

[Kumar 1992] Kumar, V.. Algorithms for constraint satisfaction problems: A survey. *AI Magazine*, 13(1), pp. 32-44, 1992.

[Mackworth and Freuder 1985] Mackworth, A.K. and Freuder, E.C. The complexity of some Polynomial networks consistency algorithms for constraint satisfaction problems. *Journal of Artificial Intelligence* 25:65-74, 1985.

[Meiri 91] Meiri, L., "Combining qualitative and quantitative constraints in temporal reasoning", in Proc. of the 7th National Conference on Artificial Intelligence, pp. 260-267, 1991.

[Mukerjee & Joe 90] Mukerjee, A. and Joe, G. A Qualitative Model for Space. In 8th-AAAI, pg. 721-727, 1990.

[Museros & Escrig 01] Museros, L.J. Escrig, M. T. Applying Qualitative Spatial Reasoning using orientation, distances and topology to mobile robot navigation. International Joint Conference on Artificial Intelligence, Workshop on Spatial and Temporal Reasoning with "agents" focus, pp. 21-27, Seattle, August 2001.

[Zimmerman 93] Zimmerman, K. Enhancing Qualitative Spatial Reasoning Combining Orientation and Distance. In Frank, A.U. and Campari, I. Eds. Spatial Information Theory. A Theoretical Basis for GIS. European Conference, COSIT'93, pp. 69-76, Marciana Marina, Italy, Vol. 716 of Lecture notes in Computer Science. Springer, Berlin.

Representación Cualitativa del Conocimiento: Aplicación a la Generación Automática de Itinerarios Culturales

J.A.Ortega, M.J.Escalona, J. Torres, R.M. Gasca, M.Mejías, J.M. Márquez

Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos

Universidad de Sevilla

{ortega, escalona, jtorres, gasca, risoto}@lsi.us.es

Resumen

La expresividad que el conocimiento cualitativo puede ofrecer a la hora de expresar una consulta, es aprovechada en este artículo para su aplicación en la difusión en la generación de itinerarios culturales. Este artículo presenta un problema real en el que se quiere ofrecer al público el conocimiento del patrimonio cultural de Andalucía, permitiendo que, mediante una interfaz sencilla, pueda seleccionar sus preferencias para obtener itinerarios culturales que verifiquen determinadas restricciones definidas por el usuario en su visita cultural. Se utilizarán técnicas de razonamiento cualitativo como soporte adecuado para la resolución del problema de la generación automática de itinerarios culturales.

1 Introducción

El razonamiento cualitativo y las técnicas desarrolladas para su manipulación se han utilizado profusamente, principalmente en ingeniería. La utilización de estas técnicas unidas a la programación con restricciones, cubren un abanico amplio de diferentes campos donde se pueden aplicar. En este caso particular, lo utilizaremos para la generación de itinerarios culturales.

Una de las principales ventajas que el usuario encuentra cuando utiliza razonamiento cualitativo es que puede hacer uso de toda la potencia y flexibilidad de expresión que el mismo ofrece. A partir de este tipo de conocimiento es posible construir restricciones cualitativas que permiten al usuario expresar restricciones de una manera sencilla que serán consideradas para generar los resultados deseados.

Además de esta idea, hay que tener en cuenta el hecho de que el avance de las tecnologías y el acercamiento de la información al público a través de Internet, está generando que cada día surjan nuevas necesidades y requisitos. Estas nuevas necesidades y requisitos eran obviados originalmente por las empresas e instituciones cuando mostraban su información por la red. En la actualidad, han provocado que las empresas tengan que ofrecer sistemas de consulta sencillos de usar pero a la vez

potentes que permitan recuperar la información de la manera deseada, dando así un soporte adecuado a los requerimientos de los usuarios.

La información que se tiene de los modelos normalmente puede ser cuantitativa, cualitativa, y mezcla de ambas que en este artículo llamaremos como semicualitativa. Todo esta información debe ser tenida en cuenta cuando se estudian estos modelos. En la bibliografía se han considerado diferentes niveles de abstracción numérica, desde una descripción: puramente cualitativa [8], semicualitativa [7], numérica intervalar [14] y cuantitativa.

