desarrollo regional aplicados o futuros que afecten a la zona de intervención
- Referencias de la contraparte solicitante del proyecto

2. CONTRAPARTE

2.1.- LA ORGANIZACIÓN

- Objetivos, estatutos, organigrama, personal (campo y oficina) y su capacitación.
- Origen de su formación, trasfondo político, motivación institucional y personal, dedicación, arraigo en las bases (beneficiarios) y proyecciones de futuro Institucional
- Fuentes de financiación, últimas memorias, estados presupuestarios, patrimonio.
- Capacidad administrativa, de planificación, evaluación, gestión y coordinación.
- Nombre y cargo del responsable del proyecto ante VSF

2.2.- SUS ACTIVIDADES

- Número y características de su población meta (beneficiarios con los que trabajan)
- Actividades que realizan y resultados obtenidos desde su fundación. Como responden a las necesidades de la población beneficiaria
- Proyectos que gestionan actualmente o han gestionado en el pasado.
- Dificultades que encuentran en su trabajo, crecimiento, gestión...
- Cómo se enmarca el proyecto solicitado dentro del área de intervención de la Organización y con qué personal y/o recursos se apoyará el mismo.

3. LOS BENEFICIARIOS

- Situación de la población beneficiaria del proyecto: Densidad de población, vivienda, acceso a servicios (salud, educación, agua), violencia... Cómo perciben su situación, causas, posibles soluciones
- Organización social; papel social de la Mujer; aspectos culturales a tener en cuenta en la formulación y ejecución del proyecto
- A nivel agropecuario: Tenencia de la tierra, acceso a créditos, comercialización de productos, fuentes de abastecimiento (en general y de insumos agropecuarios en especial)
- Si existe alguna organización de beneficiarios, estudiar origen, representatividad, adecuación cultural, operatividad, actividades realizadas, logros, dificultades encontradas....
- Cuál es la visión que tienen de la ONG solicitante del proyecto
- Valorar beneficiarios directos, indirectos, excluidos y perjudicados.
- Participación de los beneficiarios en el diseño del proyecto
- Adecuación del proyecto a sus necesidades y prioridades, tanto individuales como asociativas, si hay organización
- Cómo, cuándo y cuánto participaran en la ejecución del mismo

4. EL PROYECTO

4.1.- LAS ACCIONES

- Situación que se pretende mejorar con el proyecto
- Actividades previstas y cronograma
- Resultados esperados
- Indicadores que servirán para medir los resultados alcanzados y sus medios de verificación
- Coherencia interna (relación fundamentación-objetivos-actuaciones-resultados-recursos)
- ¿Se han estudiado otras alternativas para mejorar la situación distintas a las propuestas?
- Riesgos y presunciones
- Adecuación a la idiosincrasia cultural y las formas de organización social de los beneficiarios
- Recomendación sobre la periodicidad de las evaluaciones

4.2.- LOS MEDIOS

- Personal necesario: Perfil profesional y humano, tiempo de contratación, local o expatriado
- Equipos, materiales y suministros necesarios. Verificar que hay fuentes de repuestos locales.
- Presupuesto desglosado en partidas y por fuentes (aportación local, tanto de la contraparte como de los beneficiarios). El presupuesto presentado por la contraparte debe ser contrastado con otras fuentes.

4.3.- LA CONTINUIDAD

- Rentabilidad y viabilidad económica
- Cómo se garantiza la continuidad del proyecto, que acciones deben enmarcarse en el mismo para garantizarla
- Quién será propietario de las instalaciones, equipos ...
- Factores que garantizan la sostenibilidad (tecnologías apropiadas, aspectos socio-culturales, protección del medio ambiente...)

5. OTROS

- Especificar la moneda utilizada, su estabilidad (evolución de la tasa cambiaria en los últimos 5 años) y existencia de moneda de cuenta.
- Averiguar los trámites de legalización de VETERMON en el país: Ventajas que supone, documentación que es necesario adjuntar y plazo estimado de la tramitación.

