

2012

# Modelo de Conocimiento

Segundo trabajo de Ingeniería del  
Conocimiento

Alberto Mireles Suárez  
David Morales Sáez



## Índice

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Introducción.....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>Alcance del trabajo.....</b>                                     | <b>2</b>  |
| Área de oportunidad.....  | 2         |
| Especificación del dominio .....                                    | 2         |
| Especificación de la tarea .....                                    | 2         |
| Modelado de elementos del conocimiento.....                         | 3         |
| <b>Fuentes de conocimiento.....</b>                                 | <b>4</b>  |
| <b>Estudio de la tarea.....</b>                                     | <b>4</b>  |
| <b>Conocimiento del dominio.....</b>                                | <b>4</b>  |
| <b>Trazas.....</b>  | <b>10</b> |
| Traza de restricciones.....   | 10        |
| Traza de preferencias.....  | 11        |
| <i>Traza de Lengua y Matemáticas.....</i>                           | <i>11</i> |
| <i>Traza de Educación Física .....</i>                              | <i>12</i> |
| <i>Traza de horas seguidas .....</i>                                | <i>13</i> |
| <b>Cálculo de la bondad del horario según las preferencias.....</b> | <b>14</b> |
| Cálculo de la puntuación de Lengua y Matemáticas .....              | 14        |
| Cálculo de la puntuación de Educación Física .....                  | 14        |
| Cálculo de la puntuación de horas seguidas .....                    | 14        |

## Introducción

En este trabajo se detalla el modelo de conocimiento para el desarrollo de un Sistema Experto que asista en la elaboración de horarios de un Colegio de Educación Primaria situado en el Ejido, Telde.

## Alcance del trabajo

### Área de oportunidad

La planificación de horarios problema fácilmente mejorable mediante un Sistema Experto que asista al jefe de estudios y a la directora del centro a la hora de realizar los horarios del colegio. La tarea del Sistema Experto consistirá en buscar las posibles combinaciones de horarios y descartar aquellas que no cumplan las restricciones y preferencias establecidas, y dar prioridad a aquellas combinaciones que respeten en mayor medida las preferencias del personal docente.

### Especificación del dominio

El dominio de este trabajo comprende la asignación de profesores y asignaturas a cada una de las aulas disponibles en las horas correspondientes a cada asignatura, teniendo en cuenta las restricciones que se aplican en el centro que se intenta modelar. Para asignar correctamente el par (profesor, asignatura) al par (aula, hora), sería necesario generar los horarios de todo el colegio para conocer las horas en las que un profesor se encuentra disponible ya que puede que tenga alguna hora asignada a un horario correspondiente a un curso diferente al que se quiere generar.

### Especificación de la tarea

La tarea consiste en generar los horarios de un colegio, los cuales estarán restringidos por los profesores disponibles así como otras restricciones asociadas a las asignaturas, como, por ejemplo, el número de sesiones a la semana de cada asignatura, en base al curso o la disposición de las asignaturas en el horario, esto es, en las dos primeras horas o las últimas.

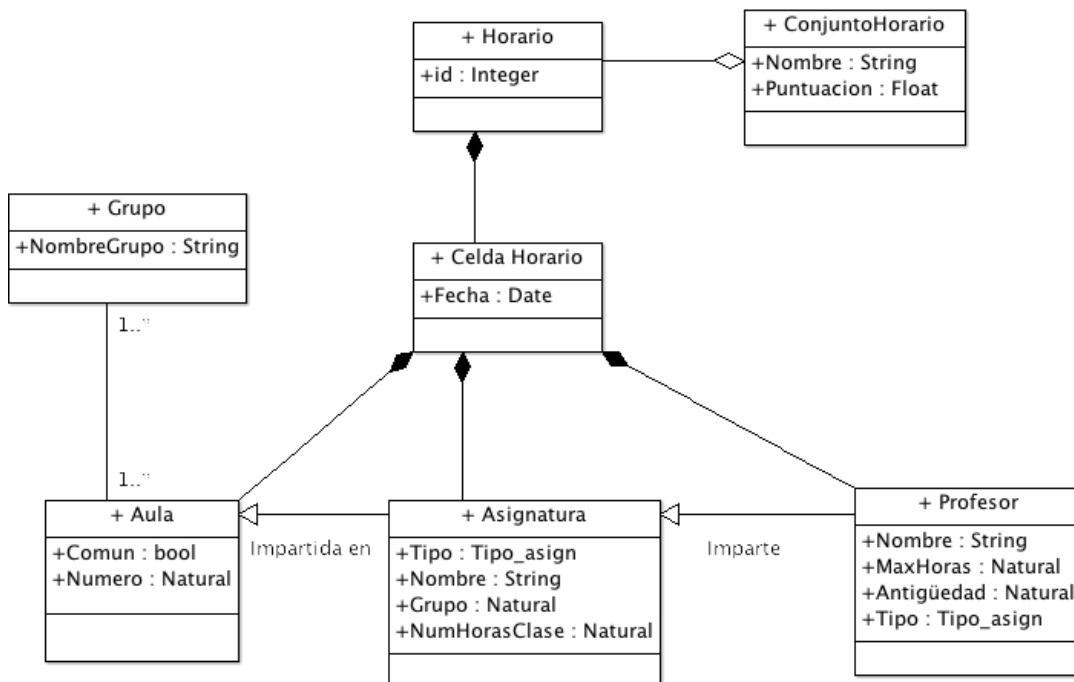
## Modelado de elementos del conocimiento