Como se ha comentado, la representación semicualitativa del conocimiento puede tener muchas aplicaciones. Este trabajo trata de una muy concreta basada en una institución pública de la Comunidad Andaluza, pero que sería transportable a otros ámbitos geográficos. Esta institución es el Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico (IAPH). En este organismo de la Junta de Andalucía se gestiona la información de los bienes patrimoniales de la comunidad andaluza. Esta información resulta de especial interés para muchos colectivos. Por un lado, es de gran importancia para los investigadores y catalogadores del patrimonio, así como para los propios usuarios del sistema de información del patrimonio histórico de Andalucía (SIPHA) dentro del ámbito del IAPH. Pero también para personas que no son expertas en patrimonio dichos datos son de interés. Acercar esta información al público en general, es un objetivo prioritario marcado por el IAPH y para ello la mejor forma de difusión es Internet. Con la intención de fomentar este acercamiento se ha desarrollado un sistema que permite al usuario expresar consultas utilizando un lenguaje sencillo, pero a la vez con bastante expresividad.

De todas las cuestiones posibles que se pueden plantear sobre esta información, este trabajo trata sobre la necesidad de los usuarios de obtener itinerarios culturales posibles, en base a unas determinadas restricciones. En definitiva, se debe permitir que un usuario informe de unas determinadas necesidades o deseos sobre la visita a los bienes en función de algunas restricciones (ubicación geográfica, estilo del bien, período histórico, etc.) y que en base a estas restricciones el usuario reciba un posible itinerario, que debe ser el más eficiente en cuanto al tiempo, al precio

o a la distancia, que le indique qué bienes visitar y en qué orden.

Para ello, este trabajo en el apartado 2 presenta el problema a resolver, la estructura de la información y las posibles restricciones que se pueden expresar. En el apartado 3, se introduce el paradigma de la programación con restricciones y la representación cualitativa del conocimiento. Por último, en el apartado 4 se muestra cómo se puede especificar el problema concreto de los itinerarios culturales y la metodología de trabajo seguida para resolverlo.

2 Planteamiento del problema

El IAPH se encarga de catalogar y de gestionar la información sobre el patrimonio histórico de Andalucía. Desde sus comienzos, una de las tareas más importante que tiene asignada es la de difundir la información del patrimonio a los grupos de investigación interesados y al público en general. Hasta ahora, el investigador mandaba por e-mail o teléfono la solicitud de información que era suministrada por el IAPH cuando le era posible. Esta forma de trabajar generaba muchos problemas: poca capacidad de respuestas, los investigadores no obtenían respuestas inmediatas, etc. Problemas que además se van ampliando a medida que crece el número de investigadores. Aquí vamos a plantearnos el resolver este problema ofreciendo un sistema que permita hacer consultas a través de internet, y conectando a las bases de datos del IAPH, devuelva las respuestas en tiempo real. De esta forma, la capacidad de respuesta será inmediata y podrá ser consultada por un usuario cualquiera.

2.1 Estructura de la información

Dentro de los datos que para los bienes se almacenan y se ofrecen al usuario existe una gran variedad, tanto en significado como en medio de almacenamiento (texto, imágenes, etc.)

Los datos se agrupan en diferentes módulos, si bien, dentro del problema planteado sólo algunos de ellos tienen interés. A continuación se describirán estos módulos:

• **Módulo de datos de identificación**, donde se encuentra información como su denominación, su código oficial, si es un bien visitable y las horas en las que se puede visitar, así como el precio que cuesta visitarlo.

• **Módulo de datos de localización**, es quizás uno de los más interesantes dentro de este trabajo pues es uno de los que contiene gran parte de la información utilizada en las restricciones. Dentro de los datos de este módulo se encuentran: la provincia en la que se encuentra el bien, el

utm recogen las coordenadas (x, y) de los bienes. De esta forma se tiene un bien ubicado en el plano de Andalucía.

• **Módulo de datos de descripción**: es el otro gran módulo con información de gran interés dentro del problema planteado. En este módulo se almacenan datos que permiten describir el bien cultural. De ellos, los más destacados para un bien son:

• **Tipología**: indica con qué tipo de bien estamos trabajando: un cofre, una caja, etc.

• **Estilo**: un bien puede tener varios estilos artísticos, como barroco o mudéjar.

• **Periodo histórico**: es el periodo o periodos históricos en los que se ubica el bien.

• **Autor**: recoge a todos los autores que han participado en su construcción

• **Descripción**: es un campo de texto en el que se describe de forma documental al bien.

• **Historia**: es también un campo de texto que cuenta la historia que ha tenido ese bien.