ANEXOS

- Relación de entrevistas mantenidas
- Direcciones útiles
- Mapas y fotografías
- Documentación varia

Condiciones de la identificación

VETERINARIOS SIN FRONTERAS se compromete a:

- Facilitar toda la documentación y correspondencia con la organización solicitante
- Facilitar los estudios de prefactibilidad realizados en base a esa documentación
- Indicar los puntos considerados esenciales en la misión de identificación (incluyendo aspectos ajenos al contenido de esta guía)
- Establecer los contactos previos que faciliten el trabajo de identificación
- Financiar el billete de ida y vuelta del identificador, así como una dieta, gastos de estancia y desplazamientos internos, durante los días que se consideren necesarios para la identificación
- Contratar un seguro de viajes con vigencia durante la estancia en el extranjero

EL IDENTIFICADOR por su parte, se compromete a:

- Realizar la misión con la profesionalidad requerida
 - Actuar como representante de VSF ante la contraparte, por lo que sus intervenciones deben ser acorde con la política y filosofía de VSF
 - Preparar un informe escrito en un plazo de 15 días tras el retorno
 - Presentar una liquidación de gastos junto con el informe, que adjunte las facturas originales debidamente organizadas y la relación de cambios realizados de US\$ a moneda local.
 - Asumir los posibles riesgos personales que la misión de identificación suponga
-

Guía de Estudio de Prefactibilidad



Proyecto : _____

Pais/ Contraparte: _____

Fecha de entrada de la propuesta: _____

Fecha de elaboración y responsable: _____

Al estudiar una propuesta, muchos de estos puntos quedarán sin respuesta ya que deben irse completando con otras fuentes de información y correspondencias con la organización solicitante. Algunos aspectos (los menos posibles) quedará pendientes para la identificación.
El estudio no debe exceder las 5 paginas

Breve descripción del Proyecto

Párrafo de 5-6 líneas

Como llegó la propuesta a V.S.F

Especialmente si ha habido algún contacto previo, viaje o recomendación de otra organización o persona conocida.

1. CONTEXTO

- 1.1. **Política del gobierno/política agropecuaria:** Tanto a nivel Nacional como regionalmente en la zona de intervención.
- 1.2. **Situación social nacional:** Migraciones, nivel de vida, índices macroeconómicos...
- 1.3. **Geografía de la zona y servicios disponibles:** Altitud, pluviometría, ríos, cultivos, carreteras, agua, luz, escuelas, servicios de salud...
- 1.4. **Otras intervenciones en la zona:** De otras ONGs y organismos locales, internacionales o gubernamentales
- 1.5. **Documentación disponible:** Más información sobre la zona, el país, la contraparte que pueda ayudar a visualizar más claramente el contexto en el que se desarrollará la acción. Listar aquí la información y una brevisima reseña de su contenido.

2. CONTRAPARTE

- 2.1. **Origen, objetivos y actividades realizadas hasta ahora:** Visión global del área de intervención, CV (cosas que han hecho y con quien), raíces y filosofía de la organización.
- 2.2. **Personal y organización interna:** Organigrama, ratio personal oficina-campo, formación..
- 2.3. **Capacidad institucional y de gestión:** Nivel de la organización a la hora de planificar, gestionar, evaluar su trabajo y servir como un apoyo a las acciones conjuntas que se proponen. Muy especialmente calidad y claridad en el manejo de los fondos

2.4.Fuentes de financiación y relaciones con otras ONG de ayuda: Proyectos que han tenido o tienen con otras organizaciones. Buscar referencias.

2.5.Relación ONG de apoyo- Beneficiarios: Raíces de la contraparte en los grupos de base (en el caso de ser distintos), relaciones con los mismos, modelo de intervención...

