



INGENIERÍA TÉCNICA EN INFORMÁTICA DE GESTIÓN

Curso Académico 2003/2004

Proyecto de Fin de Carrera

PRESUPUESTOS PARTICIPATIVOS

Autor: Alberto Escudero López

Tutores: David Ríos Insua y Jesús María Ríos Aliaga

RESUMEN

Los presupuestos participativos son un intento por dar la palabra y la decisión a los ciudadanos en las cuentas públicas haciéndolos partícipes de la elaboración y aprobación del Presupuesto Municipal, mediante sucesivas tandas de asambleas, que van determinando las preferencias del conjunto de ciudadanos. Esto haría de la democracia mucho más que la elección de representantes cada cuatro años. Se trata de un modelo de gestión presupuestario basado en el diálogo y la participación ciudadana, distinto al modelo representativo actual en el que los representantes no tienen en cuenta la opinión directa de los ciudadanos a la hora de decidir en qué gastar el dinero de todos. Así, se participa en decisiones como en qué gastar el dinero disponible: si en el transporte, la salud pública y la asistencia social, la educación, la cultura, el ocio y entretenimiento, el desarrollo económico, o urbanístico, ... Quizá en un futuro, el debate mediante presupuestos participativos incluya los capítulos de ingresos y cierre una propuesta completa de presupuesto.

Sin sistemas de ayuda a la decisión en grupo y basándose en métodos aún intuitivos existen experiencias en este campo. La ciudad pionera es Porto Alegre, con 1,3 millones de habitantes y capital del estado brasileño de Río Grande do Sul (Brasil), en donde, desde 1989, sus ciudadanos han comenzado a decidir el destino de sus fondos públicos. En cada una de las 16 asambleas ciudadanas iniciales se discute y se fijan sus prioridades presupuestarias. Los Delegados elegidos en cada asamblea vecinal las comunican posteriormente a las autoridades municipales. Estos delegados elegidos por los ciudadanos para velar por el cumplimiento de sus prioridades presupuestarias tienen voz y voto en la elaboración y aprobación del presupuesto de Porto Alegre.

En España ya existen experiencias en ayuntamientos como los de Cabezas de San Juan en Sevilla, el de Albacete, el de Valladolid, el de Rubí en Cataluña, y algunas otras. Así, en Albacete se ha aprobado un borrador del Reglamento de Participación Ciudadana para la elaboración de los Presupuestos participativos. Se han ayudado de las nuevas tecnologías mediante foros temáticos en Internet moderados en donde intercambiar ideas. Estas propuestas se recogen por las organizaciones sociales que, a su vez, hacen de foro ciudadano para su consideración a la hora de elaborar y aprobar los presupuestos del ayuntamiento de Albacete.

Nosotros proponemos utilizar sistemas de ayuda a la decisión para que los ciudadanos decidan en qué gastar (parte) del presupuesto municipal. El hecho de que las preferencias de los ciudadanos sean conflictivas, nos lleva a buscar el consenso entre los ciudadanos. Concretamos el desarrollo de esta metodología para la ayuda a la negociación del presupuesto municipal, y la implementamos para el caso particular de dos partes negociadoras, siendo extensible a más de dos partes en la negociación.

Si los ciudadanos no llegasen a un acuerdo con ayuda de esta metodología para la negociación, se recurriría a algún sistema de voto que no tienen en cuenta las intensidades de las preferencias de los decisores y que, cómo sabemos, suelen llevar a resultados paradójicos, además del hecho de que su resultado suele depender de la regla de voto utilizada. Comentamos en la introducción el impacto de las nuevas tecnologías de la información en las votaciones, automatizando y facilitando el voto tradicional.

ÍNDICE

1. Introducción.....	5
1.1. Conceptos Previos.....	5
1.2. Presupuestos Participativos.....	14
1.3. Casos de Estudio.....	17
1.4. Críticas.....	24
2. Metodología.....	25
2.1. Funciones de valor.....	25
2.2. Negociación.....	30
3. Implementación.....	39
3.1. Formulación.....	39
3.2. Búsqueda del consenso.....	42
4. Conclusiones.....	57
Bibliografía.....	58

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la mayoría de procesos electorales que determinan el gobierno autonómico, nacional o supranacional, de las democracias de todo el mundo se realizan depositando nuestro voto, un trozo de papel, en una urna. Por el contrario, es posible participar en votaciones por SMS o Internet en programas de televisión populares. Estamos, desde luego en tiempo de debate. Un debate que intenta aplicar las nuevas tecnologías en nuestra vida política, como previamente ha afectado a los negocios, la educación o las artes. Un debate que podría llevar a que la política, tal y como hoy se conoce, cambie.

El mundo del siglo XXI será móvil y electrónico. Los últimos años del siglo anterior mostraron claras tendencias de digitalización de la sociedad, especialmente en lo que concierne a los negocios, con los avances en comercio electrónico y la aparición de la nueva economía. No sorprende, por tanto, que esta tendencia digital esté afectando a muchas otras facetas de la vida se estén debatiendo conceptos como e-democracia, e-gobierno, e-administración,... y se estén implementando en varias direcciones, al existir una demanda creciente por la participación en procesos públicos de toma de decisiones.

Ante esta demanda, algunos ayuntamientos están dando la oportunidad a sus ciudadanos de participar en la toma de decisiones sobre en que proyectos gastar (parte de) el presupuesto municipal. Nosotros pretendemos dar soporte tecnológico para facilitar este proceso de toma de decisiones en grupo, que contribuirá a transformar el concepto actual de democracia.

1.1. Conceptos Previos

Se pueden mejorar los procesos y sistemas de gobierno y administración mediante el uso de las nuevas tecnologías de la información y comunicación, facilitando el acceso a la información y los servicios de transacción, así como permitiendo una mayor participación ciudadana. Revisamos a continuación los términos que forman parte del bagaje de palabras en este campo y que propugnan el uso de las nuevas tecnologías de la información y comunicación para mejorar de los citados procesos.

1.1.1. Administración Electrónica

Estas ideas son, en cierta medida, una traducción de las ideas de negocio electrónico al contexto de la administración: un gobierno quiere permanecer tras las siguientes elecciones y, por tanto, necesita mantener a los ciudadanos satisfechos.

Con el objeto de acercarse al ciudadano a través de estas, la opción más comúnmente desarrollada es la de facilitarles las tareas administrativas a través de la web, mediante ventanillas únicas electrónicas que intentan agilizar los diversos procedimientos administrativos mediante su gestión total o parcial a través de procesos telemáticos transparentes al usuario.

En este sentido, en los últimos años las Administraciones Públicas de todos los países han puesto en marcha diversos planes de actuación dirigidos a la tecnificación de sus procedimientos administrativos, de forma que, por un lado, agilicen su gestión interna y, por otro, faciliten la gestión al ciudadano. Con la popularización de Internet, todas las administraciones han volcado sus esfuerzos hacia la tramitación electrónica de estos procedimientos a través de esta red.

Internet no sólo ha cambiado la forma de trabajar en las empresas, los hábitos de comunicación e incluso las relaciones personales. Internet también ha entrado de lleno en las Administraciones Públicas, facilitando sobremanera sus relaciones con los ciudadanos. La administración electrónica se presenta como una de las fuentes más importantes de ahorro para los gobiernos, tanto de rango nacional como autonómico o local, así como de eficiencia y comodidad para el ciudadano.

Hoy en día, los avances tecnológicos permiten a los Gobiernos de las naciones altamente desarrolladas, el diseño, la planificación y la ejecución de políticas basadas en el concepto de Administración electrónica, entendiendo por tal, el uso de tecnologías de la información y las comunicaciones, y particularmente Internet, como una herramienta estratégica para lograr una mejor administración pública. Estas políticas deben estar centradas en el ciudadano y en la empresa como receptores de servicios telemáticos de alto nivel de sofisticación e integración. Tanto en el ámbito de la Unión Europea, mediante el Plan de Acción eEurope 2005, como en el nacional, mediante la Comisión Especial de Estudio para el Desarrollo de la Sociedad de la Información, ha quedado patente la necesidad de reforzar la apuesta por la Administración electrónica avanzando en servicios que creen valor añadido y aporten

más eficacia y eficiencia. El ciudadano en la sociedad moderna precisa relacionarse con diferentes Administraciones, bien para ejercitar un derecho, bien para cumplir con una obligación; y espera obtener un servicio preciso en tiempo y forma, ajustado a su necesidad y con un alto nivel de calidad. Por ejemplo, en España hay tres niveles de Administración: Estatal, Autonómica y Local, a la que habría que añadir la propia Administración de la Unión Europea.

La "ventanilla única" es una de las mayores aspiraciones de la Sociedad del Conocimiento. Consiste en la posibilidad de que los ciudadanos puedan realizar cómodamente desde sus casas cualquier trámite con la Administración, sin necesidad de desplazamientos, papeleo ni esperas.

El servicio estrella de la administración electrónica española, probablemente también de la europea, es el pago de impuestos por vía electrónica. Desde 1999, los ciudadanos pueden realizar la Declaración de la Renta a través de Internet, con la simple obtención de un certificado digital de identidad. Durante la campaña de 2001, se realizaron más de medio millón de declaraciones, y la ampliación y mejora del servicio se ha incluido también en el Plan Info XXI, como otro de los pilares básicos de actuación, a la que en 2001 estaban destinados 368 millones de euros.

A este servicio hay que añadir otros como los que presta la Seguridad Social, como consultas de vida laboral o de cambio de domicilio, el Registro Civil Electrónico... Aún así, la implantación de la administración electrónica, uno de los principales compromisos del Ejecutivo recogidos en el Plan Info XXI- se ha estancado en España, según se desprende del estudio, 'El liderazgo de la administración electrónica' realizado en enero de 2002 por *Accenture* en veintitrés países. Nuestro país se encuentra en la decimoquinta posición en el desarrollo del gobierno electrónico, tres puestos por debajo del año anterior. El informe señala a Canadá, Singapur y Estados Unidos como los países más innovadores en servicios de administración electrónica. Dinamarca se sitúa en el primer puesto entre los países europeos y en quinto a nivel general, por detrás de Australia y por delante de Reino Unido. También se desprende del estudio que los gobiernos están avanzando en la creación de prácticas de confidencialidad homogéneas en la administración electrónica, mediante aplicación de normas estándar para la firma digital y la encriptación de la información.

1.1.2. Democracia Electrónica

Probablemente, la definición más citada y sucinta de lo que es la democracia puede hallarse en el discurso de Lincoln en Gettysburg, cuando la definió como “el gobierno del pueblo, por el pueblo y para el pueblo”, estando la clave en la frase “por el pueblo”. El concepto de democracia directa, donde el ciudadano está continuamente implicado de modo explícito en el proceso de toma de decisiones, resulta muy atractivo para algunos de los postulantes de la democracia electrónica. Sin embargo, las demandas de recursos y logística de la primitiva democracia ateniense, se han considerado excesivas a la hora de aplicarse a gran escala. Se sugiere ahora que la tecnología hace viable la democracia directa a mayor escala y esto ha revitalizado el debate sobre tal democracia, como prueba el creciente interés en muchos municipios españoles por los, denominados, presupuestos participativos.

Los problemas logísticos han sido el principal motivo por el que la democracia representativa es casi universal. En la práctica, la democracia directa, en los últimos tiempos, se ha limitado a algunos comicios o votaciones populares. Hoy en día se afirma que la democracia electrónica puede cambiar esta situación y contribuir a que la democracia sea más efectiva.

Así, el reciente interés por Internet y las redes informáticas ha reavivado el debate sobre la democracia. Por un lado, algunos políticos hablan entusiasmados sobre la posibilidad de ejercer una política virtual en la que se recree el ideal griego de participación directa, lo que derivaría en el nacimiento de una nueva forma de democracia. En la otra cara de la moneda están los que temen que se pueda originar su destrucción. En cualquier caso, parece que ya se están creando las condiciones para la realización de una democracia electrónica. Con el desarrollo de las redes de telecomunicaciones y de las nuevas tecnologías de la información, la población puede votar proyectos, informarse de la política gubernamental o interrogar a sus representantes; aparecen así como ciudadanos activos y efectivos, protagonistas del sueño de una democracia real.

La relación entre democracia y redes tiene sus orígenes no sólo en las características de arquitectura abierta y descentralizada de las redes, sino también porque la inteligencia software se ha ido construyendo gracias al aporte desinteresado de los ciberciudadanos. Internet es una sociedad abierta tal como la democracia es un

sistema político abierto al juego político de las diferencias. Ambas realidades podrían tocarse, no sólo virtualmente.

Pero el concepto de democracia electrónica, no sólo es producto de la fiebre de las redes informáticas. Forma parte también de extensas investigaciones sobre la aplicación de las tecnologías de telecomunicaciones a la democracia, y que se han ido desarrollando de un modo paralelo. Mientras que la tecnología que podría hacer posible la democracia electrónica es nueva, las cuestiones filosóficas que hace referencia son antiguas y de difícil solución. Este hecho se ha evidenciado especialmente por la acalorada discusión que se ha producido en los últimos años sobre la aplicación de las nuevas tecnologías a la política. Existe un consenso general que dice que, nos guste o no, estamos en el umbral de una nueva era de la democracia electrónica. Con el advenimiento de las computadoras en los años 60, y la consiguiente proliferación de las nuevas tecnologías de la información, el concepto de democracia electrónica dejó de ser materia de especulaciones para convertirse en motivo de una considerable experimentación. Hoy la cuestión no es si es posible o si sabemos que lo es, sino más bien quién va a desarrollarla y organizarla y con qué fines.

Entre los beneficios potenciales de la naciente democracia electrónica se incluirían:

- Legitimación
- Acercar las decisiones a los ciudadanos
- Decisiones públicas, tomadas públicamente
- La eliminación de la apatía
- La eliminación de la alineación
- La maximización del potencial del ciudadano
- Transparencia

En estos últimos años, se ha producido una explosión de conocimiento en los campos de la informática y la telemática, la red continúa en expansión y no parece que haya fuerza que pueda contenerla. De más está señalar, que el volumen de transmisión de datos, crece desde los años ochenta de una forma vertiginosa. Internet estaría, para algunos, potenciando una democratización del poder, donde el acceso a la información y la comunicación se abre, supuestamente a todos. En este sentido, el mito de la

tecnología como elemento liberador del hombre no ha tenido el efecto esperado. La generalización del acceso a ella no se ha dado, sino que ha ocurrido de manera diferenciada, de acuerdo a países y clases sociales. Internet no ha escapado a esta situación, a pesar que se indicara que la globalización iba a traer igualdad y homogeneización en todos los rincones.

1.1.3. Voto Electrónico

El voto electrónico puede definirse en sentido amplio como la aplicación de la informática a los procesos electorales. Nos encontramos ante un concepto muy amplio puesto que comprende desde el ejercicio de derecho al sufragio mediante un sistema electrónico, por ejemplo mediante una tarjeta de banda magnética, hasta el voto on-line, que sería la capacidad de que un usuario pueda votar desde su propio ordenador, en su hogar, sin necesidad de tener que desplazarse hasta un colegio electoral.

La ventaja fundamental de este esquema es la rapidez con la que se produce el recuento de votos y la comodidad para el votante. Por ello, una de las posibilidades que abriría esta tecnología sería el poder realizar votaciones con mayor frecuencia, un paso más al acercamiento de la democracia al usuario.

El voto electrónico debe reunir los mismos requisitos y garantías que el voto tradicional. No debe ser posible que se produzca una alteración de los resultados. Esto hace que se deban establecer mecanismos para que sólo voten las personas que tienen derecho a ello y que sólo lo hagan una vez. La utilización de firmas y certificados digitales es requisito necesario para garantizar la fiabilidad y legalidad del sistema. El ejercicio del mismo debe ser anónimo, durante y después de concluido el proceso electoral. Por último, deben ponerse los medios físicos para que las personas que deseen utilizar este sistema puedan hacerlo.

Obviamente, tal y como hemos comentado, un sistema de voto electrónico no carece de problemas. Como mínimo, debe tener las siguientes características:

- Precisión: No debe ser posible alterar el resultado ignorando votos válidos, manipulándolos o contabilizando votos inválidos.
- Control: Sólo deben poder votar los votantes válidos, y cada uno de ellos sólo debe poder emitir un voto.