• **Módulo de imágenes**: muestra todos los documentos gráficos que hay para el bien. Para nuestro problema es de especial interés porque en los resultados de las búsquedas se pueden presentar estas imágenes al usuario.

Los bienes tienen otros datos interesantes, como pueden ser los datos bibliográficos de libros o revistas que lo han estudiado, los datos sobre el estado de conservación en el que se encuentran y otros módulos que se salen fuera del objetivo de este trabajo.

2.2 Lenguaje de consultas

Una vez descritos esos campos, un primer objetivo del trabajo es ofrecer al usuario la posibilidad de expresar mediante conocimiento cualitativo y restricciones los valores para ciertos campos de los descritos anteriormente. A partir de ellos, la idea que se persigue es proporcionar de forma automática un itinerario de visitas de acuerdo a las restricciones planteadas. Para ello, al usuario se le mostrará una pantalla similar a la de la figura 1.

En esta pantalla, el usuario introducirá los valores de los campos que desea restringir, así como el municipio de Andalucía desde el que va a partir en su itinerario y la cantidad de kilómetros que desea realizar así como las restricciones con respecto al tiempo y al precio. Como puede verse, estos parámetros se pueden plantear desde una perspectiva semicualitativa, esto es, mezclando información cualitativa y cuantitativa [10], que se detallarán en el apartado tercero de este artículo. Se permite que en los diferentes campos de la consulta se incluyan etiquetas cualitativas conjuntamente con información puramente cuantitativa.

En esta pantalla además, se debe indicar el resultado de la búsqueda, respecto a que magnitud se quiere optimizar: tiempo, espacio o precio, dependiendo de lo que sea más prioritario a la hora de establecer el itinerario para el usuario (parte derecha superior de la pantalla). Esta selección indica al algoritmo de satisfacción de restricciones aplicado el criterio de la función objetivo a optimizar.

Con respecto a la segunda parte de la pantalla de consulta, la aplicación debe permitir introducir más de un valor dentro de cada campo y hacer consultas avanzadas. Por ejemplo, el usuario indicará que a lo sumo desea hacer aproximadamente unos 150 Km y visitar yacimientos arqueológicos del periodo edad media, pero deben cumplir que su tipología sea de edificios urbanos, todo esto partiendo de la ciudad sevillana de Carmona. Esta es la consulta requerida en la figura 1.

Es interesante también comentar que las restricciones entre las provincias y los municipios son disyuntivas, pues no puede haber un mismo bien en dos provincias o dos municipios a la vez. Además de la provincia y el municipio, el usuario podrá añadir restricciones dentro de la tipología, el estilo, el periodo histórico y el autor. Estas restricciones podrán ser disyuntivas (usando el botón \vee que cada campo tiene a su derecha) o conjuntivas (usando el botón \wedge) según el criterio de búsqueda deseado por el usuario.

2.3 Presentación de resultados

Una vez rellena la solicitud de búsqueda, el sistema realizará las operaciones oportunas sobre las restricciones que se han especificado, como veremos más adelante, y mostrará una salida que será similar a la que se muestra en la figura número 2.

Como puede verse, el usuario recibe el itinerario de forma textual, (posición superior izquierda de la figura), de forma gráfica (ubicado en el plano de Andalucía), y si lo desea, puede obtener todos los detalles de la visita: kilómetros de diferencia, horarios

itinerario textual, el usuario podría ver más información sobre cada uno de los bienes en concreto: datos como su descripción, su historia y las imágenes asociadas, su horario, etc.



Figura 2: pantalla de resultados de búsqueda

2.4 Algoritmo de trabajo

A continuación se describen los pasos que el sistema realiza para poder generar itinerarios similares a los presentados en el apartado anterior. Iremos viendo una secuencia de pasos abstractos para obtener el resultado. Partimos de que ya el usuario ha introducido todos los datos y ha solicitado el itinerario.

Paso 1- La primera tarea consiste en generar restricciones a partir de las etiquetas cualitativas seleccionadas por el usuario, representando el conocimiento así mediante restricciones cuantitativas con intervalos.