3.BENEFICIARIOS

3.1.Perfil sociocultural y condiciones de vida: Incluye beneficiarios directos, indirectos y excluidos y/o perjudicados

3.2.Características de la organización de beneficiarios: si es distinta a la contraparte solicitante, valorar los mismos aspectos que recogían los puntos referidos a la contraparte

3.3.Participación en la concepción y ejecución del proyecto: Especialmente voluntad de cooperación en el desarrollo y gestión del mismo.

3.4.Adecuación del proyecto a sus necesidades y prioridades

4.PROUESTA

4.1.Situación que se pretende mejorar: Problema planteado y sus causas

4.2.Objetivo general

4.3.Objetivos específicos: Plantearlos de la forma más concreta posible de cara a la futura evaluación y verificación de la consecución de objetivos.

4.4.Resultados: Cosas muy concretas, cuantificables a ser posible, que se espera obtener ("formación de 50 Promotores Pecuarios")

4.5.Actividades: Listarlas y concretar (" 10 cursos de 5 días para 25 benef. sobre pastos")

4.6.Medios materiales y no materiales: Listar personal local-expatriado y pagado por VSF o localmente. Necesidades de terrenos, construcción, materiales, fondos rotatorios...

4.7.Calendario de ejecución: Duración del proyecto y cronograma de actividades

4.8.Coste y plan de financiación: Resumir presupuesto (aportado localmente, solicitado y % por grandes bloques: personal, inversión, fondos rotatorios, funcionamiento)

4.9.Análisis de viabilidad económica y financiera. Comercialización de productos. Resumir si se han hecho tales análisis o los problemas que se plantean

4.10.Hipótesis y flexibilidad: Factores no controlables que pueden modificar sustancialmente el curso de la acción. Flexibilidad en el diseño de la misma que pueda asumir tales cambios

4.11.Indicadores de seguimiento, a nivel de objetivos y resultados: Definir desde el principio los datos que nos sirvan para valorar como ha mejorado la situación y el nivel de cumplimiento de objetivos al finalizar la acción.

5.FACTORES IMPORTANTES

5.1.Mujer y desarrollo: Papel de la Mujer en el proyecto planteado (tanto activa, como indirecta o perjudicada)

5.2.Aspectos socio-culturales: Características lingüísticas, organizativas o socio-culturales en general que puedan dificultar o beneficiar el curso de la acción.

5.3.Protección del medio ambiente: Como influyen en el las acciones, de forma positiva, negativa, irrelevante o si no se ha previsto

5.4.Tecnología apropiada: Adecuación de los sistemas e infraestructuras al medio

5.5.Políticas de apoyo y medidas complementarias del gobierno: Fundamentalmente si podremos contar con su apoyo o hay planes globales que afectan la zona

6.CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

6.1.Valoración de puntos fuertes y débiles del proyecto

6.2.Opinión personal

6.3.Aspectos a tener en cuenta en una futura identificación

6.4.Plan de trabajo para evolución del estudio de la propuesta

CUESTIONARIO PARA PRESENTACION DE PROYECTOS A MEDICUS MUNDI ****

1.- Título del proyecto

2.- Descripción sucinta de la acción

2.1.- Contenido de la misma: (objetivos, breve resumen de la acción, área de la cooperación donde se inserta la acción, ...).

2.2.- Si se refiere a una parte de un programa más amplio se dará una idea general del marco donde se encuadra.

3.- Localización detallada:

3.1.- Situación geográfica de la zona (descripción de la localización por regiones o provincias y país, latitud, longitud, altura sobre el nivel del mar, extensión en km²...).

3.2.- Mapas:

- * localización del país en el continente

- * mapa del país y sus divisiones con localización de la región donde se desarrolla el proyecto.

- * mapas de la región con los centros poblados, medios de transporte, distancias, ...

- * mapa con infraestructuras de salud de la región.

3.3.- Distribución geográfica: (ciudades, pueblos, caseríos, comunidades campesinas, ...).

4.- Historia de la acción:

4.1.- ¿De quién ha sido la iniciativa?