- Privacidad: El voto debe ser anónimo. El sistema, además, debe evitar el riesgo de coerción y el resultado de la votación debe ser privado hasta que se haya cerrado el plazo.
- Verificabilidad: Es conveniente que el votante pueda validar su propio voto a posteriori, para verificar que ha sido tenido en cuenta.

Resulta evidente que algunos de los requisitos son, aparentemente, contradictorios. Por ejemplo, el hecho de que el voto sea secreto y, al mismo tiempo, garantizar que los votantes sólo puedan votar una vez. Así mismo, que el votante pueda ejercer su derecho desde su propio hogar abre las puertas a la coerción.

El Senado español está estudiando la posibilidad de establecer este sistema en España. Su puesta en marcha debe partir de la base de la imposibilidad de instaurar este sistema en términos absolutos. La todavía escasa penetración de la red en España es uno de los principales obstáculos. La implantación resulta un proceso complejo, no tanto por el estado de desarrollo de la tecnología, sino por los cambios necesarios en materia legislativa.

Hasta el momento en España se han realizado diversas experiencias piloto de voto electrónico, que reflejan la posibilidad de usar dicho sistema. Entre ellas se encuentran las producidas en Barcelona (1995), en la localidad gerundense de Anglés, en el País Vasco (1996 y 1997), en las elecciones al Parlamento de Galicia (1997) y en Villena (1999), localidad perteneciente a Alicante, siendo prácticamente común el uso de tarjetas de banda magnética para el ejercicio del voto.

En cambio el voto on-line o a través de Internet, que en sentido estricto es la capacidad que tiene un usuario para votar desde su ordenador sin necesidad de acudir a un colegio electoral, continúa en período de pruebas, lo que genera un gran movimiento investigador en este área, por ello los expertos comienzan a definir algunas consideraciones tecnológicas que podrán garantizar el correcto funcionamiento y seguridad del voto electrónico, entre ellas, ver Martínez (2002):

- Sistemas distribuidos: Puesto que no es posible, hoy por hoy, garantizar acceso universal a la red, y puesto que los sistemas de voto tradicional son de gran arraigo y tradición, no podemos olvidar la división tradicional de colegios electorales y zonas. Así pues, en lugar de usar un sistema centralizado, parece más razonable el uso de un sistema distribuido, permitiendo que la votación se puede realizar de varias formas:

- Desde casa, vía Internet, accediendo al servidor de zona.
 - En el propio colegio electoral, realizando las tareas de certificación y autenticación en una mesa al estilo tradicional, y accediendo posteriormente a una consola para emitir el voto.
 - En el caso del voto por correo, se procederá a proporcionar un sistema de voto diferido en las oficinas de correo, de manera que quede el voto almacenado de forma segura hasta el momento de la consulta. Debe ponerse especial cuidado en la garantía de secreto. No obstante, en un sistema de voto por Internet, el voto por correo es una actividad que realmente no sería necesaria.
- Utilización de servidores replicados: Para evitar problemas de seguridad o sobrecarga: las operaciones se realizan a la vez sobre varios servidores replicados en paralelo. De este modo, se evitan muchos problemas sobre confiabilidad en los administradores.
 - Jerarquía de servidores: El o los servidores centrales no son sistemas de votación sino sistemas de recuento al estilo de los actuales, con la diferencia de que los datos no son introducidos por operadores, sino que son recibidos en tiempo real desde cada uno de los servidores.
 - Sistemas de protección y recuperación ante fallos: para no tener que invalidar las votaciones asociadas a un colegio electoral.

Vemos cómo el voto electrónico facilita el proceso de voto tradicional, pero no hay una transformación con ello del concepto de democracia. En lo que nos interesa, como ya hemos comentado anteriormente, cuando los ciudadanos no llegan a un acuerdo mediante negociación, se resuelve el conflicto mediante algún sistema de voto, sea electrónico o tradicional. Las votaciones se utilizan cuando hay que tomar una decisión común pero no hay acuerdo. Teniendo en cuenta las preferencias, a veces dispares, de cada uno de los individuos que componen el colectivo, se vota la alternativa que se llevará a cabo, que consideraremos la más preferida por el grupo.

Las votaciones son usadas para tomar decisiones en grupo, transformando una decisión de grupo sobre una acción común en decisiones individuales (votos). Dependiendo del sistema de votación que se use se puede llegar a diferentes resultados, y por tanto, influir en la decisión final. Todos los métodos tienen fallos inherentes y ocasionan de vez en cuando resultados paradójicos respecto las

preferencias individuales. El teorema K. Arrow establece que, suponiendo que se cumplen ciertas reglas elementales (condición de Pareto, monotonía, independencia respecto de alternativas irrelevantes), todo método electoral basado en un sistema de voto presenta algún resultado paradójico.

1.1.4. Análisis electrónico de decisiones

El objetivo del Análisis de Decisiones es ayudar a un decisor o grupo de decisores a pensar de forma rigurosa y estructurada sobre un problema de toma de decisiones.

Quizás una de las investigaciones más ambiciosas en el área de la democracia electrónica, sea la toma de decisiones participativa. Actualmente existen una serie de objetivos sobre los que la sociedad se declara unánime: todos queremos tener mejores escuelas, mayor seguridad en las calles y menos impuestos. El problema aparece cuando aparecen objetivos en conflicto, como la localización de nuevos hospitales u objetivos complejos como los asociados a la política nacional de transportes. Los actuales modelos de toma de decisiones en este tipo de problemas, no resuelven completamente el problema, ya que están caracterizados por una reducción de la complejidad de los objetivos, persuasión mediante demagogia o dinero y consideración de un número reducido de opiniones.

La complejidad de la toma de decisiones aparece incluso aplicándola a pequeños grupos. Se puede observar dicha complejidad en los numerosos desastres producidos hasta el momento, tanto en su aplicación en grupos pequeños, como podemos ver en Punch (1996) y en Tibballs (1999), así como también en grandes, que podemos ver en Drummond (2001).

Actualmente, no está claro cómo se debe proceder para obtener un proceso efectivo de toma de decisiones a gran escala y la posibilidad de que pueda ser realizada sigue siendo explorada. Los adelantos en áreas como la inteligencia artificial, estadística y otras áreas relacionadas deberían habilitar el desarrollo e implantación de este tipo de actividad democrática en el futuro, aunque por el momento no es suficiente y por ello la toma de decisiones se encuentra limitada a problemas a pequeña escala. Como ejemplo, se han realizado experimentos que pretendían la participación de los ciudadanos en la creación de los presupuestos del gobierno local.

En este proyecto fin de carrera se pretende sentar las bases de un sistema que ayude a resolver los conflictos en las preferencias de un grupo que ha de elegir una alternativa de acción mediante negociación, similares a los que aparecen en los problemas de análisis de decisiones multicriterio, colaborando así en el desarrollo de la democracia electrónica. Así, proponemos el desarrollo de un sistema de negociación electrónica con el objetivo de sugerir soluciones de consenso a los participantes y aplicarlo al caso de los presupuestos participativos, teniendo en cuenta que recurriríamos al voto electrónico si al utilizar el sistema de negociación propuesto no se llega al consenso.

1.2. Presupuestos Participativos

“Los Presupuestos Participativos son un tipo de democracia universal, directa y voluntaria, que brindan la oportunidad a la población de discutir sobre los presupuestos y la política pública tomando decisiones relevantes. Los ciudadanos no sólo votan, sino que están directamente involucrados”.

(Uribatam de Souza)

Los Presupuestos Participativos permiten la participación de los ciudadanos, de forma individual o mediante colectivos, en una parte del presupuesto. Son un proceso por el cual la población decide, de forma directa, las aplicaciones de los recursos económicos en obras y servicios que serán ejecutados por la Administración Municipal.

Así, tendremos un presupuesto disponible y los posibles proyectos en los que gastar dicho presupuesto. Estamos ante un problema de toma de decisiones en grupo en el que los ciudadanos tienen que llegar a un consenso sobre qué alternativa de solución implementar.

Un Ayuntamiento permite así una nueva forma de gobierno basada en la participación popular y el comportamiento cívico, en el cual la sociedad civil actúa como un poder alternativo. El resultado de intensas discusiones entre los representantes electos y los civiles modifican profundamente la política municipal. Los Presupuestos Participativos constituyen también un desarrollo interesante en la democracia, la cual, a menudo, relega a los ciudadanos a un mero voto electoral.

Los Presupuestos Participativos se basan en cuatro principios:

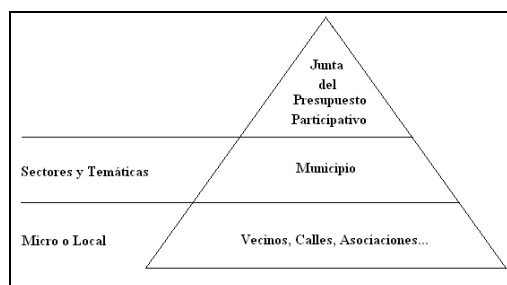
- Redireccionamiento de las fuentes públicas;
- Creación de nuevas relaciones entre ciudadanos y órganos del gobierno;
- Nuevas jerarquías sociales;
- Invención de una nueva cultura democrática que promueve la ciudadanía.

Esto representa el primer acercamiento a las decisiones públicas y conlleva una mayor justicia social permitiendo participar a todos los ciudadanos (pobres o ricos) tomando decisiones y supervisando los poderes.

Los poderes se dividen en:

- Ejecutivo: comprende al alcalde (seleccionado mediante sufragio universal directo), y a todos los cuerpos públicos, administrativos, agencias y servicios municipales nombrados por el alcalde. Esto promueve el proceso participativo.
- Legislativo: una asamblea municipal elegida por el pueblo mediante voto proporcional, que consigue una orientación política diferente desde el ejecutivo.
- Sociedad Civil: todos los habitantes toman parte en asambleas, de forma directa o indirecta, individualmente o mediante grupos formales.
- La Pirámide de Participación: de cuatro niveles, que forman un entorno entre el ejecutivo y la sociedad civil. Se organiza mediante dos vías: territoriales (por sectores) y temáticas.

Tenemos así un sistema integrado por tres niveles:



La Pirámide de Participación

El primer nivel es el micro o local e incluye envuelve pequeños grupos compuestos a partir de edificios, calles o asociaciones. Los participantes discuten problemas concretos y las intervenciones necesarias para resolverlos; se establecen prioridades y se designan representantes que mostrarán las propuestas al nivel superior.

El segundo nivel consta de sectores y temáticas, cuyo número puede variar de acuerdo al tamaño del municipio o ciudad. Las asambleas sectoriales comparan las ventajas y debilidades de cada vecindario, definen prioridades globales por sectores y designan delegados de los foros sectoriales, así como los miembros de la junta del presupuesto participativo, que discutirán las principales líneas presupuestarias con el ejecutivo.

Las asambleas plenarias con asuntos específicos se realizan en paralelo a los mítines sectoriales, que también eligen a sus delegados para los foros temáticos y los miembros de la junta del presupuesto participativo.

El tercer nivel es la junta del presupuesto participativo. Los miembros son nombrados por un año y representan sectores y temáticas, así como el ejecutivo municipal, los servicios públicos y los movimientos de asociaciones. Los mítines suelen durar un mes, y el presidente de la junta debe supervisar la participación y asegurar la comunicación entre la administración municipal y la pirámide de participación.

Los presupuestos participativos representan un proceso continuo que dura un año entero, con reuniones de vecinos en las cuales la población expresa sus puntos de vista. Las prioridades son propuestas en foros y presentadas a la junta para su evaluación. Se dedica tiempo a informar e involucrar a los ciudadanos. La metodología que siguen es la de reunirse y discutir sobre prioridades para luego votar en busca de un consenso.

Existen tres grandes principios para conseguir un funcionamiento del ciclo:

- Una aproximación que favorece a la mayoría y lo que ésta demanda, basada en el número de participantes, y en una distribución formal del presupuesto según lo que la mayoría de los ciudadanos demandan.
- Una aproximación a la distribución de la justicia que garantiza una mayor seguridad hacia los vecindarios. Aquí también existe un criterio de acuerdo a las prioridades ciudadanas, los servicios básicos, la infraestructura y la población.
- Una aproximación técnica guiada por los servicios municipales. Primeramente se establece una evaluación preliminar del equipamiento base, un proyecto de fiabilidad y la viabilidad financiera de la inversión. Sus poderes son limitados y controlados por la junta de los presupuestos participativos.

Aunque la mayoría de los presupuestos participativos se basen en un simple principio general, una comparación de las regulaciones municipales muestra la variedad de formas de la junta de los presupuestos participativos.

Están asentados en manuales, dirigidos y discutidos por la población y claramente formulados. Esto significa que se asegura que las regulaciones sobre el número de delegados de cada cuerpo, el papel de las autoridades públicas, las prerrogativas y los poderes de la junta de los presupuestos participativos y los foros sean claras y transparentes. Dependiendo del modelo, las cuentas públicas a presupuestar pueden variar desde el porcentaje de inversión pública mínimo hasta todo el grueso de la junta municipal.

Los Presupuestos Participativos son un modelo de democracia. Sin embargo, no son un modelo que pueda ser copiado mecánicamente. Simplemente, son un método para la reflexión y la experimentación que emprende acciones sobre las autoridades locales y las acciones políticas mediante una renovada legitimidad. En el esfuerzo por gastar el presupuesto público de la manera más transparente y justa posible, sirven como instrumento para redirigir las políticas locales por el beneficio de los más pobres y asentar los derechos civiles.

Sin embargo existen ciertas desventajas: la participación es limitada a una pequeña fracción de la población, y existen dificultades para movilizar a los más jóvenes y a los más pobres (multiplicar los mítines a escalas más pequeñas podría ser sólo un remedio parcial). Los presupuestos participativos suelen acarrear problemas en los vecindarios, que en ocasiones no encuentran unas ideas comunes coherentes referente al plan de inversión. Además, aquellos que han perdido las ventajas que poseían antes de realizar los presupuestos participativos tienden a boicotearlos.

1.3. Casos de estudio

1.3.1. Porto Alegre (Brasil)

En 1988, en Porto Alegre, Brasil, el Partido de los Trabajadores gana la alcaldía de Porto Alegre, una ciudad de un millón y medio de habitantes. La idea del

partido es clara: desean permitir a todos los vecinos que lo deseen decidir verdaderamente sobre su ciudad.

Se crea así un modelo que arranca con dificultad durante los primeros años, para ir afianzándose poco a poco. Hoy, la ciudad está dividida en 16 zonas y en cinco áreas temáticas, donde los vecinos debaten y aprueban sus peticiones de obras y servicios. Representantes elegidos por los ciudadanos defienden sus peticiones, que son finalmente entregadas al pleno municipal para su aprobación.

Los resultados de esta experiencia democrática directa, dentro de otra representativa, no se han hecho esperar. El Partido de los Trabajadores ha revalidado su victoria en todas las elecciones municipales y cada año sube el número de personas que participan. Actualmente la cifra asciende a veinte mil.

La metodología que siguen es la de reunirse y discutir sobre prioridades para luego votar en busca de un consenso.

1.3.2. Albacete (España)

Los Presupuestos Participativos en Albacete se dividen en tres fases:

La primera fase se desarrolla a lo largo de los dos primeros meses del año, el Presupuesto Participativo se dirige a informar a la ciudadanía del proceso, además de capacitar a los ciudadanos y ciudadanas que, siendo elegidos en las primeras asambleas que se realizan, van a coordinar la segunda fase y discutir el autorreglamento por el que los Presupuestos Participativos se guiarán el resto del año.

El Ayuntamiento, junto al Consejo del Movimiento Ciudadano, convocan las 14 **asambleas de distrito**. El desarrollo de las asambleas se orienta a informar a la ciudadanía del proceso de los Presupuestos Participativos según el último autorreglamento (aprobado el año anterior), a informar a los asistentes de las propuestas ciudadanas que el año anterior fueron finalmente incluidas en los Presupuestos Participativos y, por último, a elegir, entre los asistentes, a los cuatro *agentes* de los Presupuestos Participativos (independientemente al número de asistentes). Si se presentara un mayor número de ciudadanos/as, tras una previa votación, se dirimiría quienes son titulares y quienes *agentes* suplentes.