Paso 2- El sistema restringe la zona geográfica. Si el usuario ha indicado un municipio de partida y ha limitado el número de kilómetros, el sistema debe capturar las coordenadas utm del municipio y seleccionar de la base de datos todos aquellos bienes que no distan más de esos kilómetros del municipio de partida. Para ello, es necesario que haga consultas a la base de datos y haga cálculos matemáticos para el cálculo de distancias, así como el del precio total y el tiempo cuando éstos sean restringidos. Nótese que cada municipio será representado por una coordenada utm que representa el centro de la ciudad, el sistema trata a los municipios y bienes como puntos en el mapa y no como polígonos irregulares de superficie como son en realidad. El trabajo con polígonos, aunque es posible y más exacto, también complica demasiado al sistema, como ya se ha podido ver en experiencias anteriores, y no ofrecen una gran mejora en los resultados.

Paso 3- Tras esto, hay que consultar la base de datos. Una vez que se ha realizado el paso 2, el

para obtener los bienes que cumplen las restricciones.

Paso 4- Mostrar los resultados. Con los bienes resultantes, el sistema debe plantear el itinerario concreto. Para ello, se hará uso de algoritmos que posicionen los bienes en el mapa y planteen los recorridos posibles a seguir (figura 2).

3 La programación con restricciones y el conocimiento cualitativo

Las ideas iniciales sobre la programación con restricciones nacieron en los años 70 mediante la forma de resolver problemas de satisfacción de restricciones, normalmente motivados por problemas del campo de procesamiento de imágenes. Las generalidades de la programación con restricciones se pueden encontrar en los trabajos de [11][3].

La programación con restricciones se refiere al proceso de solucionar problemas especificados como un conjunto de restricciones. El método más común de especificar las restricciones es como un problema de satisfacción de restricciones (CSP). Un CSP se define por un conjunto de variables, cada una de las cuales puede tener un conjunto de posibles valores (su dominio), y un conjunto de restricciones (relaciones) entre estas variables. La solución a un CSP es un conjunto de asignaciones variable-valor que satisfacen las restricciones. Los CSP dominantes involucran a variables con dominios discretos y finitos. Los CSP son resueltos usando técnicas llamadas de consistencia en conjunción con Backtracking.

Este paradigma de programación permite formular el conocimiento como un conjunto de restricciones sin especificar el método por el cual estas restricciones se satisfacen. Una amplia variedad de técnicas se han desarrollado en la bibliografía con el objetivo de encontrar las soluciones parciales o completas para diferentes clases de expresiones de las restricciones.

Se ha aplicado esta técnica a diferentes tareas tales como: diseño, diagnosis, mantenimiento de la verdad, planificación, scheduling, razonamiento espacio-temporal, programación lógica e interfaces de usuarios. Muchos de ellos son problemas NP-completos y por tanto requieren un tiempo exponencial en resolverse. En el presente trabajo el razonamiento que realizará el programa para encontrar los itinerarios culturales sujetos a restricciones se basará principalmente en la resolución de un problema CSP mediante la programación con restricciones. Las soluciones obtenidas serán soluciones completas, válidas y estables.

3.1 Los problemas de satisfacción de restricciones

Los CSP introducidos anteriormente, están constituido por un conjunto de variables cada una con un dominio

determinado (discreto, continuo y conjunto) y un conjunto de restricciones que en un principio tienen la misma fuerza (en algunos casos unas restricciones pueden ser más prioritarias que otras) pero que pueden ser de diferente naturaleza: lógica, algebraica, etc.

Las restricciones representan los requisitos o condiciones que deben cumplir las soluciones. Una restricción [1] puede pensarse intuitivamente como una relación en un espacio de posibilidades. Matemáticamente son relaciones que se especifican de forma precisa entre variables, cada una pudiendo tomar valores dentro de un dominio predefinido. Las restricciones acotan los posibles valores que las variables pueden tomar y representan alguna información parcial acerca de las variables de interés.

Para resolver problemas CSP, se utilizan lo que se define como red de restricciones, definida por

$$V = \{X_1, \dots, X_n\}$$

$$D = \{D_1, \dots, D_n\}$$

$$C = \{C_1, \dots, C_k\}$$

donde V es el conjunto de variables de la red, tomando cada X_i valores dentro de un dominio de D_i . C , por su parte representa el conjunto de restricciones de la red. En cada una de las restricciones C_i participan variables del conjunto V . Cada restricción es una relación definida en un subconjunto de V . Las tuplas de esta relación son todas aquellas instanciaciones de las variables que permiten que dicha relación se cumpla. Una restricción es, por tanto una relación que debe ser satisfecha por valores posibles de las variables de la misma.