4.2.- Inserción de la acción en un plan o programa de desarrollo existente, y su futura coordinación. (¿La acción sigue el plan nacional de salud del país?, ¿Hay convenio con el Ministerio?).

4.2.1.- Organigrama

4.3.- Antecedentes generales (estudios técnicos, socioculturales y financieros).

4.3.1.- País: * población

- * idiomas
- * indicadores básicos
- * salud
- * educación
- * economía
- * otros

4.3.2.- Región, departamento, provincia

- * población
- * idiomas
- * características geográficas
- * indicadores básicos
- * vías de comunicación
- * salud
- * educación
- * economía

4.3.3.- Area de la acción:

* población, censo por grupos de edad y sexo:

- 0-11 meses
- 1-4 años
- 5-14 años
- 15-24 años
- 25-54 años
- 55 y más

- * idiomas/cultura/organización social actitud de la población ante la salud y medicina occidental.
- * indicadores básicos.
- * características geográficas.
- * vías de comunicación, medios de transporte y distancias en km y/o horas de viaje.
- * núcleos poblados, ¿poseen agua y alcantarillado? ¿luz?.
- * reseña histórica de la zona.
- * educación.
- * economía: producción agrícola, ganadera, artesanal; comercio e industria.
- * servicios administrativos.
- * otros.

5.- Beneficiarios de la acción

5.1.- Número de beneficiarios directos, nivel social, etnias,...

5.2.- Beneficiarios indirectos (si los hay, por ej. la misma ONG local que presenta el proyecto).

5.3.- Participación de los beneficiarios en la acción, ¿en qué fases? ¿de qué modo?...

5.4.- Posibles criterios de selección de los beneficiarios.

5.5.- Participación de la mujer.

6.- Socio local (Organización responsable del Proyecto)

6.1.- Identidad:

- * Nombre
- * Dirección

6.2.- Fecha de creación y régimen jurídico, copia de la escritura de constitución, si procede).

6.3.- Nombre y cargo de la persona responsable de la acción.

6.4.- Experiencia/Actividades del socio local:

- * objetivos
- * zona de intervención
- * relaciones con los beneficiarios
- * relaciones con otras organizaciones en la zona, a nivel regional, nacional o internacional. (Cofinanciaciones que recibe de otras ONG).
- * copia del último informe de actividades.

7.- Descripción de la situación de salud existente y de los objetivos de la acción para mejorarla. Necesidades de los beneficiarios a cubrir por la acción.

7.1.- Situación de salud existente

7.1.1.- Existencia de otros proyectos sanitarios en la zona (estatales o no) y sus planes sanitarios. Convenio con el Ministerio de Salud, si lo hay.

7.1.2.- Infraestructuras y equipamientos existentes: inventario y valorización.

7.1.3.- Recursos humanos sanitarios existentes (¿quién los financia?).

7.1.4.- Programas de salud desarrollados hasta la fecha en la zona, resultados obtenidos.

7.1.5.- Indicadores de salud de la zona:

- * tasa de mortalidad infantil
- * tasa de natalidad
- * índice de hijos por mujer
- * tasa de mortalidad general
- * esperanza de vida
- * diez primeras causas de morbilidad y de mortalidad, por grupo de edad y sexo.

7.1.6.- Sistema de aprovisionamiento de medicinas.

7.1.7.- Sistema de referencia: Centros más cercanos.

7.1.8.- Medicina tradicional en la zona.

7.2.- Objetivos de la acción: Criterios de selección.

7.2.1.- Objetivos generales.

7.2.2.- Objetivos específicos.

7.3.- Necesidades de los beneficiarios que la acción va a cubrir.

8.- Medidas proyectadas para alcanzar los objetivos: Plan de acción u objetivos operacionales

8.1.- Programas y subprogramas preventivos y asistenciales - descripción sucinta de las actividades contempladas en cada programa y subprograma. Ej: Programa Materno Infantil, Programa Ampliado de Inmunizaciones, Programa de Rehidratación Oral, Programa de Control de la TBC, Programa de Infecciones Respiratorias Agudas,...