Al finalizar las asambleas de distrito, el Ayuntamiento realiza unas **jornadas de capacitación** para los *agentes* elegidos, en el transcurso de las cuales se ofrece a los mismos información sobre el Presupuesto Municipal y las distintas áreas municipales que el Ejecutivo decide introducir en el proceso de los Presupuestos Participativos. Cada año, los *agentes* revisan el autorreglamento del año anterior y modifican y proponen la introducción o eliminación de los elementos que se consideren pertinentes para el desarrollo del proceso.

En el autorreglamento se establece el marco de referencia por el que las asambleas van a tener lugar, el modo de votación dentro de ellas, la utilización o no de criterios para guiar la toma de decisiones, así como las responsabilidades y funciones que los mismos *agentes* van a tener en el transcurso del proceso.

En la segunda fase los Presupuestos Participativos se dirigen a propiciar que los ciudadanos propongan las cuestiones que son consideradas prioritarias con relación a las inversiones y servicios de las distintas Áreas Municipales. Para ello el proceso actúa en dos niveles distintos. Por un lado, la Mesa de distrito y, por el otro, las asambleas de barrio.

La **Mesa de distrito** es convocada por el Ayuntamiento y el Consejo del Movimiento Ciudadano, por medio de una convocatoria abierta a todas las asociaciones de un distrito. Forman parte de ella los *agentes* elegidos en un distrito y las asociaciones del distrito que así lo deseen. Siempre hay un técnico de Relaciones Ciudadanas apoyando su desarrollo. La Mesa de distrito coordina el desarrollo de las asambleas de barrio, estableciendo el número de asambleas de barrio consideradas adecuadas, además de las fechas, las horas y el lugar en el que se desarrollarán.

Una vez son convocadas las **asambleas de barrio**, la ciudadanía asistente establece las prioridades, en orden de preferencia, con relación a las áreas municipales implicadas en el proceso. Los *agentes* se encargarán de coordinar cada asamblea. Terminadas éstas, la Mesa de distrito se reúne de nuevo, con el objetivo de establecer una única lista de prioridades (por cada una de las áreas municipales) para el conjunto del distrito. Los integrantes de la Mesa realizan esta tarea según lo acordado

previamente en el autorreglamento, que estableció los criterios para priorizar las distintas propuestas de una misma área entre diferentes asambleas de barrio.

Cuando la Mesa de distrito ha realizado su tarea, el Ayuntamiento, junto al Consejo del Movimiento Ciudadano, convocan una segunda **asamblea de distrito**. Esta asamblea es coordinada por los *agentes* y una representación de las asociaciones que hayan asistido a las reuniones previas de la Mesa. Se expone la priorización establecida por la Mesa, explicando el cómo se ha hecho y cómo se ha alcanzado la propuesta. La ciudadanía puede modificar, en caso de que los asistentes estén de acuerdo, el orden de alguna propuesta, siempre y cuando en la misma asamblea se pueda establecer que la ponderación realizada por la Mesa podría ser establecida de otra manera. Aprobada la propuesta del distrito, la asamblea elige a dos *representantes* (y dos suplentes), que serán los que junto al resto de *representantes* de los otros distritos establezcan finalmente una propuesta conjunta para la ciudad.

El desarrollo de esta tercera fase se caracteriza por la utilización de mecanismos representativos dentro de los Presupuestos Participativos. Esto quiere decir que son los *representantes* elegidos en las últimas asambleas de distrito los que conducen la misma, teniendo siempre como referencia la ciudad.

Lo primero que tiene lugar es una jornada de capacitación para los *representantes*, convocada por el Ayuntamiento. A lo largo de ella el Ayuntamiento ofrece información sobre el Presupuesto Municipal, además de las diferentes áreas municipales implicadas en el proceso. Paralelamente se revisa el autorreglamento (que no se puede modificar) con el objetivo de aclarar y definir las actividades y el proceso de toma de decisiones por medio del cual los *representantes* conformarán la propuesta ciudadana para el conjunto de la ciudad en cada una de las áreas municipales.

El Ayuntamiento pone a disposición de los *representantes* informes técnicos (viabilidad, competencias municipales, costes si son posibles establecer, etc) sobre las propuestas priorizadas por los ciudadanos durante la segunda fase. Los informes técnicos persiguen aclarar qué propuestas pueden ser discutidas y cuáles no son competencia del Ayuntamiento, además de aportar información que facilite el proceso de toma de decisiones de los *representantes*.

Después de realizar una visita por los diferentes distritos, los *representantes* son convocados a lo que se ha denominado **asamblea de ciudad**. Ésta tiene lugar durante un día, a lo largo del cual los *representantes* deciden, de acuerdo a lo estipulado en el autorreglamento y las jornadas de capacitación, el conjunto de las propuestas en inversiones y servicios, en orden jerárquico, para toda la ciudad. El conjunto de las propuestas es entregado, finalmente, al Ejecutivo municipal.

Los Presupuestos Participativos son ciertamente sensibles a las actuaciones de cada uno de los diferentes actores implicados, aunque lo que parece inevitable es precisamente el encuentro de posturas y percepciones diferentes, en tanto en cuanto la idea de la participación directa de la ciudadanía persigue la publicación de todas ellas, intentando abrigar el pluralismo propio de toda convivencia, a la vez que se generan mecanismos para establecer acuerdos.

En principio por medio de las asambleas ciudadanas, en las que la ciudadanía puede discutir, proponer y priorizar, se priorizan las cuestiones que se creen más importantes. En segundo lugar, los *agentes* pueden discutir más profusamente cuestiones que tienen que ver con la organización del proceso, además de establecer las pautas para realizar el seguimiento de los acuerdos. En el momento que se ejecutan las primeras propuestas el proceso se retroalimenta, consolidando los mecanismos desplegados y la discusión en el seno de las asambleas.

Todo ello resulta arduo y complicado, pero muy rico. Durante el primer año el autorreglamento no recogía la participación de la ciudadanía como forma de cualificar el peso de las propuestas (por ejemplo, en función de los votos alcanzados por una), mientras que en el segundo año los *agentes* decidieron otorgar una cualificación al respaldo ciudadano que una propuesta específica alcanzara en una asamblea, lo que consiguió dar más relevancia a la propia discusión dentro de las mismas.

Desde el principio siempre aparece el problema de cómo hacer las asambleas, cómo tanta gente puede participar, hablar y votar. En este sentido, los Presupuestos Participativos suponen una dinámica muy concreta que facilita enormemente el transcurso de una asamblea: cuáles son las necesidades que tenemos y cuáles son más prioritarias. Los *agentes*, que son los que coordinan las mismas (facilitando la comunicación dentro de ellas), discuten previamente en la elaboración del

autorreglamento, en cómo se van a desarrollar (los tiempos que se van a dar a cada cosa que se haga), en cómo hacer la priorización (con el objeto de expresar en la asamblea las necesidades más inminentes), etc. Posteriormente son los *agentes* los que conducen la asamblea con el fin de que ésta no se prolongue, convenientemente, más de dos horas, estableciendo las pautas necesarias para que la ciudadanía asistente priorice sus preferencias con relación a las áreas municipales que se pongan a discusión en los Presupuestos Participativos, además de aclarar todas las cuestiones pertinentes en torno al mismo proceso.

A lo largo de los dos años el modo de realizar la votación en las asambleas ha variado. Durante el primer año las votaciones se realizaban indirectamente. Los ciudadanos discutían previamente los asuntos a tratar, estableciéndose un tiempo para la discusión e intercambio de opiniones. A continuación votaban una serie de criterios, conformados previamente en la Mesa de distrito y que serían utilizados posteriormente para priorizar las propuestas. Después escribían sobre un plantilla, previamente confeccionada, los elementos que consideraban prioritarios para su barrio, con ayuda de los *agentes* o el técnico que apoyara esa asamblea.

Durante la elaboración del autorreglamento del segundo año y teniendo en cuenta la incorporación al proceso de tres áreas municipales más, los *agentes* discutieron la pertinencia de los mecanismos de votación seguidos el año anterior. De este modo, evaluando lo que se había hecho, se decidió variar y establecer un mecanismo de votación directa. Así, los ciudadanos asistentes a las asambleas dispondrían de un tiempo para hablar y proponer aquellos elementos que considerasen importantes y necesarios incluir en los Presupuestos Participativos, según el área municipal, pudiéndose recoger cualquier otra propuesta que no estuviera directamente vinculada a ninguna de las áreas municipales, aunque no entraría en el proceso de votación. Las propuestas ciudadanas son recogidas por los *agentes* con el fin de que los asistentes puedan ver el total de las propuestas realizadas. Una vez se recogen todas las propuestas, los ciudadanos votan directamente, a mano alzada, un tercio de las mismas, es decir, en el caso de que hubiera 10 propuestas distintas cada ciudadano podría votar 3 o 4 propuestas, facilitando de esta manera que la propia ciudadanía realice una priorización. Las propuestas son ordenadas por área temática (las áreas municipales durante el segundo año fueron: Infraestructuras, Participación Ciudadana, Educación y Cooperación y Solidaridad) según el número de votos alcanzado.

Estos mecanismos de votación tienen lugar en las asambleas de barrio, único momento en todo el proceso en el que se establecen las propuestas. A partir de las propuestas de esas asambleas se sucede un proceso de priorización, primero, del conjunto del distrito (final de la segunda fase) y, segundo, del conjunto de la ciudad (tercera fase). Los mecanismos para realizar la priorización vienen recogidos también en el autorreglamento. Básicamente se fundamentan en la aplicación de unos criterios a las propuestas ciudadanas, las cuales son ponderadas en función de aquellos. Los criterios elegidos durante las jornadas de capacitación de los *agentes* fueron para el segundo año los de carencia de servicio o infraestructura, población afectada por el servicio o infraestructura y obras, programas, proyectos o servicios que incidan especialmente en zonas marginales o desfavorecidas.

La priorización del distrito, a partir de las propuestas de las diferentes asambleas de barrio es realizada por la Mesa de distrito, que tiene la tarea de elaborar una única lista por cada una de las áreas municipales integradas en el Presupuesto Participativo. Hay que tener en cuenta que cada asamblea de barrio presenta ya una lista ordenada jerárquicamente, previa votación de la ciudadanía, con lo que siempre hay que respetar dicho orden. De esta manera se mezcla el valor que los vecinos y vecinas dieron a las propuestas y la ponderación obtenida por unos criterios impersonales y consensuados previamente.

El mecanismo seguido y recogido en el autorreglamento es sencillo: imaginemos que hay tres listas de propuestas (tres asambleas de barrio) del área de Educación, entonces la Mesa (*agentes* y asociaciones) aplica los criterios a cada una de las propuestas que se realizaron en las asambleas de barrio ordenadamente (de la más votada a la menos votada). Entre las propuestas más votadas en cada una de las asambleas de barrio, la que obtenga una mayor ponderación será la primera para el distrito. A continuación, la segunda propuesta de esa asamblea pasa a primer lugar y se vuelven a ponderar las tres primeras propuestas, una de cada asamblea, siendo la que obtenga más puntuación la que vaya en segundo lugar para el distrito. Y así sucesivamente hasta completar las propuestas de esa área para el distrito. No importa que de una misma asamblea salgan propuestas seguidas, se trata de hacer una priorización teniendo en cuenta la votación directa (en las asambleas). La propuesta final que la Mesa de distrito elabore tiene que ser ratificada por la asamblea de distrito,

dentro de la cual cualquier ciudadano puede cuestionar la ponderación realizada y proponer otra alternativa, que tendría que ser votada por el conjunto de la asamblea.

En la tercera fase los *representantes* de los Presupuestos Participativos establecerán la priorización ciudadana para el conjunto de la ciudad. Los mecanismos seguidos son similares a los de la Mesa de distrito. De cualquier manera, en ningún momento se puede modificar el orden ya especificado de las propuestas en cada uno de los distritos. De este modo, los *representantes* tienen que decidir siempre una propuesta entre las primeras de los 14 distritos. Para ello usan los informes técnicos que el Ayuntamiento pone a su disposición con el objetivo de cualificar su toma de decisiones. Aquella que obtiene el respaldo suficiente, por medio de una mayoría cualificada, se considera una propuesta final, dejando su lugar a la segunda propuesta de ese mismo distrito. El mecanismo se vuelve a repetir hasta establecer la priorización de las propuestas de los distritos o, en su defecto, hasta alcanzar el presupuesto máximo estimado para el año siguiente, a partir de los informes técnicos sobre los costes de las propuestas.

1.4. Críticas

En general hay poca metodología desarrollada en torno a los presupuestos participativos. El proceso de toma de decisiones está basado en algún sistema de voto, cuando sería preferible algún sistema de negociación como el que proponemos. No se establecen unos objetivos claros respecto de los cuales valorar las posibles alternativas con algún sistema de ayuda a la decisión, lo cual permitiría la cuantificación de la intensidad en el orden de preferencias sobre las alternativas y en consecuencia mejores soluciones de consenso. Destacamos, por tanto, las siguientes críticas a la escasa metodología actual en presupuestos participativos:

- Basado en discusiones y encuentros físicos
- Consenso sobre las prioridades mediante votación.
- No se valora la intensidad en el orden de preferencias sobre las alternativa, sino que simplemente se llega a un “consenso” respecto al orden de preferencia, distinguiendo así las prioritarias de las no que no lo son.
- Se delega la participación en delegados o representantes civiles

2. Metodología

Hasta ahora hay poca metodología en presupuestos participativos, puesto que se basa sobre todo en encuentros físicos en donde se discute y vota. Las nuevas tecnologías han aportado la creación de foros en Internet o el voto electrónico como herramientas de apoyo, pero no es suficiente para involucrar de lleno a todos los ciudadanos en el proceso.

El objetivo es transformar esa metodología inicial en una metodología a través de la cual los ciudadanos realmente formen parte del proceso de toma de decisiones, en el que se decide en qué proyectos se gasta el presupuesto municipal.

Se modelizarán las preferencias de cada ciudadano mediante una función de valor, en el caso de certidumbre, con la cual se obtendrán las mejores soluciones para cada uno, como desarrollamos en el apartado de *Función de valor*.

Lo habitual que las soluciones que propone cada ciudadano, que son aquellas que maximizan su función de valor, no sean la misma, por lo que es necesario buscar una solución de consenso entre ellos, mediante algún sistema de ayuda a la negociación, como desarrollamos en el apartado de *Negociación*.

Con la ayuda de la teoría de la Negociación se creará una arquitectura para dar soporte a estos sistemas. En concreto se realizará para el caso particular de dos partes, generalizable para n partes.

Se presenta un enfoque exacto para buscar el consenso y se propone una solución de negociación no dominada. Este enfoque requiere un alto coste computacional, por lo que se propondrá una heurística de tipo voraz.

El sistema de negociación se basará en el método de incrementos equilibrados (BIM).

2.1. Funciones de valor

Modelizaremos la estructura de preferencias de cada decisor sobre las alternativas mediante una función de valor, de tal forma que: $v(x) > v(y) \Leftrightarrow x \phi y$, donde $x \phi y$ significa que “ x es preferido a y ”, y $x = (x_1, K, x_k)$ e $y = (y_1, K, y_k)$ son dos alternativas de decisión caracterizadas por sus respectivos vectores de atributos.

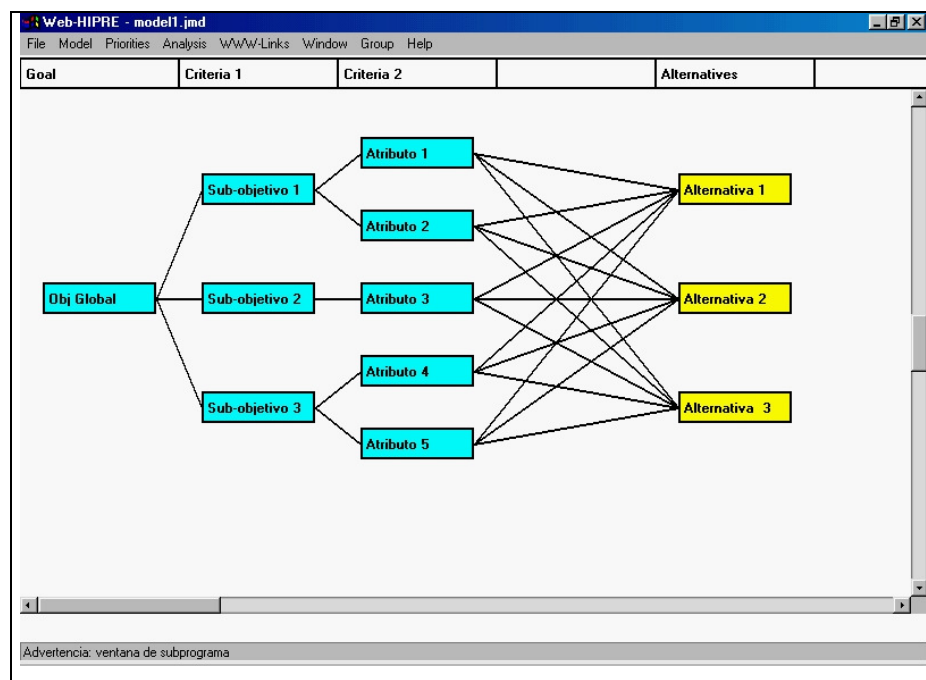
Todo problema de decisión lleva asociado un objetivo global, con el cual evaluaremos cada alternativa de decisión. En ambiente de certidumbre sobre las consecuencias de cada

alternativa de decisión, construiremos una función de valor, que modelice las preferencias del decisor, así como las intensidades de estas preferencias sobre las consecuencias de cada alternativa.