Para modelar los elementos del conocimiento podemos realizar asignaciones de pares como pueden ser los pares [profesor, asignatura] y [aula, hora], por lo que será necesario representar los conceptos “profesor”, “asignatura” y “aula”.

Por otro lado, tendremos que representar el concepto de horario, refiriéndonos a la tabla en la que cada celda representa una franja horaria. A su vez, tendremos que tener en cuenta las preferencias de los profesores y las restricciones en la distribución de asignaturas (criterios pedagógicos o restricciones acerca del número de sesiones).

Un aspecto importante a tener en cuenta, es que en el colegio cada curso puede estar dividido en diferentes grupos, los cuales tienen cada uno asignada un aula para todas aquellas asignaturas que no requieran de un aula específica, como educación física, cuya aula es el propio patio de recreo.

Por otro lado, todos los profesores pueden dar todas las asignaturas, excepto las especialidades (educación física, inglés, francés, música y religión), que lo da un especialista. Estos especialistas, además de dar sus especialidades, pueden dar cualquier otra asignatura genérica, siempre y cuando las horas de su especialidad queden cubiertas y no supere el cupo de 25 horas semanales.



## **Fuentes de conocimiento**

Nuestro experto es el jefe de estudios del colegio modelado, cuyos activos de conocimientos incluyen X años de experiencia en susodicho instituto.

## **Estudio de la tarea**

La tarea que se va a estudiar se puede enmarcar dentro de las tareas de planificación, ya que la realización de los horarios de un colegio es un problema de restricciones en el que se ha de asignar las sesiones docentes de la forma más eficiente dentro de los parámetros o preferencias del colegio y sus profesores.

El horario escolar consta de un número de sesiones de 45 minutos predeterminadas de cada asignatura para cada curso, además de tener una sesión diaria de 30 minutos destinada al recreo. Por tanto, el horario deberá cumplir con los requisitos exigidos por el Ministerio de Educación sin superar el número máximo de horas semanales de clase.

## **Conocimiento del dominio**

```

DOMAIN-KNOWLEDGE dk-horarios;
DOMAIN-SCHEMA ds-horarios;

DEFINITIONS:
  CONCEPT ConjuntoHorarios;
    DESCRIPTION: "Conjunto de todos los horarios del curso academico";
    HAS-PARTS: Asignatura, Profesor, Aula, Grupo, Horario;
    ATTRIBUTES:
      Nombre: string;
      Puntuacion: real;
      DEFAULT-VALUE: 0;
  END CONCEPT ConjuntoHorarios;

  CONCEPT Horario;
    DESCRIPTION: "Horario semanal de un aula";
    HAS-PARTS: CeldaHorario;
    PART-OF: ConjuntoHorarios;
    ATTRIBUTES:
      IdAula: natural;
  END CONCEPT Horario;

  RELATION CeldaHorario;
    DESCRIPTION: "Cada una de las celdas/casillas de un horario: El profesor A
      imparte la asignatura B en el aula C";
    PART-OF: Horario;
    ARGUMENT-1: Profesor;
    ARGUMENT-2: Asignatura;
    ARGUMENT-3: Aula;
    ATTRIBUTES:
      Fecha: date;
    AXIOM:
      hora > 0;
  END RELATION CeldaHorario;

  CONCEPT Grupo;
    DESCRIPTION: "Representa la identificación de un grupo de alumnos";
    PART-OF: ConjuntoHorarios;
    ATTRIBUTES:
      NombreGrupo: String;
  END CONCEPT Grupo;

  CONCEPT Aula;
    PART-OF: ConjuntoHorarios;
    DESCRIPTION: "Representa el recurso que vamos a asignar";
    ATTRIBUTES:
      Numero : natural;
  END CONCEPT Aula;

  BINARY-RELATION asignada-a;
    DESCRIPTION: "Un aula que está asignada a un grupo concreto";
    ARGUMENT-1: Aula;
    ARGUMENT-2: Grupo;
  END BINARY-RELATION asignada-a;

  VALUE-TYPE tipo-asignatura;
    VALUE-LIST: {normal, musica, ingles, frances, religión, edfisica};
  END VALUE-TYPE tipo-asignatura;

  CONCEPT Asignatura;
    DESCRIPTION: "Materia que forma parte del plan de estudios del colegio";
    PART-OF: ConjuntoHorarios;
    ATTRIBUTES:
      Nombre: string; // Identificador compuesto
      NumGrupo: natural; // Identificador compuesto
      NumHorasClase: natural;
      DEFAULT-VALUE: 0;
      Tipo: tipo-asignatura;
  END CONCEPT Asignatura;