8.2.- Programas de formación y educación sanitaria con una descripción de las actividades a realizar, del plan de formación si existe, ... Ej: número de cursos, participantes, temas, ... para parteras y/o promotores de salud. Número de sesiones de educación a la población, temas, población diana, ...

8.3.- Programa de construcciones, rehabilitaciones y equipamiento. Listado del equipamiento necesario.

8.4.- Estrategia a seguir en cada uno de los programas.

9.- Recursos humanos, materiales y técnicos previstos para realizar el plan de acción.

9.1.- Recursos humanos

- * número
- * nivel de formación
- * con sueldo o voluntarios (presupuesto de los sueldos)
- * personal local
- * personal expatriado
- * descripción de las funciones y distribución del tiempo.

9.2.- Recursos materiales y técnicos.

- * material esencial previsto para la puesta en funcionamiento de la acción (mejor por programa).
- * aportaciones locales.
- * propietarios de las infraestructuras existentes, y de las que se van a construir.
- * presupuestos de los materiales en la divisa del país y en dólares (señalar tipo de cambio y fecha). Adjuntar facturas proforma.
- * planos de las construcciones futuras, si las hubiera.

10.- Calendario de la acción.

10.1.- Duración

10.2.- Fecha de inicio

10.3.- Cronograma previsto

11.- Aceptación de la acción por una autoridad local competente:

Documento del Ministerio de Salud del país (puede ser de la Oficina regional) aceptando y aprobando la acción; en algún caso podrá ser un documento de la Diócesis en el mismo sentido.

12.- Viabilidad de la acción después de su realización:

12.1.- Responsable de la acción tras su realización.

12.2.- Medidas previstas durante la acción para asegurar la continuación al cesar la cofinanciación.

12.3. Viabilidad técnica: ¿se cuenta con asesoramiento de personal cualificado de salud para desarrollar la acción?.

12.4.- Viabilidad sociocultural: medidas para garantizar la aceptación a largo plazo de los resultados de la acción.

12.5.- Viabilidad financiera:

- * financiación de los gastos de funcionamiento de la acción.

12.6.- Perspectivas de los beneficiarios de aprovechar la formación recibida.

13.- Plan de evaluación de la acción.

14.- Sensibilización de la opinión pública si la hay.

15.- Financiación de la acción.

- *aportación local tanto en forma de trabajo, materiales, terrenos y/o dinero.

- * aportación del Ministerio de Salud, si la hubiera.

- * solicitudes o ayudas de otras ONG extranjeras.

- * cantidad solicitada a Medicus Mundi Navarra.

16.- Presupuesto detallado por partidas generales.

Las partidas generales serán:

- * gastos de concepción (viajes y otros)

- * terrenos, construcción y conexos

- * equipos, materiales y suministros (compra y transporte)

- * personal local (salarios, dietas, cargas sociales)

- * personal expatriado (caso dado)

- * funcionamiento (formación, combustible, mantenimiento, gastos operativos, comunicaciones - teléfono, fax, correo -)

- * fondo rotativo (caso dado)

- * imprevistos (máximo 5%)

- * inflación (caso dado)

Presentar facturas proforma de los gastos previstos en inversiones y construcciones.

PEP RULLAN -- MMN

DESCRIPCION DE LA MINIACCION

Título

Completar el siguiente cuestionario:

1. Fin o fines.
2. Medidas proyectadas para conseguir los fines.
3. Medios de realización.
4. Localización precisa.
5. Beneficiarios.
6. Nombre y dirección del socio local.
Nombre y dirección del responsable.
7. Fecha de comienzo.
Fecha de finalización.
8. Viabilidad técnica y financiera de la acción, estimada después de su realización.
9. Otros detalles (geográficos, socio-culturales, económicos etc), que influyen en el proyecto.
10. Presupuesto y facturas pro-forma.

DIANE McANDREW -- MMN
PEP RULLAN -- MMN