3.2 El conocimiento cualitativo

La idea del conocimiento cualitativo en este problema permite introducir etiquetas cualitativas que tengan un significado definido en el sistema, de manera que haciendo uso del conocimiento del experto, estas etiquetas puedan ser transformadas en restricciones que permitan definir un CSP para el problema concreto.

Para el ejemplo de los bienes se ofrecen etiquetas cualitativas que van a definir, de forma transparente al usuario, un intervalo de valores. El intervalo de valores que define una etiqueta cualitativa lo marcará el experto en patrimonio. En la tabla 1 se muestran las etiquetas definidas para el problema tratado. Cada etiqueta, define un intervalo que, en la tabla 1, se encuentra parametrizado. Como se verá más adelante, estos parámetros, para cada uno de los campos que se ven afectados por la aplicación de estas etiquetas, toman unos valores concretos que nos han definido los expertos en patrimonio.

Las etiquetas definidas se pueden clasificar en función de los operadores que llevan asociados. Así, tenemos los unarios y los binarios, que a su vez se dividen en los relacionados con la diferencia y los relacionados con el cociente. Cada uno de estos operadores llevan asociada una etiqueta cualitativa, que

es con lo que trabajará el usuario, y un rango, que estará parametrizado mediante unas variables que se determinarán con ayuda del experto. En la tabla 1 se muestran las etiquetas e intervalos asociados a cada operador de los posibles.

Operadores unarios		
Etiqueta cualitativa	Operador	Intervalo
muy bajo / muy cercano	NG	$[-v_1, \dots, ?]$
moderadamente bajo / moderadamente cercano	NM	$[-????]$
ligeramente bajo / ligeramente cercano	NP	$[????]$
Medio	0	0
ligeramente alto / ligeramente lejano	PP	$[0, ???]$
moderadamente alto / moderadamente lejano	PM	$[????]$
muy alto / muy lejano	PG	$[? v_2]$
Operadores binarios relacionados con la diferencia		
Etiqueta cualitativa	Operador	Intervalo
mayor o igual	\geq	$[0, v_1]$
Igual	$=$	0
menor o igual	\leq	$[-v_1, 0]$
Operadores binarios relacionados con el cociente		
Etiqueta cualitativa	Operador	Intervalo
mucho menor que / muy cercano a	\ll	$[0, Pre]$
moderadamente menor que / moderadamente cercano a	\lll	$[Pre, (1+Pre)^{-1}]$
ligeramente menor que / ligeramente cercano a	\lll	$[(1+Pre)^{-1}, 1]$
aproximadamente igual a	\sim	$[(1+Pre)^{-1}, 1+Pre]$
ligeramente mayor que / ligeramente lejano a	\gg	$[1, 1+Pre]$
moderadamente mayor que / moderadamente lejano a	\ggg	$[1+Pre, 1/Pre]$
mucho mayor que / muy lejano a	\ggg	$[1/Pre, v_2]$

Tabla 1: etiquetas y operadores definidos

Los intervalos de los operadores unarios se han definido de acuerdo a [12]. En ellos, $? y ??$ sirven para diferenciar los rangos donde toman valores las magnitudes cualitativas. Con respecto a los valores binarios cada uno de ellos se representa también mediante un intervalo $[0]$ que viene dado en función del parámetro de tolerancia Pre , que representa un valor "mucho menor que uno". En ambos casos, v_1 se refiere al valor infinito. Evidentemente, a la hora de definir estos parámetros, definidos con ayuda de los expertos, hay que tener en cuenta que para que la definición de los operadores sea coherente es necesario que existan entre los operadores unarios y binarios determinadas relaciones [13].

4 Generación de itinerarios culturales

4.1 Especificación de requisitos de los itinerarios culturales

El problema de encontrar los posibles itinerarios se representa como un grafo donde los nodos representan

los bienes culturales que satisfacen un conjunto de restricciones y las aristas los caminos que existen entre un bien y otro. En este apartado se determinarán de forma normalizada las restricciones mediante los correspondientes predicados que deberán tener los itinerarios culturales, estos pueden ser de tipo concreto o cualitativo. A continuación se presenta la definición de ellos y algunos ejemplos.

?? Predicados concretos: Representan las restricciones que surgen de aquellos campos que sólo pueden tomar valores en un rango concreto. Este caso se produce para magnitudes discretas como Tipología, Estilo, Periodo histórico, etc. Un ejemplo:

$Estilo(x) = Rom\grave{a}nico$, evalúa a verdadero cuando x es de estilo románico.