Proponemos para la modelización de preferencias en ambiente de certidumbre mediante funciones de valor utilizar el software Web-HIPRE, que puede encontrarse en la dirección de Internet <http://www.hipre.hut.fi>, desarrollado por el Systems Analysis Laboratory de Helsinki University of Technology bajo la dirección de Raimo Hämäläinen.

Este software permite crear la función de valor cuando el objetivo general se desagrega en subobjetivos (los cuales pudieran ser conflictivos) mediante una jerarquía. Así, esta organización jerárquica de los subobjetivos dará lugar al llamado árbol de objetivos, y la técnica de construcción de la función de valor asociada a un árbol de objetivos será llamada análisis de árboles de valor.

Para usar esta técnica debemos construir en primer lugar la jerarquía de objetivos para el problema que estemos tratando:



Identificando el objetivo general y estructurando los subobjetivos, hasta que los del último nivel del árbol proporcionen una visión más precisa y cuantificable sobre las consecuencias de las alternativas de decisión. Asociados a los subobjetivos del último nivel, consideraremos un atributo, que medirá la realización o consecución del correspondiente subobjetivo. Así las alternativas de decisión quedan caracterizadas por un vector de atributos.

	Atributo 1	Atributo 2	Atributo 3	Atributo 4
Min Rating	1000.0	0.0	100.0	0.0
Alternativa 1	3000.0	100.0	200.0	
Alternativa 2	1000.0	30.0	100.0	
Alternativa 3	2500.0	0.0	180.0	
Max Rating	3000.0	100.0	200.0	100.0
Unit	Euros	Escala subjetiva	Km/h	

Buttons: Clear Ratings, OK, Cancel, Import...

Advertencia: ventana de subprograma

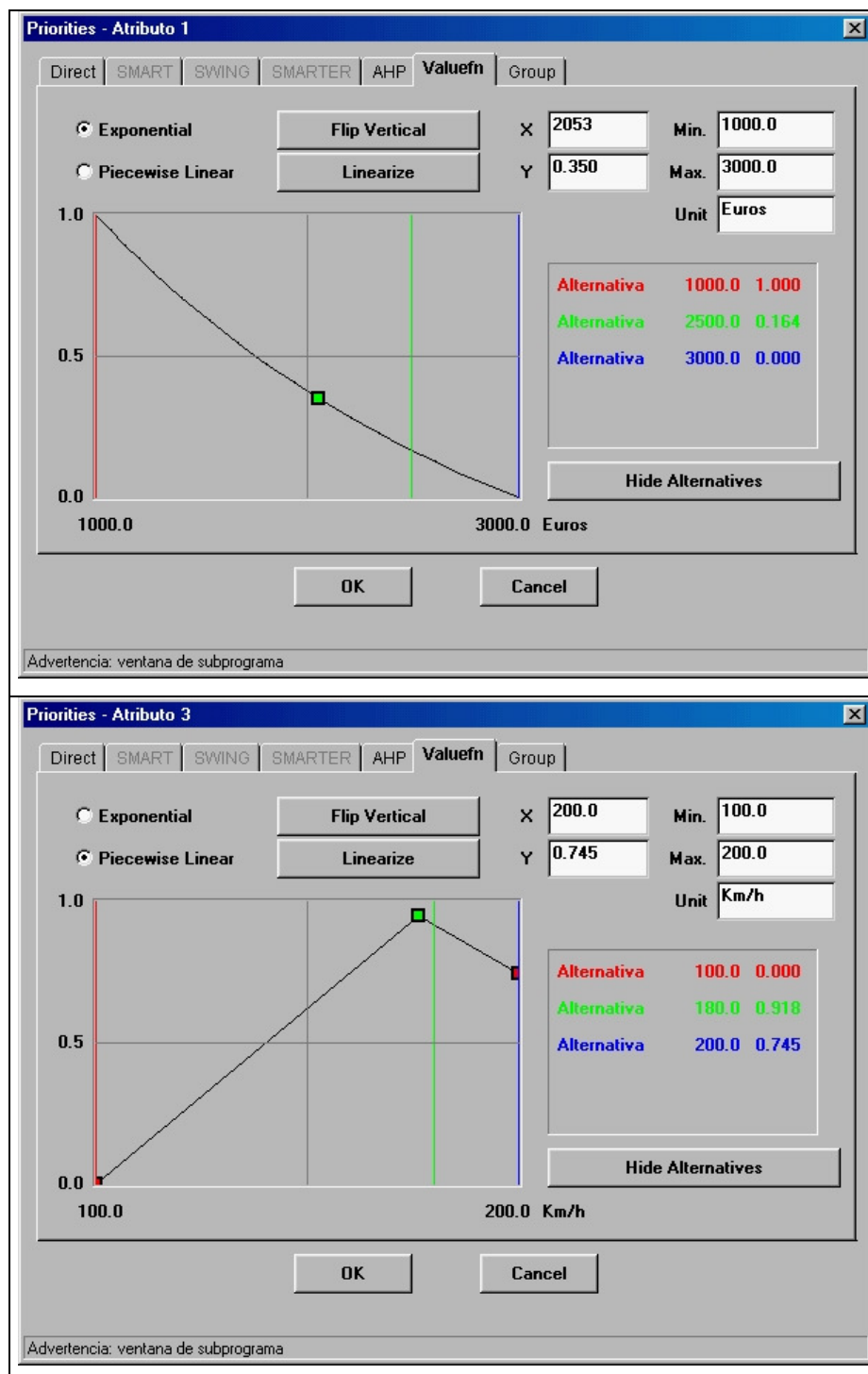
Cada atributo tiene una unidad de medida y un rango de valores.

Sobre cada atributo el decisor construye una función de valor individual, en la que asigna a cada nivel del atributo un número entre 0 y 1, que mide el grado de satisfacción alcanzado con dicho nivel del atributo sobre el subobjetivo asociado.

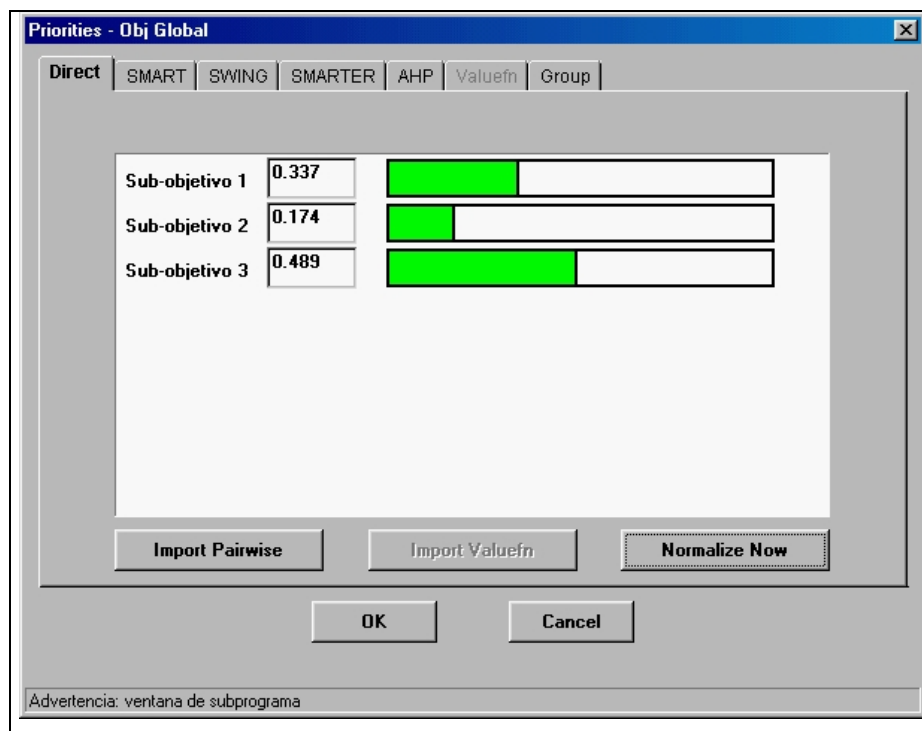
$$v_i : A_i \rightarrow [0,1]$$

$$x_i \rightarrow v_i(x_i)$$

donde x_i es el nivel del atributo A_i para cada atributo $i = 1, \dots, k$.

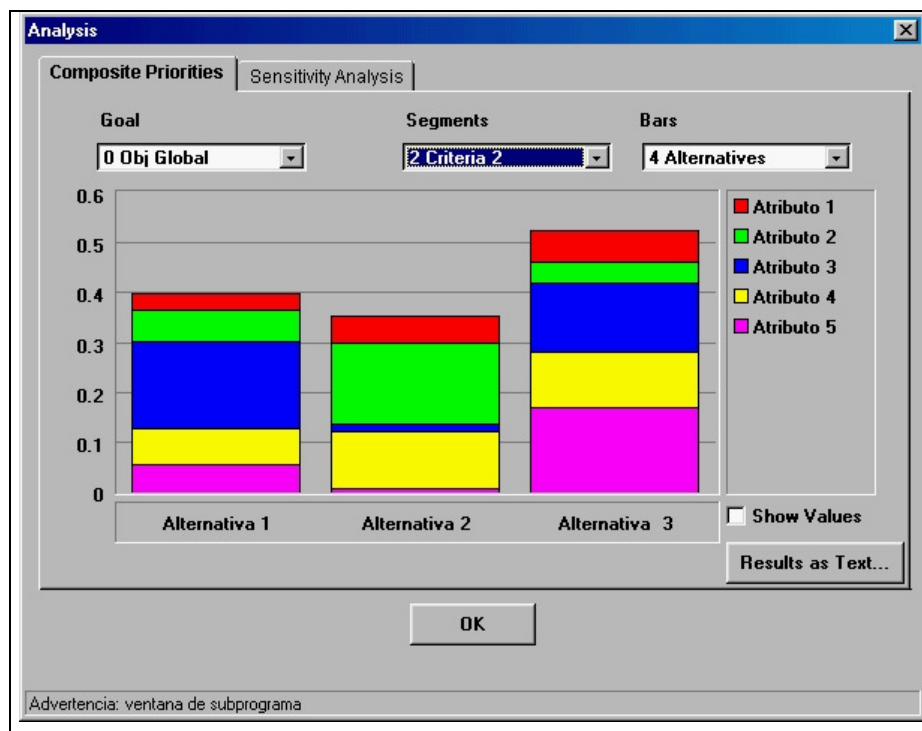


El siguiente paso sería la valoración de la importancia relativa de cada subobjetivo-atributo sobre el objetivo global. Esto se logra valorando, para cada nodo del árbol de objetivos, la importancia relativa de cada uno de sus subobjetivos con valores positivos que suman 1.

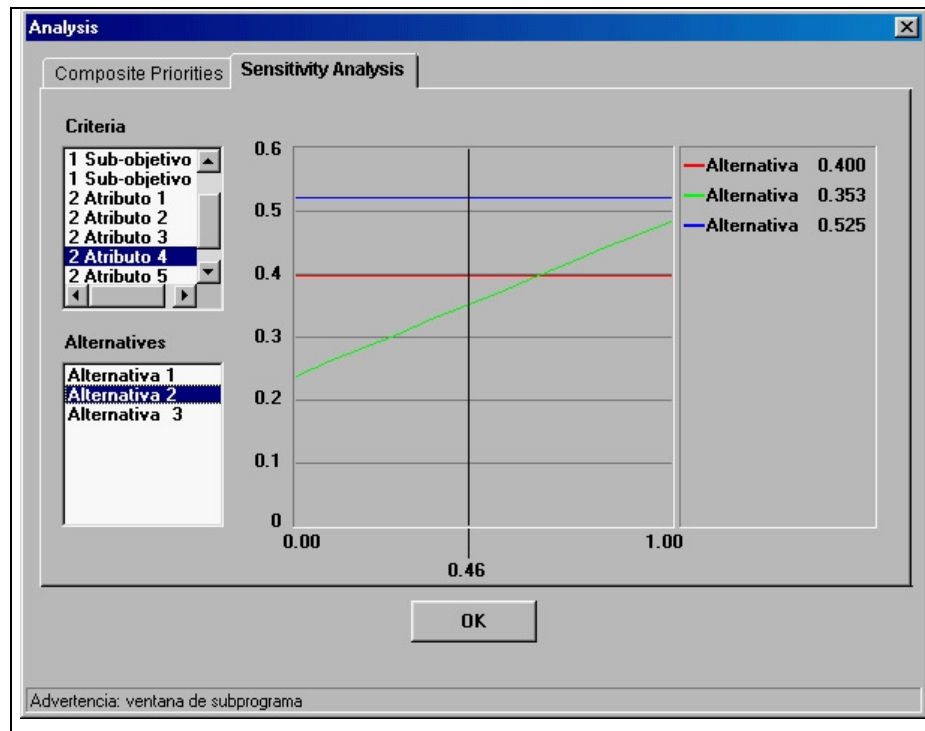


Así, bajo la hipótesis de que la función de valor es multiatributo aditiva tendremos construida la función de valor global a partir de las individuales, v_1, \dots, v_k :

$$v(x) = v(x_1, K, x_k) = \sum_{i=1}^k \omega_i v_i(x_i)$$



Este software permite realizar un análisis de sensibilidad con el objetivo de estudiar la robustez del resultado, así como el estudio más detallado de aquellas entradas que con pequeños cambios influirían en el resultado final.



2.2. Negociación

El hecho de que cada ciudadano proponga una solución diferente al problema de los presupuestos participativos hace necesario negociar en busca de un consenso. Se propone un método de negociación basado en incrementos justos (BIM). Antes de introducir esta metodología de negociación se necesita introducir el concepto de *Bliss Point* o *punto de satisfacción*, ver Thomson (1994).

Supongamos que buscamos un acuerdo entre dos partes, cada una de las cuales tiene que elegir una alternativa de un conjunto de posibles acciones. El conjunto de alternativas para la primera parte será A_1 . El conjunto de alternativas para la segunda parte será A_2 .

En este caso, el espacio de posibles acuerdos de negociación será $A_1 \times A_2$.

Definición (Bliss Point o Punto de Satisfacción): Para cada posible solución $a \in A$, tendremos asociadas las utilidades esperadas, $(\Psi_1(a), \Psi_2(a))$, de cada individuo que forma parte de la negociación.

En el espacio de utilidades esperadas, donde están representadas las utilidades esperadas de todo posible acuerdo de negociación, buscamos para cada coordenada los puntos no dominados que maximizan esta coordenada, fijadas el resto de coordenadas.

Así, obtendremos los puntos $(\Psi_1^*(a), \Psi_2(a))$ y $(\Psi_1(a), \Psi_2^*(a))$, que representan acuerdos que logran maximizar la utilidad esperada de una de las partes sin que la otra parte cambie su utilidad esperada respecto la solución inicial a .