```

```

        RELATION impartidaen;
        DESCRIPTION: "Una asignatura sólo puede ser impartida en un aula concreta (cualquier
asignatura debe estar asignada a una única aula)";
        ARGUMENT-1: Asignatura;
            CARDINALITY: 1;
        ARGUMENT-2: Aula;
            CARDINALITY: 1;
    END RELATION impartidaen;

    CONCEPT Profesor;
        DESCRIPTION: "Persona que enseña en el colegio";
        PART-OF: ConjuntoHorarios;
        ATTRIBUTES:
            Nombre: string;
            NumMaximoHoras: natural; // Número maximo de horas docentes
            Antigüedad: natural; // Antigüedad en el colegio (para elegir asignaturas)
            Tipo: tipo-asignatura;
    END CONCEPT Profesor;

    BINARY-RELATION imparte;
        DESCRIPTION: "Un profesor imparte una asignatura (establecido con anterioridad)";
        ARGUMENT-1: Profesor;
            CARDINALITY: 1;
        ARGUMENT-2: Asignatura;
            CARDINALITY: 1+;
    END BINARY-RELATION imparte;

```

```

////////////////////////////////////
//
//          MATHEMATICAL MODELS
//
////////////////////////////////////

```

```

MATHEMATICAL-MODEL numero-horas;
    DESCRIPTION: "Determina el número de horas asignadas a una asignaturas en un horario";
    PARAMETERS:
        Horario;
        Asignatura;
    EQUATION-LIST:
        "Sumatorio de ocurrencias de la asignatura en el horario";
    END MATHEMATICAL-MODEL numero-horas;

```

```

MATHEMATICAL-MODEL numero-horas-dia;
    DESCRIPTION: "Determina el número de apariciones de una asignatura en un día de un horario
determinado";
    PARAMETERS:
        Dia: date;
        Horario;
        Asignatura;
    EQUATION-LIST:
        "Sumatorio de ocurrencias de la asignatura en el horario el día especificado";
    END MATHEMATICAL-MODEL numero-horas;

```

```

MATHEMATICAL-MODEL puntuacion-len-mat;
    DESCRIPTION: "Devuelve un valor de puntuación entre 0 y 1 en función de cuántas horas de
Lengua y Matemáticas se imparten a un grupo en las 3 primeras horas del día. La puntuación 0 se
devuelve cuando ninguna hora se da antes del recreo, y la puntuación 1 se devuelve cuando todas las
horas se dan antes del recreo.";
    PARAMETERS:
        ConjuntoHorarios;

```

```

EQUATION-LIST:
    "Para cada grupo:";
    nhl = "Calcula el número de horas que se da Lengua a un grupo antes del recreo";
    mhl = asignatura.NumHorasClase; // num. sesiones lengua semanales
    nhm = "Calcula el número de horas que se da Matemáticas a un grupo antes del
           recreo";
    mhm = asignatura.NumHorasClase; // num. sesiones matemáticas semanales
    devuelve media(0.5*(nhl / mhl) + 0.5*(nhm / mhm)); // media para todos los grupos
END MATHEMATICAL-MODEL puntuacion-len-mat;

MATHEMATICAL-MODEL puntuacion-horas-seguidas;
    DESCRIPTION: "Devuelve un valor de puntuación entre 0 y 1 en función de cuántas horas
seguidas de matemáticas y lengua que se imparten a un grupo La puntuación 0 se devuelve cuando no hay
dos horas seguidas de una asignatura y 1 si todas las horas de lengua y matemáticas están agrupadas en
grupos de dos horas. Esto puede variar en función del curso"
    PARAMETERS:
        ConjuntoHorarios;
    EQUATION-LIST:
        "Para cada grupo:";
        nhl = "Calcula el número de días en los que se dan dos horas de lengua seguidas";
        mhl = asignatura.NumHorasClase; // num. sesiones lengua semanales
        nhm = "Calcula el número de días en los que se dan dos horas de matemáticas seguidas";
        mhm = asignatura.NumHorasClase; // num. sesiones matemáticas semanales
        devuelve media((nhl / mhl) + (nhm / mhm));
END MATHEMATICAL-MODEL puntuacion-horas-seguidas

MATHEMATICAL-MODEL puntuacion-ef;
    DESCRIPTION: "Devuelve un valor de puntuación entre 0 y 1 en función de cuántas horas de
Educación Física se imparten a un grupo las dos últimas horas. La puntuación 0 se devuelve cuando
ninguna hora se da en las dos últimas horas, y la puntuación 1 se devuelve cuando todas las horas se
dan en las dos últimas horas.";
    PARAMETERS:
        ConjuntoHorarios;
    EQUATION-LIST:
        "Para cada grupo:";
        nh = "Calcula el número de horas que se da EF a un grupo en las últimas horas"
    mh = asignatura.NumHorasClase; // num. sesiones EF semanales
    devuelve media(nh / mh); // media para todos los grupos
END MATHEMATICAL-MODEL puntuacion-ef;

MATHEMATICAL-MODEL ordenar;
    DESCRIPTION: "Ordena las soluciones (conjunto de horarios) en orden descendente de
puntuación (la puntuación va entre 0 y 1)";
    PARAMETERS:
        ConjuntoHorarios;
    EQUATION-LIST:
        "Ordena las soluciones (conjunto de horarios) en orden descendente de
puntuación";
END MATHEMATICAL-MODEL ordenar;