?? Predicados cualitativos: Expresan restricciones mediante etiquetas cualitativas y están ligadas a magnitudes continuas: tiempo, distancia, etc. Un ejemplo:

Distancia moderadamente menor que 300, evalúa a verdadero si la distancia recorrida se encuentra en el intervalo definido para moderadamente menor.

A su vez estos predicados se pueden combinar con operadores lógicos clásicos *and*, *or*, *not*, e implicación.

En resumen, cuando un usuario realiza una consulta, se generarán por un lado las restricciones correspondientes a magnitudes discretas, que denotaremos por r_D y por otro las de las magnitudes continuas r_C , combinadas de manera apropiada con los operadores lógicos. Este conjunto con estos predicados constituye la sintaxis del problema.

En cuanto a su resolución, es necesario establecer su semántica. La semántica recoge las reglas de transformación de los predicados en un problema de satisfacción de restricciones que será resuelto mediante ILOG Solver [5]. Los predicados discretos, profusamente estudiados en la bibliografía, se incluirán en el modelo continuo añadiendo una variable $s = CSPDiscreto(r_D)$ cuyo valor 1 ó 0 indica si existe algún itinerario que verifiquen esas restricciones discretas. Esta variable para que se pueda obtener un resultado para las restricciones continuas, necesariamente deberá contener un valor de uno, luego la restricción será $s??$, es decir s no es el conjunto vacío.

Las restricciones continuas se definen mediante etiquetas cualitativas. En este caso lo que se hace es aplicar las siguientes reglas de transformación a los operadores cualitativos,

donde los intervalos se obtienen instanciando la tabla 1 con la información de los expertos:

• Unarios U
$$h(e) = \begin{cases} e - r - 0, \\ r \in I_a \end{cases}$$

• Binarios B

- Relaciones con la diferencia $\{-, \leq, \geq\}$

$$\begin{aligned} e_1 - e_2 &= (e_1 - e_2 - 0) \\ e_1 \leq e_2 &= \begin{cases} e_1 - e_2 - r - 0, \\ r \in [-\infty, 0] \end{cases} \\ e_1 \geq e_2 &= \begin{cases} e_1 - e_2 - r + 0, \\ r \in [0, +\infty] \end{cases} \end{aligned}$$

- Relaciones con el producto $\{=, <, <=, =, >, >=\}$

$$h(e_1, e_2) = \begin{cases} e_1 - e_2 + r - 0, \\ r \in I_a \end{cases}$$

Figura 3: reglas de transformación

La siguiente tabla recoge los valores suministrados por los técnicos del IAPH para instanciar la tabla 1.

Campos (o magnitudes)

Oper.	Param.	Provincia	Munich.	Km.	Precio
Unarios	??			20	10
	??			300	300
Binarios	Pre	0.1	0.1	0.2	0.2

Tabla 2: operadores, campos y valor de los parámetros

Las celdas sombreadas indican que esa etiqueta no tiene sentido para el campo.

La restricción que se obtiene para la restricción Distancia moderadamente menor que 300 utilizando la regla de transformación para operadores binarios relacionados con el producto y la tabla anterior:

$$\text{Distancia moderadamente menor que } 300 \Rightarrow \text{distancia} - 300 * r, r? [0,0.2]$$

4.2 Metodología para la construcción de itinerarios

Una vez que tenemos todas las restricciones, es necesario implementar el algoritmo que permita resolver las restricciones. En la programación con restricciones se puede hacer uso de un algoritmo genérico de búsqueda. Sin embargo, en nuestro ejemplo hay una mezcla de restricciones numéricas y discretas. Por ello, para la realización de las restricciones es necesario seguir una metodología de trabajo. El esquema de esta metodología se describe en la figura 4.

De esta forma, partiendo de la base de datos de los bienes culturales que se tiene en el IAPH y mediante una interfaz adecuada, con la sintaxis propuesta en el apartado 4.1 el usuario planteará las condiciones que debe cumplir el sistema. Esto generará una vista de la base de datos en la que se

encuentran los bienes que cumplen esas restricciones.