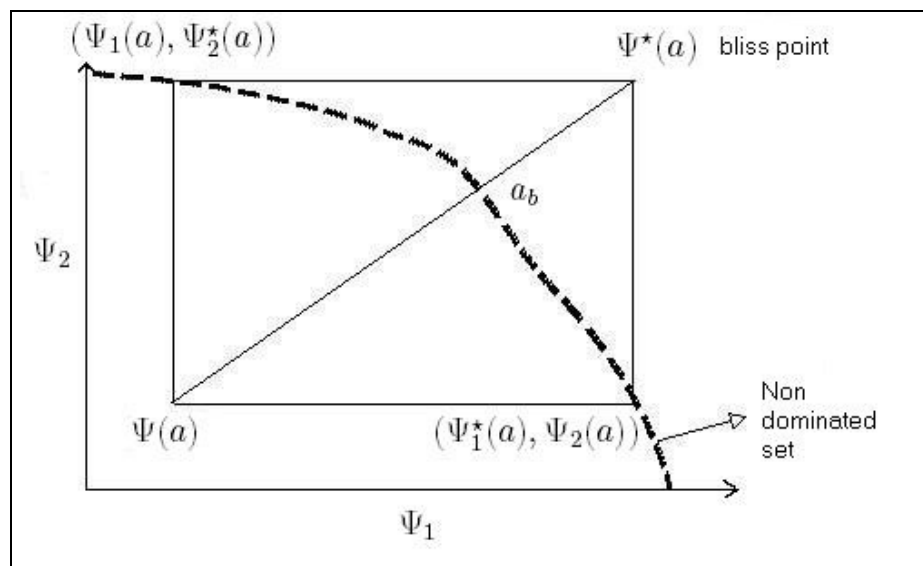
Estas nuevas soluciones (acuerdos) solamente benefician a una de las partes y suponen que la otra parte ha de cooperar en favor de la beneficiada sin obtener nada a cambio, pues ni mejora su utilidad ni la empeora. Un acuerdo ideal para ambas partes, que en general no existirá, sería aquella decisión conjunta que ofrecería a las partes las utilidades esperadas $(\Psi_1^*(a), \Psi_2^*(a))$. Este punto del espacio de utilidades esperadas es el *bliss point*, que por estar asociado a la solución a denotaremos por:

$$\Psi^*(a) = (\Psi_1^*(a), \Psi_2^*(a))$$

Recordemos que el bliss point representa unas utilidades esperadas ideales, es decir, que no tiene porque haber ninguna decisión conjunta con dichas utilidades para los decisores.

En el espacio de utilidades esperadas, la diagonal que une $\Psi^*(a)$ con $\Psi(a)$ ofrece una dirección de mejora en las utilidades esperadas de cada una de las partes proporcionales a la máxima utilidad esperada que puede lograr cada parte con la ayuda de la otra si se considera como acuerdo inicial el $a = (a_1, a_2)$.

En este compromiso de mejora de las utilidades esperadas para cada parte, buscamos una acuerdo no dominado, $a_b = (a_1^b, a_2^b)$, en la intersección de la dirección del segmento $[\Psi(a), \Psi^*(a)]$ con la frontera de Pareto. Este posible acuerdo con utilidades esperadas $(\Psi_1(a_b), \Psi_2(a_b))$ se ofrece a las partes como un acuerdo razonable, siendo las partes las que tienen la última palabra para aceptarlo o no.



El método de incrementos equilibrados (BIM) parte de un acuerdo inicial, calcula el *bliss point*, o punto de satisfacción, asociado a dicho acuerdo y considera como nuevo acuerdo aquel que ofrece a las partes utilidades esperadas a , por ejemplo, $\frac{1}{10}$ de las de dicho acuerdo inicial sobre la dirección de incremento calculada: $[\Psi(a), \Psi(a_b)]$. Repetimos de nuevo estos pasos hasta que se converge a un acuerdo sobre la frontera de Pareto, el cual llamaremos solución de incrementos equilibrados.

Nosotros introducimos una modificación a este algoritmo de búsqueda de la solución de incrementos equilibrados. En cada iteración, i , del algoritmo ofrecemos como acuerdo a las partes el acuerdo no dominado a_b^i , de forma que si lo aceptan hemos encontrado el acuerdo buscado.

La negociación termina cuando ofrecemos a las partes los dos acuerdos no dominados consecutivos más próximos (en el espacio de utilidades esperadas). Si las partes no aceptan este último acuerdo habrá dos opciones:

- Obligar a las partes a tomar dicho acuerdo. Para lo cual el árbitro ha de tener la autoridad suficiente.
- Quedarse en el acuerdo con que inicializamos la negociación que será un equilibrio no cooperativo. El problema es que no toda negociación tiene un equilibrio no cooperativo, por ejemplo, en la negociación de un presupuesto de un ayuntamiento.

A continuación se muestra el algoritmo propuesto de ayuda a la cooperación:

1. Inicialización:

Comienzo en $a^0 = (a_1^0, a_2^0)$, $i = 0$.

Calcular a_b^0 (la solución no dominada en la diagonal con el *bliss point*, o punto de satisfacción).

2. Repetir hasta que a_i esté en el conjunto no dominado.

Si las partes están de acuerdo con a_b^i , parar.

Si no nos movemos una fracción obteniendo un nuevo posible acuerdo:

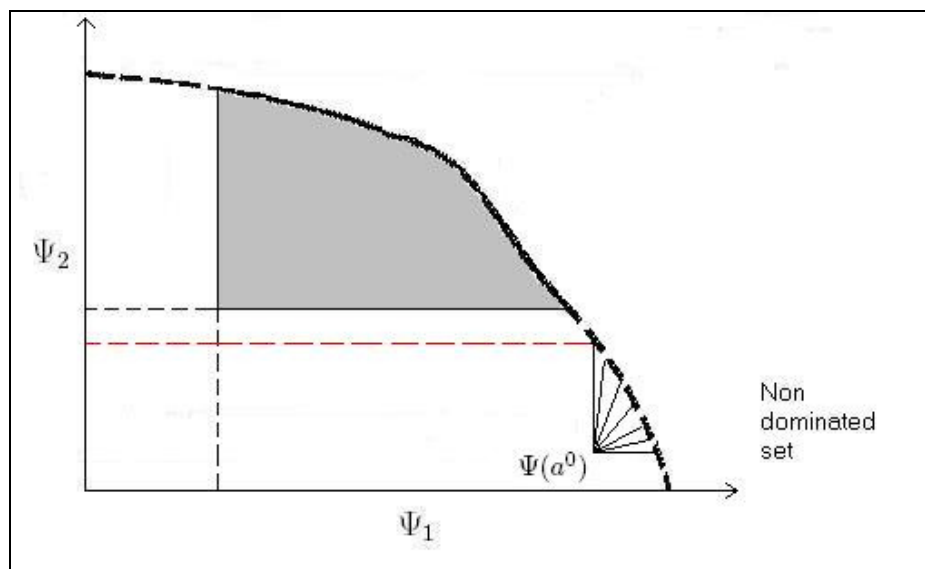
(Es decir, nos movemos en $[\Psi(a^i), \Psi(a_b^i)]$ obteniendo a^{i+1})

$i = i + 1$.

Calcular el *bliss point* de a^i y a_b^i .

Si las dos últimas soluciones a_b^i están cerca, parar.

Si comenzase el algoritmo en una solución inicial arbitraria, podría ocurrir que se llegase a la frontera de Pareto fuera de la región de negociación, entendiéndose por región de negociación el conjunto de posibles soluciones que dominan a la solución no cooperativa, es decir, las soluciones con utilidades mayores que las obtendrían las partes si se rompiesen las negociaciones y no hubiese cooperación.



La solución del incremento equilibrado es muy sensible a la forma de la frontera de soluciones eficientes. Consideremos el caso en que una región factible es dada y se eliminan algunos puntos de ella, que no incluyen el punto original de Nash. La solución de Nash para la región modificada mantiene el mismo punto solución que la región previa, mientras que la solución del incremento balanceado es sensible a dichas perturbaciones. El axioma de la independencia de alternativas irrelevantes justifica el argumento de Nash, pero en el contexto de las negociaciones los cambios en la frontera no son cambios irrelevantes porque cambian la percepción de lo que es justo.

Una ventaja del método de incrementos equilibrados es que no requiere que las utilidades o valoraciones de cada parte sobre los posibles acuerdos tengan una escala de medida común.

Si existen alternativas de decisión individuales para las partes $a_1 \in A_1$ y $a_2 \in A_2$, y las consecuencias para cada parte dependen de ambas decisiones individuales, inicializaremos el BIM con un EN, o equilibrio de Nash, no cooperativo.

Supongamos que las partes rompen unilateralmente las negociaciones ante alguna posible propuesta de acuerdo, (a_1, a_2) y no cooperan entre ellas, entonces, bajo el supuesto de no cooperación, cada parte decidirá ante cada posible acuerdo, (a_1, a_2) , la acción con mayor utilidad esperada.

Funciones de mejor respuesta:

Si es la primera parte la que rompe unilateralmente las negociaciones, la acción que le da mayor utilidad esperada ante la propuesta de acuerdo (a_1, a_2) será $a_1^*(a_2)$, solución del siguiente problema de maximización:

$$\begin{aligned} a_1^*(a_2) &= \arg \max_{a \in A_1} \Psi_1(a, a_2) \\ &= \arg \max_{a \in A_1} \int_{\theta} u_1(a, a_2, \theta) p_1(\theta) d\theta \end{aligned}$$

Análogamente, para la segunda parte, decidiendo como óptima la alternativa de acción según el criterio de maximizar su utilidad esperada:

$$\begin{aligned}
a_2^*(a_1) &= \arg \max_{a \in A_2} \Psi_2(a_1, a) \\
&= \arg \max_{a \in A_2} \int_{\theta} u_2(a_1, a, \theta) p_2(\theta) d\theta
\end{aligned}$$

Como las partes tienen que hacer públicas sus decisiones y la negociación se resuelve, al no haber cooperación entre las partes, cuando ninguna de ellas este dispuesta a cambiar la propuesta de acciones, se llegará, bajo esta dinámica de mejor respuesta unilateral, a una solución, $(\underline{a}_1, \underline{a}_2)$ que ha de cumplir:

$$\begin{aligned}
\underline{a}_1 &= a_1^*(\underline{a}_2) \\
\underline{a}_2 &= a_2^*(\underline{a}_1)
\end{aligned}$$

Así, ante esta solución no cooperativa como propuesta de acuerdo, resultado de la evolución no cooperativa en las negociaciones, ninguna de las partes estará tentada a moverse de su decisión no cooperativa, $(\underline{a}_1, \underline{a}_2)$, pues cualquier cambio unilateral de una de las partes empeoraría su utilidad esperada, por ser dicha decisión la mejor respuesta ante las acciones propuestas.

Esta solución $(\underline{a}_1, \underline{a}_2)$ se conoce como equilibrio de Nash (EN) no cooperativo:

Definición (EN o equilibrio de Nash): La $(\underline{a}_1, \underline{a}_2)$ es EN si verifica:

$$\begin{aligned}
\underline{a}_1 : \Psi_1(\underline{a}_1, \underline{a}_2) &\geq \Psi_1(a_1, \underline{a}_2) \quad \forall a_1 \in A_1 \\
\underline{a}_2 : \Psi_2(\underline{a}_1, \underline{a}_2) &\geq \Psi_2(\underline{a}_1, a_2) \quad \forall a_2 \in A_2
\end{aligned}$$

Esta solución de equilibrio a la que se llegaría en caso de que las partes rompiesen las negociaciones y no cooperasen es estratégicamente estable ante posibles tentaciones unilaterales de cambio de decisiones bajo no cooperación.

Definición (status quo): Esta solución de equilibrio proporcionará unas utilidades esperadas a las partes $(\Psi_1^{(a_1, a_2)}, \Psi_2^{(a_1, a_2)})$ de manera que cualquier acuerdo al que se llegue cooperando (b_1, b_2) ha de proporcionar más utilidad esperada a cada parte

$$\Psi_j^{(a_1, a_2)} \leq \Psi_j^{(b_1, b_2)} \quad j = 1, 2$$

pues en caso contrario, la parte perjudicada rompería las negociaciones y se volvería a la solución de equilibrio. Así, las utilidades asociadas al status quo son las mínimas que las partes aceptarían en cualquier acuerdo de negociación.

La solución de equilibrio o status quo no se puede mejorar sin **la ayuda de la cooperación**. Puesto que para encontrar un acuerdo, (b_1, b_2) , que domine al status quo ambas partes han de estar dispuestas a cambiar su posición y a no responder ante este acuerdo con la respuesta de mejor acción.

Definición (Región de negociación): Está definida como el conjunto de puntos de posibles acuerdos, en el espacio de alternativas de acción, con utilidades mayores que las proporcionadas por el acuerdo no cooperativo (status quo). Los acuerdos no dominados, en el sentido de Pareto, de dicha región de negociación son los únicos acuerdos aceptables, pues en el caso de que se coopere, cualquier acuerdo en la región que no esté en la frontera de Pareto es mejorable para ambas partes, por un acuerdo que sí esté en la frontera de Pareto.

Inicializaremos el algoritmo de incrementos equilibrados con un EN, o equilibrio de Nash, como solución inicial, que mostrará el arbitro de la negociación a las partes negociadoras con el objetivo que luego veremos.

Para encontrar este acuerdo inicial hay que tener en cuenta que si las negociaciones se rompiesen ante un acuerdo cualquiera, la dinámica del problema bajo no cooperación en la negociación lleva a las partes a decidir según las funciones de mejor respuesta. Dinámica que implementamos en el siguiente algoritmo para la inicialización del método de incrementos equilibrados. Este algoritmo encuentra el EN iterando desde cualquier solución de acuerdo inicial.

Algoritmo para encontrar un EN en un problema de negociación cuando cada parte dispone de un conjunto individual de alternativas de decisión, que se utiliza en la Inicialización del algoritmo de balanced increment:

1. Inicialización:

$$i = 0$$

Tomamos un acuerdo inicial cualquiera del espacio de estrategias, $a^0 = (a_1^0, a_2^0) \in A_1 \times A_2$, sin preocuparnos del valor de las utilidades esperadas para las partes, $\Psi(a^0)$.

2. Repetir:

$$\{i = i + 1\}$$

$$a_1^i = a_1^*(a_2^{i-1})$$

$$a_2^i = a_2^*(a_1^i)$$

Hasta detectar en la cadena $\{(a_1^0, a_2^0), (a_1^1, a_2^1), \mathbf{K}, (a_1^{i-1}, a_2^{i-1}), (a_1^i, a_2^i), \mathbf{K}\}$ converge.

3. Salir con el EN $(a_1^i, a_2^i) = (\underline{a}_1, \underline{a}_2)$.

4. Se pasa este acuerdo inicial $(\underline{a}_1, \underline{a}_2)$ al algoritmo de balanced increment.

Cuando el árbitro propone el EN, $(\underline{a}_1, \underline{a}_2)$, como acuerdo inicial en la negociación, ninguna de las partes estará tentada a romperlo unilateralmente, puesto que esto supondría un empeoramiento en la utilidad esperada. Es el momento de iniciar la negociación, pues seguramente habrá acuerdos, (b_1, b_2) , que dominen, en el sentido de Pareto, al acuerdo inicial, al ofrecer a las partes más utilidad esperada:

$$(\underline{a}_1, \underline{a}_2) \leq (b_1, b_2) \Leftrightarrow \Psi_j(\underline{a}_1, \underline{a}_2) \leq \Psi_j(b_1, b_2) \quad , j = 1, 2$$

Se propondrán acuerdos que mejoren el acuerdo inicial, hasta llegar a un acuerdo no dominado que pondrá fin al proceso de negociación.

La ayuda en la cooperación es el objetivo del árbitro en las negociaciones. Las partes únicamente podrán mejorar sus utilidades esperadas aceptando la posibilidad de un cambio de decisión común en las alternativas de acción iniciales.

Con el objetivo de fomentar la cooperación es recomendable hacer ver a las partes la naturaleza del acuerdo de equilibrio inicial, para que tomen conciencia de que solo son posibles mejoras en sus utilidades esperadas si se coopera. Fomentar la cooperación es hacer conscientes a las partes de que han de renunciar a la tentación de no aceptar otros acuerdos que no impliquen optimizar su respuesta a un acuerdo inicial, sin tener en cuenta a la otra parte de la negociación.