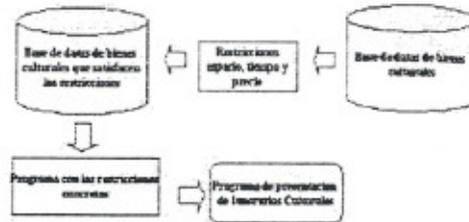


Figura 4: Metodología de trabajo

Una vez seleccionados, mediante la definición de la semántica descrita en el apartado 4.1 se desarrollará el programa adecuado escrito en ILOG Solver que aplicado a la base de datos resolverá el problema e indicará cuáles son los bienes que más interesan al usuario. Tras esto, se debe aplicar un algoritmo para situar estos bienes en el mapa de la pantalla de salida (figura 2) e indicar cuál será el recorrido seguido.

5 Conclusiones y trabajos futuros

Una vez que se ha planteado la metodología de trabajo y que se han analizado los diferentes grupos de restricciones que se van a dar en el sistema, es fácil, usando las herramientas y lenguajes de la programación con restricciones, el organizar un sistema que permita elaborar los itinerarios.

Vemos por tanto que la programación orientada a objetos con restricciones es un paradigma adecuado para resolver este tipo de problemas. La mayor complejidad se encuentra en conocer a fondo el problema y el determinar los tipos de predicados que se pueden dar.

Un problema no tratado aquí y de gran importancia, es el desarrollo de la interfaz. Elaborar una interfaz adecuada y completa que resulte de fácil comprensión y sea útil para todo tipo de público es un punto abierto que sería interesante manejar. Aunque se ha planteado la interfaz, es necesario desarrollar un algoritmo que permita generar la salida mostrada en la misma. Para este tipo de temas, es interesante estudiar trabajos como los de [1] ó [4].

Esta herramienta desarrollada en su parte de lógica y finalizándose en su parte de interfaz de usuario, posee un sistema gestor de base de datos, que maneja una vista del sistema completo de gestión de los bienes culturales de Andalucía. Mediante el uso de los Swing de Java y de JASP se está diseñando la interfaz de usuario y el

sistema de búsqueda de soluciones a las restricciones se ha desarrollado en ILOG Solver.

6 Bibliografía

- P. Castells, F.Saiz, R. Morrión, F. García. Modelización y Diseño Interactivo de Interfaces con estructura dinámica. 1 Jornadas de Interacción Persona-Ordenador. Granada, Junio de 2000.
- M.J.Escalona, M.Mejias, J.Torres. Propuesta metodológica para el desarrollo de sistemas para el tratamiento de bibliotecas digitales. Informe interno del departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos. Universidad de Sevilla. Sevilla, Julio de 2000.
- E.C. Freuder and Wallace M. Constraints IEEE Intelligent Systems Enero/Feb 2000
- M.González, M. Mejias, M.J.Escalona, J.A.Ortega, R.M.Gasca. Interacción con los usuarios en bibliotecas digitales. 1 Jornadas Dolmen. Sevilla, Junio de 2001.
- ILOG. ILOG Solver 4.4. User's manual. ILOG products 1999.
- M. I. Jarvis. P. Shen Q. 2000 Flexible Graphplan ECAI2000, pp 506-510.
- H.Kay, Refining imprecise models and their behaviours. Ph.D. Thesis. University of Texas (USA) 1996.

- B.J. Kuipers. Qualitative reasoning. Modeling and simulation with incomplete knowledge. The Mit Press. Cambridge, Massachussets 1994
- M.L. Mavrouniostis, G.Stefanopoulos. Formal order-of-magnitude reasoning. Readings in Qualitative Reasoning about Physical Systems page. 323-336.
- J.A. Ortega. Patrones de comportamiento temporal en modelos semicualitativos con restricciones. Tesis Doctoral. Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos. Universidad de Sevilla. Abril 2000.
- Van Hentenryck P. and Saraswat et al. 1996 Strategic Directions in Constraint Programming ACM Computing Surveys Vol. 28 N° 4 Diciembre
- L. Travé-Massuyès, Ph. Dague, F. Gerrin. Le raisonnement qualitatif pour les sciences de l'ingenieur. Herme Ed., Paris 1997.
- L. Travé-Massuyès, F. Prats, M.Sanchez, N.Agell. Consistent Relative Absolute Order-of-Magnitude Models. Por aparecer en QR2002. Barcelona, Junio 2002.
- M.Vescovi, A. Fraguhar, Y. Iwasaki. Numerical interval simulation: combined qualitative and quantitative simulation to bound behaviours of non-monotonic systems. Proc. 14th Int. Joint Conference on Artificial Intelligence pages 1806-1812. Canada 1995.