Al fin y al cabo, cualquier acuerdo sobre la situación de equilibrio inicial $a^0 = \underline{a} = (a_1, a_2)$ mejorará las utilidades esperadas de las partes, así para la sucesión de acuerdos tentativos del algoritmo de incrementos equilibrados se tiene:

$$\underline{a} \leq a^1 \leq K \leq a^{ACUERDO}$$

o en términos de utilidades esperadas:

$$\begin{aligned} \Psi_1(\underline{a}) &\leq \Psi_1(a^1) \leq K \leq \Psi_1(a^{ACUERDO}) \\ \Psi_2(\underline{a}) &\leq \Psi_2(a^1) \leq K \leq \Psi_2(a^{ACUERDO}) \end{aligned}$$

Así, el acuerdo de negociación final $(a_1^{ACUERDO}, a_2^{ACUERDO})$ propuesto con ayuda del algoritmo de incrementos equilibrados, que estará en la frontera de Pareto de la región de negociación, será el mejor acuerdo para ambas partes. Al menos, así lo percibirán las partes al aceptarlo y no haber acuerdos mejores para ambos, lo que será suficiente.

Hay que observar que si se iniciase el algoritmo de incrementos equilibrados en un acuerdo cualquiera, no necesariamente en el de equilibrio de Nash, esto último podría no ocurrir, llegando a una propuesta de acuerdo no dominada pero fuera de la región de negociación, que la parte perjudicada no aceptará.

En el caso de que se negocie el presupuesto entre los ciudadanos de un municipio no existirá el EN, pues las partes de la negociación han de tomar una acción común. En este caso, tomaremos como acuerdo inicial una solución factible dominada por todas las demás, que consistirá en aquella que no incorpora ningún proyecto a la solución.

3. Implementación

A continuación planteamos el problema de los presupuestos participativos e implementamos una solución exacta, así como una heurística motivada por la complejidad algorítmica del problema. También se discuten diferentes estrategias de solución al problema.

3.1. Formulación

El problema de los presupuestos participativos consiste en que un grupo de ciudadanos de un determinado municipio tienen que tomar la decisión, en grupo, de en qué proyectos gastar el presupuesto municipal.

Así, tendremos:

- El presupuesto disponible: b .
- Posibles proyectos en los que gastar el presupuesto: $\{p_1, \dots, p_m\}$

Los proyectos llevan asociado un coste y son valorados por cada ciudadano según criterios múltiples. Cada criterio lleva asociado un atributo, con su escala, permitiendo asociar a cada proyecto, p_j , un vector con los niveles que dicho proyecto define en cada uno de los atributos.

Supongamos que los objetivos de cada ciudadano se definieran mediante k atributos: A_1, \dots, A_k

Proyecto	Coste	Atributos
p_1	c_1	$x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1k}$
\vdots	\vdots	\vdots
p_j	c_j	$x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jk}$
\vdots	\vdots	\vdots
p_m	c_m	$x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{mk}$

donde x_{j1} es el nivel del atributo A_1 alcanzado por el proyecto p_j , y así hasta x_{jk} que es el nivel del atributo A_k alcanzado por el proyecto p_j .

3.1.1. Alternativas de decisión o posibles soluciones

Los posibles acuerdos a los que llegarían los ciudadanos del municipio estarán formados por aquellos subconjuntos de proyectos, $J \subseteq I = \{1, 2, \dots, m\}$, cuya suma de costes no supere el presupuesto municipal.

Así, las alternativas de decisión serán las posibles soluciones factibles:

- Solución: $J \subseteq I = \{1, 2, \dots, m\}$

- Factible: $\sum_{j \in J} c_j \leq b$

3.1.2. Preferencias sobre el conjunto de alternativas

Cada una de estas soluciones factibles, son valoradas por cada uno de los n ciudadanos, $N = \{1, \dots, n\}$. Esta valoración representará las preferencias de cada ciudadano sobre las alternativas de acuerdo.

La valoración vendrá representada por una función de valor en el caso de certidumbre y por una función de utilidad en el caso de incertidumbre, donde además de recoger las preferencias de cada ciudadano dicha función de utilidad reflejará también las actitudes frente al riesgo de cada ciudadano.

3.1.2.1. Función de valor (bajo certidumbre)

En un contexto de certidumbre la valoración que cada ciudadano dará a las alternativas de solución puede ser llevada con la ayuda del software Web-HIPRE, que ya se comentó en la metodología.

Lo primero será calcular la función de valor sobre cada posible proyecto. Introduciremos en HIPRE los niveles de cada atributo que son alcanzados por cada proyecto:

	A_1	...	A_k
P_1	x_{11}	...	x_{1k}
\mathbb{N}	\mathbb{N}	\mathbb{N}	\mathbb{N}
P_j	x_{j1}	...	x_{jk}
\mathbb{N}	\mathbb{N}	\mathbb{N}	\mathbb{N}
P_m	x_{m1}	...	x_{mk}

Cada ciudadano, $i \in N = \{1, \dots, n\}$ ha de fijar sus:

- Ponderaciones sobre los atributos, que lo hará a través de la jerarquía de objetivos, tendremos así, para ciudadano i , los pesos $\omega_i = (\omega_{i1}, \dots, \omega_{ik})$.
- Funciones de valor sobre cada atributo, A_l . Así, para cada ciudadano $i \in N$, tendremos para los atributos A_l hasta A_k , $l=1, \dots, k$:

$$v_{il} : A_l \rightarrow [0,1]$$

$$x \rightarrow v_{il}(x)$$

En particular, si x_{jl} es el nivel del atributo A_l alcanzado por el proyecto p_j , tendremos que al aplicar la función de valor del ciudadano i :

$$v_{il} : A_l \rightarrow [0,1]$$

$$x_{jl} \rightarrow v_{il}(x_{jl})$$

$v_{il}(x_{jl})$ será el logro alcanzado por el proyecto p_j sobre el objetivo asociado al atributo A_l según el individuo i . Como resultado, HIPRE proporcionará a cada individuo $i \in N$, la valoración de cada proyecto, p_j , según:

$$v_i(p_j) = \sum_{l=1}^k \omega_{il} v_{il}(x_{jl}) = \omega_{i1} v_{i1}(x_{j1}) + \omega_{i2} v_{i2}(x_{j2}) + \dots + \omega_{ik} v_{ik}(x_{jk})$$

Así, los proyectos se valoran por todos los individuos, $i \in N = \{1, \dots, n\}$:

$$p_j \rightarrow (v_1(p_j), \dots, v_n(p_j))$$

siendo $v_i(p_j)$ el valor del proyecto p_j para el ciudadano $i \in N$.

Notación: $v_i(p_j) = v_i(j)$.

Proyectos	Coste	v_I	...	v_n
P_I	c_I	$v_I(I)$	...	$v_n(I)$
\mathbb{N}	\mathbb{N}	\mathbb{N}	\mathbb{N}	\mathbb{N}
P_j	c_j	$v_I(j)$	...	$v_n(j)$
\mathbb{N}	\mathbb{N}	\mathbb{N}	\mathbb{N}	\mathbb{N}
P_m	c_m	$v_I(m)$	...	$v_n(m)$

Para valorar cada alternativa de solución factible $J \subseteq I$, supondremos que se cumplen las hipótesis para la aditividad. Es decir, el valor de incorporar a la solución el proyecto p_i y el proyecto p_j será la suma de los valores de los correspondientes proyectos:

$$v(p_i \text{ y } p_j) = v(p_i) + v(p_j)$$

con nuestra notación:

$$v(\{i, j\}) = v(i) + v(j)$$

Así para cada ciudadano $i \in N$, la valoración sobre cada posible solución factible, J , será:

$$v_i(J) = \sum_{j \in J} v_i(j)$$

Soluciones Factibles	v_I	...	v_n
J^I	$v_I(J^I)$	...	$v_n(J^I)$
\mathbb{N}	\mathbb{N}	\mathbb{N}	\mathbb{N}
J^S	$v_I(J^S)$	...	$v_n(J^S)$

3.1.2.2. Función de utilidad (bajo incertidumbre)

Si estuviéramos en un ambiente de incertidumbre, lo cual modelizaríamos mediante un modelo probabilístico para cada ciudadano, representando sus creencias sobre el estado que resultará, utilizaremos una función de utilidad para representar las preferencias y actitudes frente al riesgo de cada individuo.

Así, la utilidad de cada proyecto, p_j , para cada ciudadano será:

$$p_j \rightarrow (u_1(j), K, u_n(j))$$

Y como en el caso de certidumbre, si suponemos la hipótesis de aditividad, es decir, que la utilidad de incorporar un conjunto de proyectos a la solución es la suma de las utilidades de dichos proyectos, tendremos que la utilidad de cada alternativa de solución factible, J , será:

$$u(J) = \sum_{j \in J} u(j)$$

Así, para cada solución factible J tendremos que la utilidad que representa para el ciudadano $i \in J$ será: $u_i(J) = \sum_{j \in J} u_i(j)$.

Alternativas (Soluciones Factibles)	u_1	...	u_n
J^l	$u_1(J^l)$	...	$u_n(J^l)$
\mathbb{N}	\mathbb{N}	\mathbb{N}	\mathbb{N}
J^s	$u_1(J^s)$	...	$u_n(J^s)$

3.2. Búsqueda del consenso

3.2.1. El punto de vista de cada ciudadano

La solución de mayor utilidad que propondría cada ciudadano sería aquella que maximizara su utilidad, es decir, la más preferida. Así, cada ciudadano $i \in N$ propondría aquella solución J_i^* :

$$J_i^* = \arg \max_{J \subseteq I} \sum_{j \in J} u_i(j)$$

$$s.a. \quad \sum_{j \in J} c_j \leq b$$

Así, cada ciudadano, si pudiera implementar su solución factible preferida, buscaría aquella que resuelva el siguiente problema de optimización, conocido en la literatura como problema de la mochila, que resulta ser de complejidad algorítmica NP-hard, bajo la hipótesis de Cook, ver Garey (1979). Es decir, el tiempo de

computación que requiere encontrar la solución del problema crece exponencialmente con el tamaño de este, que será el número de proyectos considerados, m .

3.2.1.1. El problema de la mochila

La modelización del problema de la mochila como un problema de Programación lineal binario, pasa por definir las siguientes m variables de decisión booleanas:

$$x_j = \begin{cases} 0 & \text{si se incluye el proyecto } p_j \text{ en la solución.} \\ 1 & \text{en caso contrario.} \end{cases} \quad j=1, \dots, m$$

resultando que la solución de máxima utilidad será aquella solución de:

$$\max \quad u_1 x_1 + K + u_m x_m$$

$$\text{sa} \quad c_1 x_1 + K + c_m x_m \leq b$$

$$x_i \in \{0,1\} \quad i=1K m$$

donde para el ciudadano i tenemos, en notación matricial:

$$\begin{aligned} \max \quad & u'x \\ \text{sa} \quad & c'x \leq b \end{aligned}$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad j=1K m$$

Dentro de las técnicas exactas conocidas que resuelven este tipo de problemas se encuentra el algoritmo de Balas, que se puede adaptar a nuestro problema.

Si el tamaño del problema se hace demasiado elevado como para poder aplicar estas técnicas, se usan técnicas heurísticas de búsqueda. Un ejemplo podría ser un algoritmo de tipo voraz que, consistiría, interpretando la utilidad como ganancia bruta, en ordenar los m proyectos según la ganancia neta:

$$p_j \rightarrow \text{ganancia neta: } u_j - c_j$$

Proyectos	Ganancia Neta
p_1	$u_1 - c_1$
\vdots	\vdots
p_m	$U_m - c_m$

Se continua incluyendo proyectos a la solución, de mayor ganancia neta a menor, siempre que no pase el límite presupuestario.

Otras medidas para ordenar los proyectos que se van incorporando, siguiendo el orden a la solución (algoritmo voraz) pueden ser:

$$p_j \rightarrow \frac{u_j - c_j}{c_j} \quad (\text{ganancia relativa})$$

$$p_j \rightarrow \frac{u_j}{c_j} \quad (\text{ganancia relativa})$$

Así, se usa un criterio para ordenar los proyectos de mejor a peor y se incorporan, sin pasarse del presupuesto, a la solución.

3.2.2. Consenso

En general, la solución que maximiza la utilidad de un ciudadano no tiene por qué ser la mejor solución para otro ciudadano. De hecho, podría ser bastante desfavorable. Esto se debe a que los ciudadanos suelen tener preferencias conflictivas. Se tratará de encontrar una solución de consenso ente los ciudadanos, que satisfaga, dentro de lo posible, a todos.

3.2.2.1. Teoría de la utilidad de grupo

Si entre los ciudadanos del municipio, las preferencias de cada uno pretenden ser las de todos, es decir, hay un sentimiento de grupo y lo mejor para cada ciudadano es lo mejor, o pretende ser, lo mejor para el grupo, construiremos una función de utilidad de grupo a partir de las funciones de utilidad de cada individuo, ver Harsanyi (1955) y Baucells (2003). Así, para cada solución factible J :

$$J \rightarrow (u_1(J), K, u_n(J)) \rightarrow u_g(J)$$

y buscaremos la solución de consenso resolviendo el correspondiente problema de optimización, donde el grupo de ciudadanos, ajustadas sus preferencias a las del

grupo, actúan como si fuesen un solo decisor, es decir, como si sus preferencias fueran las del grupo.

En general, este problema no se podrá modelizar como un problema tipo mochila, pues la hipótesis de aditividad no será cierta. Así, si tenemos las utilidades de grupo sobre los proyectos:

Proyectos	Utilidades de grupo
p_1	$u_g(1)$
p_m	$u_g(m)$

$$u_g(\{1,2\}) \neq u_g(1) + u_g(2)$$

si p_1 tiene una utilidad mucho mayor para 1 que para 2, y viceversa. Por concretar:

$$\begin{aligned} u_1(1) = 100 \quad y \quad u_2(1) = 0 &\rightarrow u_g(1) = 1 \\ u_1(2) = 0 \quad y \quad u_2(2) = 100 &\rightarrow u_g(2) = 1 \end{aligned}$$

por tanto, la utilidad para el grupo formado por estos individuos es elevada por incluirse distintos proyectos que satisfacen a cada uno por separado; digamos $100 = u_g(\{1,2\})$. Así, resulta:

$$u_g(\{1,2\}) = 100 > u_g(1) + u_g(2) = 1 + 1 = 2$$

no cumpliéndose la hipótesis de aditividad.

Una dificultad a la hora de construir la utilidad de grupo a partir de las utilidades individuales es que previamente hemos de normalizar la escala de las utilidades de los individuos, es decir, construir una escala común en que medir las utilidades de los individuos.

3.2.2.2. Combinatoria

Sean J_1^* la solución de máxima utilidad para el ciudadano 1 y J_2^* la solución de máxima utilidad para el ciudadano 2. Supongamos que sólo tenemos dos ciudadanos, y buscamos una solución de consenso:

$$\begin{array}{l}
\max_{J \subset I} \sum_{i \in J} u_j^1 \\
\sum_{i \in J} c_j \leq C \\
J^*_1
\end{array}
\quad
\begin{array}{l}
\max_{J \subset I} \sum_{i \in J} u_j^2 \\
\sum_{i \in J} c_j \leq C \\
J^*_2
\end{array}
\quad
\longrightarrow
\quad
\begin{array}{c}
\text{Diagrama de Venn con dos conjuntos } J^*_1 \text{ y } J^*_2 \text{ dentro de un conjunto } I. \\
I = \{1, 2, K, m\}
\end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} J^*_1 \subseteq I \\ J^*_2 \subseteq I \end{array} \right\} \Rightarrow J^*_1 \cap J^*_2 \text{ se incorpora a la solución.}$$

Resolvemos a continuación el mismo problema pero reducimos el conjunto de proyectos eliminando los que vamos incorporando a la solución, $J^*_1 \cap J^*_2$.

Repetimos hasta que la intersección se vacía.

Con el presupuesto que queda después de aplicar esta técnica, habrá que averiguar en qué proyectos, de los restantes, gastarlo. Si no quedase prácticamente presupuesto después de aplicar esta técnica combinatoria habríamos llegado a una solución factible.

3.2.2.3. Negociación

Buscamos una solución no dominada mediante negociación, ayudados por el método de incrementos equilibrados (BIM). El cálculo de las soluciones factibles no dominadas, o frontera de Pareto, crece en complejidad computacional, exponencialmente cuantos más proyectos tengamos, a presupuesto fijo. Es por ello que implementamos una heurística de tipo voraz en dos fases: en la primera fase, incorporamos los proyectos no dominados, tantas veces como sea posible, hasta que una de estas fronteras de proyectos sobrepase el presupuesto restante; en la segunda fase negociamos ayudados por BIM con los restos (de proyectos y presupuesto).

Así, el Algoritmo basado en técnicas exactas siempre consigue una solución óptima a cambio de un alto coste computacional, mientras que el Algoritmo Heurístico consigue una solución factible (que en ocasiones es la óptima) a cambio de un bajo coste computacional.

Una ventaja de este método (BIM) es que no requiere normalizar la escala, es decir, construir las funciones de utilidad o valor con una escala común. Pues, construir las funciones de utilidad o valor de un grupo de decisores con una escala común, en general, es muy difícil de conseguir.

A continuación se explicará en qué consiste cada uno de ellos, cómo funcionan y las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos.

3.2.2.3.1. Técnicas exactas

La solución del Algoritmo exacto propuesta es siempre no dominada, es decir, no hay ninguna otra solución mejor, en el sentido de Pareto.

Los pasos que realiza son:

1. Lee todos los datos (presupuesto, coste de los proyectos y preferencias mediante la función de valor o de utilidad).
2. Genera las soluciones factibles. Cada solución será una sucesión de 0 y 1 que se irá instanciando secuencialmente e indicará si un proyecto está o no en la solución. Simultáneamente al generador se irá comprobando, cada vez que fijamos si un proyecto se incorpora o no a la solución, la restricción del presupuesto, y si la incumple, se elimina esa solución parcial, es decir, se poda la rama del árbol correspondiente. Así, se obtienen las soluciones factibles.
3. En el vector SOL se almacenan los datos de cada solución (codificada con una secuencia de 0 y 1), el coste total de esos proyectos, y las utilidades (preferencias) para cada parte.
4. En el vector SOL_P se calculan las soluciones factibles no dominadas; que forman la frontera de Pareto.
5. Se aplica el método de incrementos equilibrados (BIM):

1) Inicialización:

Comienzo en a^0 , $i = 0$.

Calcular a_b^0 (la solución no dominada en la diagonal con el bliss point).

2) Repetir hasta que a_i esté en el conjunto no dominado:

Si las partes están de acuerdo con a_b^i , parar.

Por el contrario nos movemos una fracción obteniendo un nuevo posible acuerdo (es decir, nos movemos en $[\Psi(a^i), \Psi(a_b^i)]$ obteniendo a^{i+1}): $i = i + 1$.

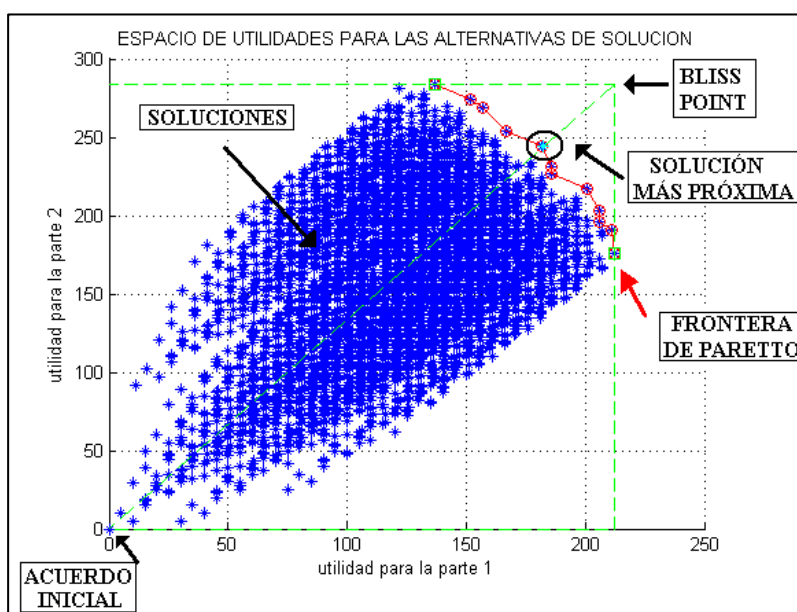
Calcular el bliss point de a^i y de a_b^i .

Si las dos últimas soluciones a_b^i están cerca, parar.

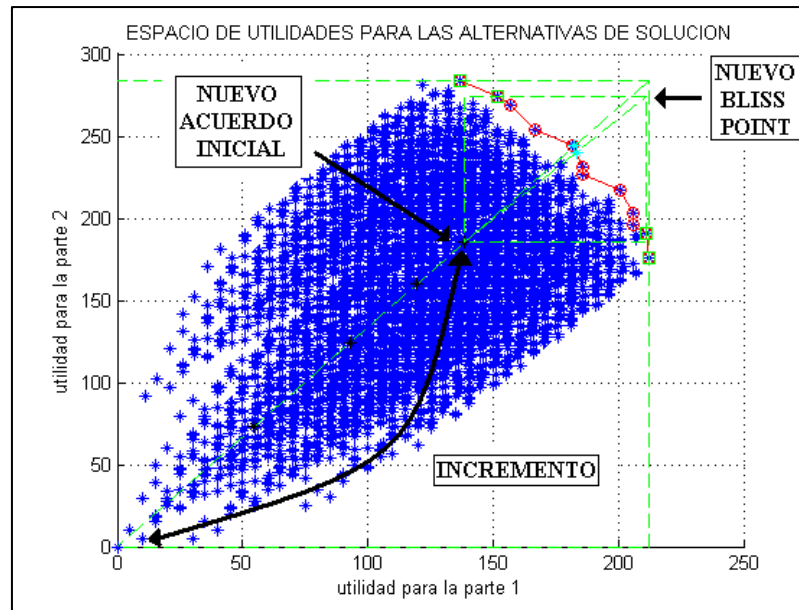
A continuación se ilustrarán los pasos que realiza el algoritmo mediante un ejemplo real:

Presupuesto: 100 millones

PROYECTO	COSTE	UTILIDAD 1	UTILIDAD 2
1	40	160	10
2	35	20	170
3	25	105	30
4	25	5	90
5	20	70	30
6	20	30	95
7	18	11	49
8	15	15	25
9	13	10	15
10	10	22	8
11	9	15	5
12	6	5	10
13	5	9	6

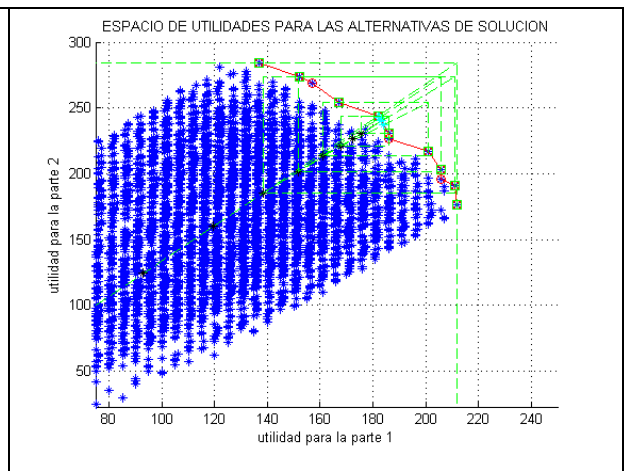
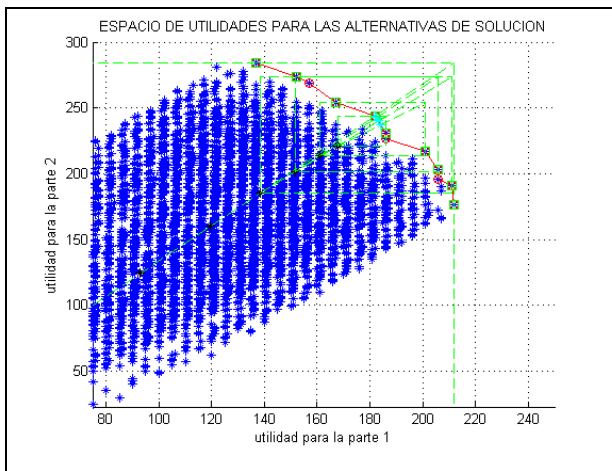
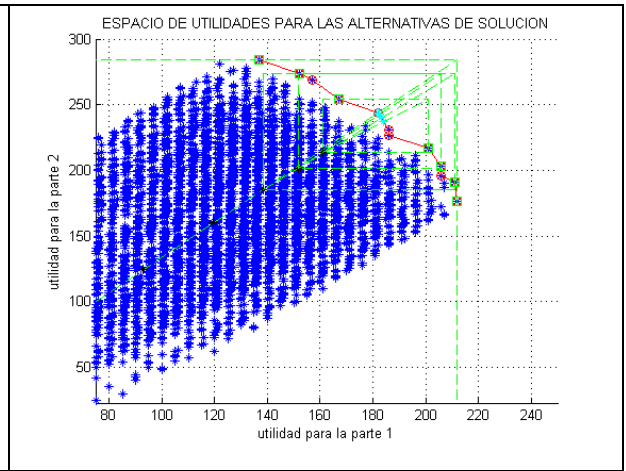
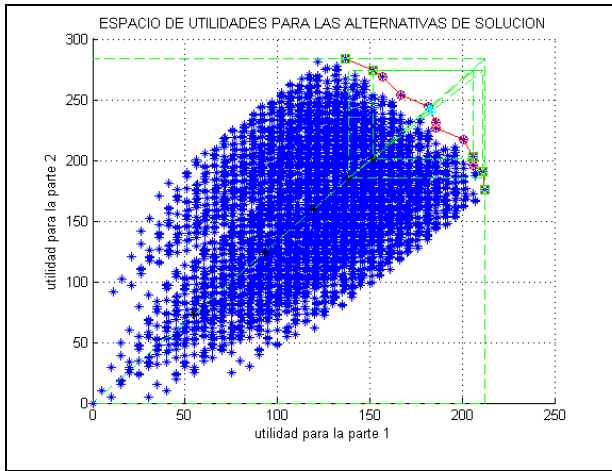


Se establece la solución inicial y se calcula el bliss point junto con la solución no dominada en la diagonal con él (trazada desde la solución inicial).

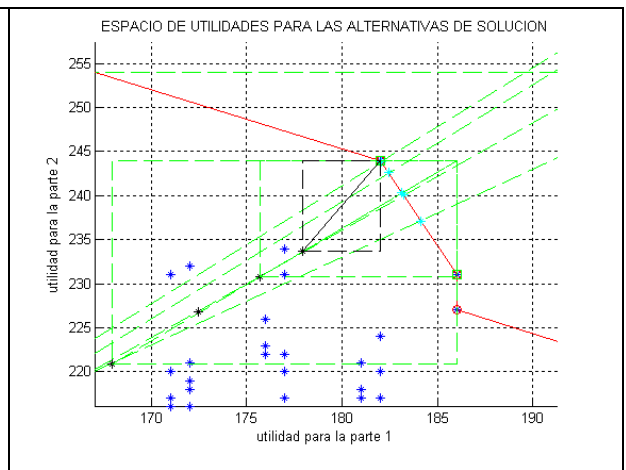
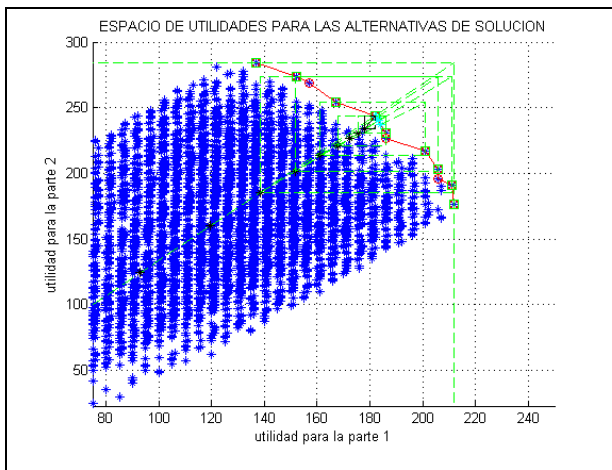


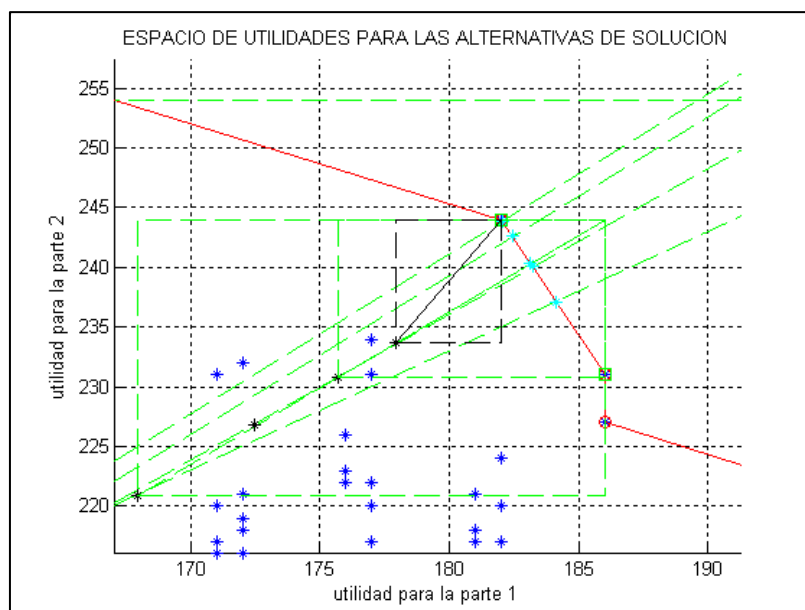
En este caso las partes no están de acuerdo con la solución anterior, por lo que según el método de incrementos equilibrados, se avanza en la dirección que marca el bliss point una fracción fija de la distancia a la frontera de Pareto. Desde este nuevo punto se vuelve a calcular el bliss point y se ofrece a las partes la solución en la intersección de la frontera de Pareto con la diagonal al bliss point.

En este ejemplo se supone que ambas partes rechazarán todos los posibles acuerdos propuestos, por lo que los gráficos siguientes continúan mostrando el mismo proceso que en el anterior: avance a una nueva solución y propuesta de un nuevo acuerdo.



Al final se produciría la excepción “Si las dos últimas soluciones a_b^i están cerca, parar” mencionada anteriormente.





Si en el último punto calculado (última solución) ambas partes no están de acuerdo, se tendría que proceder a una votación.

La solución numérica que nos propone el algoritmo es:

PROYECTO	COSTE	UTILIDAD 1	UTILIDAD 2
2	35	20	170
3	25	105	30
5	20	70	30
6	20	30	95
TOTAL:	100	225	325

3.2.2.3.2. Técnicas Heurísticas

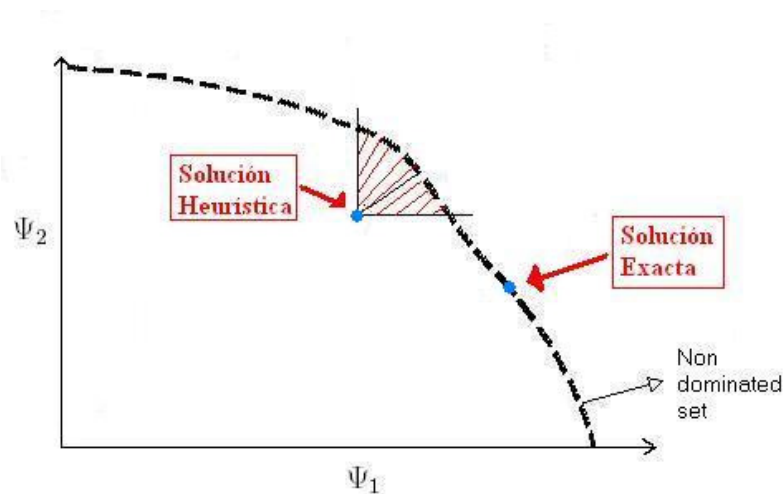
El Algoritmo Heurístico es de tipo voraz:

1. Va incluyendo en su solución el conjunto de mejores proyectos no dominados.
 - Calcula las utilidades de los proyectos para cada parte de la negociación.
 - Siempre que no se supere el presupuesto incluye aquellos proyectos no dominados a la solución. Eliminados los proyectos de la frontera anterior, se consideran los restantes proyectos, hasta que no se pueden incluir más proyectos no dominados

porque su inclusión suponga superar el presupuesto, es decir, que el coste total de los proyectos de dicha frontera exceda el presupuesto restante.

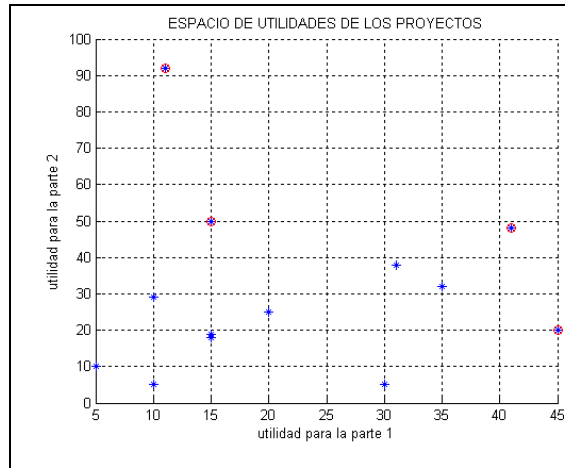
2. Con el resto de proyectos no eliminados se forman todos los subconjuntos de soluciones factibles y se aplica el algoritmo exacto respecto al presupuesto resultante de restarle al original el coste de los proyectos eliminados en la primera etapa.
3. Se añade la solución de la segunda etapa a la solución obtenida en la primera etapa.

La solución del Algoritmo Heurístico podría estar dominada bien por la solución del Algoritmo Exacto (que se vería a simple vista en la tabla de soluciones) o por otra solución que no tiene por qué ser la solución del Algoritmo Exacto.

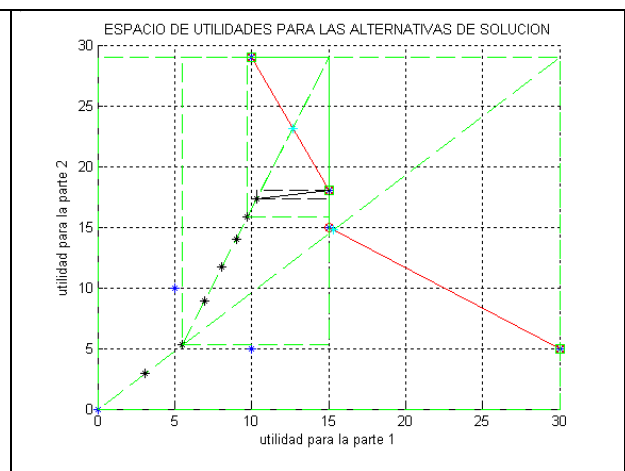
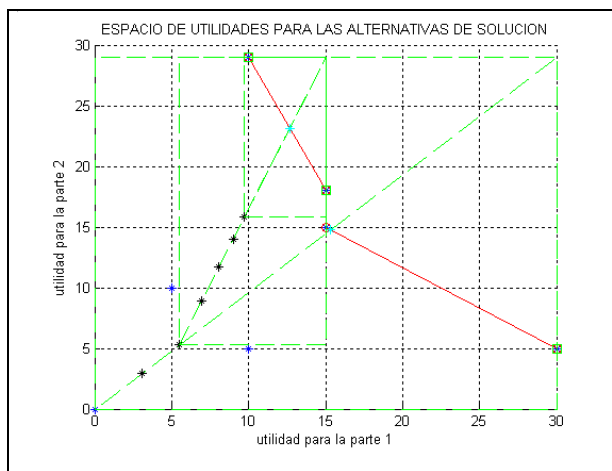
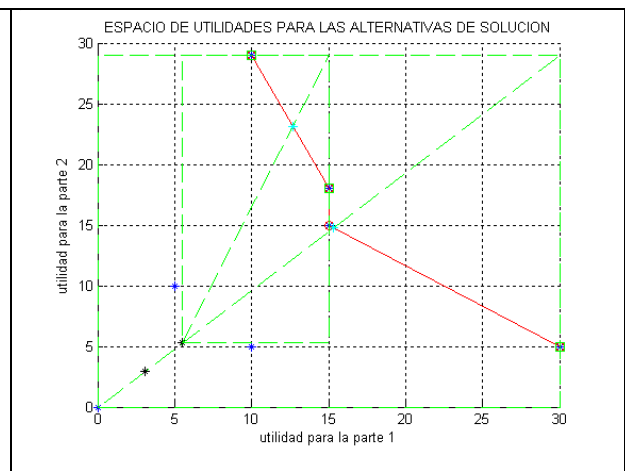
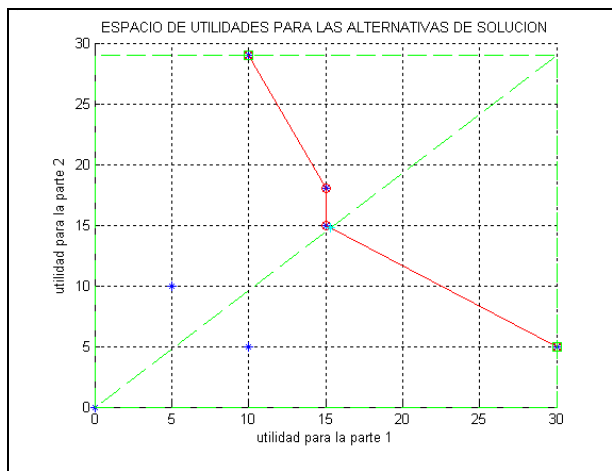


En la figura se muestra como la Solución Heurística es dominada por otras soluciones que están en la frontera de Pareto, mientras que la solución del Algoritmo Exacto no se encontraría entre ellas.

En el ejemplo se muestra primeramente el cálculo de utilidades de los proyectos para cada parte de la negociación (se parte desde los mismos datos numéricos que en el ejemplo del algoritmo exacto, pero con un presupuesto de 180 millones):



A continuación, el algoritmo calcula la primera capa de la frontera de Pareto, y va incluyendo los demás proyectos mientras no sobrepase el presupuesto. Seguidamente somete los proyectos al algoritmo exacto:



La solución numérica que nos propone el algoritmo es:

PROYECTO	COSTE	UTILIDAD 1	UTILIDAD 2
1	40	160	10
2	35	20	170
3	25	105	30
6	20	30	95
5	20	70	30
7	18	11	49
10	10	22	8
12	6	5	10
13	5	9	6
TOTAL:	179	432	408

3.2.2.3.3. Comparación

Se han comparado los dos algoritmos mediante sus soluciones y el tiempo de procesamiento, el cual medimos en función del tamaño del ejemplo.

Se puede considerar el tamaño de cada ejemplo como el número de proyectos, pero no representa el tamaño real que ocupan en memoria, ya que para el mismo número de proyectos, por ejemplo 15, si el presupuesto fuese infinito, se tendrían 2^{15} soluciones factibles, y si el presupuesto es muy pequeño disminuiría radicalmente.

Una buena medida del tamaño del ejemplo es el número de soluciones factibles, ya que con el mismo número de proyectos, dependiendo de los datos, se obtendrán más o menos soluciones factibles, y éstas son las que el algoritmo estudiará para buscar la mejor de ellas.

Para ofrecer una visión global se ha incluido también el número de proyectos. Se muestra cómo varía el tiempo de cálculo respecto al número de soluciones factibles que representa el tamaño de cada ejemplo.

Los cálculos se han obtenido utilizando el programa MatLab R13 6.5 en un ordenador Pentium IV, a 2,8 GHz, con 512 DDR RAM. Se han calculado en el peor caso, que sucede cuando ambas partes nunca están de acuerdo y los algoritmos deben volver a buscar y proponer otra solución:

N° Soluciones Factibles	N° de Proyectos	Algoritmo Exacto		Algoritmo Heurístico		Resultados
		Tiempo(sg)	Solución	Tiempo(sg)	Solución	
8	5	0.5110	[180, 180]	0.8410	[180, 180]	=
25	5	0.8300	[302, 300]	0.6200	[302, 300]	=
26	5	0.3200	[302, 300]	0.7610	[302, 300]	=
31	5	0.3000	[257, 240]	0.3610	[305, 293]	-
32	5	0.3610	[372, 330]	0.3300	[370, 269]	D
53	7	0.3800	[367, 300]	0.3310	[367, 300]	=
88	7	0.3500	[208, 334]	0.3700	[208, 334]	=
91	7	0.4010	[287, 395]	0.3600	[287, 395]	=
101	7	0.3200	[332, 395]	0.3400	[332, 395]	=
115	7	0.4300	[333, 444]	0.3700	[333, 444]	=
166	10	0.4700	[113, 195]	0.3300	[113, 195]	=
186	12	0.3800	[141, 229]	0.4610	[141, 229]	=
515	10	0.4200	[210, 308]	0.3410	[210, 308]	=
515	10	0.3800	[181, 208]	0.3300	[152, 215]	-
749	10	0.4700	[236, 333]	0.5410	[254, 274]	-
800	12	0.8910	[180, 223]	0.6010	[180, 223]	=
924	10	0.5200	[280, 338]	0.3000	[280, 338]	=
1319	15	0.8820	[177, 229]	11.010	[177, 229]	=
1325	12	0.8410	[409, 348]	0.7920	[409, 348]	=
3755	12	3.755	[220, 339]	0.3900	[199, 316]	D
4010	15	113.160	[228, 228]	106.860	[228, 228]	=
4074	12	71.200	[435, 583]	13.220	[435, 583]	=
7315	15	406.890	[347, 348]	0.4210	[328, 324]	D
21194	15	3.038.970	[234, 346]	43.070	[246, 314]	-
32749	15	8.165.450	[609, 694]	0.4610	[609, 694]	=

- La leyenda de la columna “Resultados” estudia las soluciones del Algoritmo Heurístico respecto a las soluciones del Algoritmo Exacto:

=	Propone la misma solución que la encontrada en el algoritmo exacto.
D	Propone una solución Dominada por la encontrada en el algoritmo exacto.
-	Propone una solución no Dominada por la encontrada en el algoritmo exacto pero que podría ser Dominada.

4. Conclusiones

Hemos propuesto y desarrollado un algoritmo para la ayuda de negociaciones, basado en el *balanced increment method* (BIM).

Cuando a los ciudadanos de un municipio se les permite participar en la decisión de en qué gastar (parte) del presupuesto municipal, lo habitual será que tengan diferentes preferencias y por tanto propongan diferentes soluciones. Para llegar a un consenso proponemos usar el algoritmo de negociación, basado en el BIM, que hemos desarrollado.

Un elevado número de proyectos disponibles puede hacer que el número de soluciones factibles sea excesivo, en cuanto al tiempo de computación. Por ello hemos desarrollado una heurística de tipo voraz, que si bien no asegura que el resultado de la negociación sea una solución no dominada, disminuye el tiempo medio de computación considerablemente, tal y como se comprueba en los ejemplos resueltos para tamaños crecientes.

Los algoritmos aquí implementados se podrían realizar en un lenguaje de programación que permitiera realizar una simulación de negociación a través de la red, permitiendo que varias personas puedan someterse a diferentes negociaciones, consiguiendo de este modo una primera aproximación a los Presupuestos Participativos usando Internet, sin que las partes necesiten de un lugar físico para realizar sus votaciones.

Aunque hemos presentado este sistema de ayuda a la negociación, que hemos aplicado al problema de los presupuestos participativos, para dos partes negociadoras, su generalización a un número arbitrario de partes negociadoras no involucra conceptos nuevos, siendo trivial su implementación al caso de los presupuestos participativos con un número arbitrario de ciudadanos que participan en la decisión de en que proyectos gastar (parte) del presupuesto municipal.

5. Bibliografia

Action Learning Program (2001), *Steps involved in Participatory Budgeting*. The World Bank.

Baucells, M. and Sarin, R. (2003), *Group decisions with multiple criteria*. *Management Science* Vol. 49, N° 8, pp 1105-1118.

Binmore K, Osborne M.J., Rubinstein A. (1992), *Noncooperative Models of Bargaining*, Handbook of Game Theory, Vol. I, pp. 181-220. Aumann R.J. and Hart S.

Browning, G. (2002), *Electronic Democracy*.

Brzezinski, Z. (1970), *Between two sites. America's role in the technotronic era*, Viking.

Budge, I. (1996), *The New Direct Democracy*, Policy Press.

Souza, C. (2001), *Participatory budgeting in Brazilian cities: limits and possibilities in building democratic institutions*, *Environment and Urbanization*, Vol 13, No 1, 159.-184

Decisionarium: <http://www.decisionarium.hut.fi/>

Drummond, H. (2001), *The Art of Decision Making*, John Wiley and Sons, London.

Ehtamo, H. and R. Hämäläinen (2001). *Interactive Multiple Criteria Methods for Reaching Pareto Optimal Agreements in Negotiations*. *Group Decision and Negotiation*, 10, 475-491.

Ehtamo, H., M. Verkama and R. Hämäläinen (1999), *How to Select Fair Improving Directions in a Negotiation Model over Continuous Issues*. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics - Part C: Applications and Reviews*, 29, 26-33.

ENS-TED: <http://bayes.escet.urjc.es/ted/ens>

Gates, B. (1995), *The road to future*, McGraw Hill.

Garey, M.R. and Johnson, D.S. (1979), *Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness*, Freeman

InterNeg Group: <http://www.interneg.org/>

Katia Sycara, Michael Lewis (1991), *Modeling group decision making and negotiation in concurrent product design*, *International journal of systems automation: research and applications (SARA)*, Vol. 1, number 3, 1991.

Kobach, K. (1993), *The referendum : direct democracy in Switzerland*, *Electoral Studies*, 12, 342-365.

Kuhn H.W. (1953), *Extensive Games and the problem of information*, *Annals of Mathematics Studies* 28, p. 193.

- Harsanyi, J.C. (1955), *Cardinal Welfare Individualistic Ethics and Interpersonal Comparison in Utility*, *Journal of Political Economy* 63, pp. 309-321.
- Levy, P (1995), *L'intelligence collective*, La Decouverte.
- Lijphart, A. (1984),: *Democracies*, Yale U. P.
- Martin Cubas, J. (2001), *Democracia e Internet*.
- Martínez Castaño, J. A. (2000). *Voto Electrónico y Software Libre*. Universidad Politécnica de Madrid, E. T. S. I. Telecomunicación. <http://oasis.dit.upm.es/~jantonio/>
- McCartt, A., Rohrbough, J. (1989), *Evaluating group decision support system effectiveness*, *Decision Support Systems*, 5, 243-253.
- Monroy, L. y Rubiales (2001), *Negociación multicriterio con utilidades lineales*, V. Departamento de Economía Aplicada III. Universidad de Sevilla. Mármol, A.M.
- Punch, M. (1996), *Dirty Bussiness: Exploring Corporate Misconduct. Analysis and Cases*, Sage Publications, London.
- Raiffa H. (1982), *The Art & Science of Negotiation*. Library of Congress Cataloging in Publication Data.
- Raiffa H. (2002), *Negotiation Analisis*, Harvard University Press.
- Ríos Insua, D., Holgado, J., Moreno, R. (2004), *An e-negotiation system to support edemocracy*, *J. Multicriteria Decision Analysis* (to appear)
- Ríos Insua, D., Fernández, E., Ríos Aliaga, J.M. (2004), *Más allá del gobierno electrónico: hacia la democracia electrónica*. La revista de la Agencia de Protección de Datos de la Comunidad de Madrid, nº 8, Marzo 2004
- Ríos Insua, D., Ríos Aliaga, J.M. (2004), *Negotiation over influence diagrams*, CMP'04: Multiple Participant Decision Making. Prague, Czech Republic
- Santos, B. (1998), *Participatory budgeting in Porto Alegre: Toward a redistributive democracy*.
- Sartori, G. (2002), *Qué es la democracia*, Taurus.
- Schneider, Aaron y Ben Goldfrank (2002), *Budgets and Ballots in Brazil: Participatory Budgeting from the City to the State*, IDS Working Papers
- Scott Morton, M. (1991), *The Corporation of the 90's*, Oxford U.P.
- Stoneham (1998), *Politics & Society*; Stoneham; Dec 1998;
- TED web: <http://bayes.escet.urjc.es/ted>
- Thomson W. (1994), *Cooperative Models of Bargaining*, *Handbook of Game Theory*, Vol. II, pp. 1238-1277. Aumann R.J. and Hart S.

Tibballs, G. (1999), *Business Blunders: Dirty Dealing and Financial Failure in the World of Big Business*, Robinson Publishing, London.

Wampler, B. (2000), *A Guide to Participatory Budgeting*.

Westen, T. (1998), *Can technology save democracy?* National Civic Review, 82.