```

```

////////////////////////////////////
//
//          RULE TYPES
//
////////////////////////////////////

```

```

RULE-TYPE restricciones;
    CONSTRAINT:
        ConjuntoHorarios;
END RULE-TYPE restricciones;

```

```

RULE-TYPE preferencias;

```



```

        CONSEQUENT:
            ConjuntoHorarios;
    END RULE-TYPE preferencias;

    RULE-TYPE ordenacion;
        CONSEQUENT:
            ConjuntoHorarios;
    END RULE-TYPE ordenacion;

END DOMAIN-SCHEMA ds-horarios;

KNOWLEDGE-BASE kb-horarios;

USES restricciones FROM ds-horarios;
EXPRESSIONS:
    // Un profesor no puede estar en dos aulas a la vez
    FORALL h1, h2 : Horario;
    h1 != h2 AND // horarios distintos => aulas distintas
    h1.celda.fecha == h2.celda.fecha AND // misma franja horaria
    h1.celda.profesor != h2.celda.profesor // mismo profesor => ;NO!

    // La asignatura tiene que poder impartirse en ese aula
    celda.asignatura.requiere.aula == celda.aula

    // Una asignatura debe impartirse el número de horas que le corresponden
    FORALL a: Asignatura;
    FORALL h: Horario;
    numero-horas(h, a) == a.NumHorasClase

    // Una asignatura solo puede impartirla un profesor indicado para ello
    celda.profesor.imparte.asignatura == celda.asignatura

    // Dos asignaturas impartidas a un mismo grupo no pueden darse a la vez
    FORALL h1, h2 : Horario;
    h1 != h2 AND
    h1.celda.fecha == h2.celda.fecha AND
    h1.celda.asignatura == NULL AND
    h2.celda.asignatura != NULL AND
    h1.celda.asignatura.NumGrupo == h2.celda.asignatura.NumGrupo

    // Un profesor no puede dar asignaturas de especialista si no lo es
    celda.asignatura.tipo == normal OR
    celda.asignatura.tipo == celda.profesor.tipo

    USES preferencias FROM ds-horarios;
    EXPRESSIONS:
    // Puntuación entre 0 y 1
    // Los pesos son
    // len-mat      => muy importante (1)      => w1 = 0.4
    // horas-seguidas => importante (2)          => w2 = 0.35
    // ef           => menos importante (3)     => w3 = 0.25

    curso-academico.puntuacion := w1*puntuacion-len-mat(curso)
                                + w2*puntuacion-horas-seguidas(curso)
                                + w3*puntuacion-ef(curso)

    USES ordenacion FROM ds-horarios;
    EXPRESSIONS:

    // Función que ordena las soluciones
    ordenar(horarios)

END KNOWLEDGE-BASE kb-horarios;
END DOMAIN-KNOWLEDGE dk-horarios;

```

```

////////////////////////////////////
//
//          INFERENCIAS
//
////////////////////////////////////

```

```
INFERENCE-KNOWLEDGE if-horarios
```

```

KNOWLEDGE-ROLE requirements;
  TYPE: DYNAMIC;
  DOMAIN-MAPPING:
    SET-OF: Aula, Profesor, Asignatura;
END KNOWLEDGE-ROLE requirements;

KNOWLEDGE-ROLE constraints;
  TYPE: STATIC;
  DOMAIN-MAPPING:
    restricciones FROM ds-horarios;
END KNOWLEDGE-ROLE constraints;

INFERENCE generate-select;
  ROLES:
    INPUT: requirements;
    OUTPUT: valid-system-structures;
    STATIC: constraints;
END INFERENCE generate-select;

KNOWLEDGE-ROLE valid-system-structures;
  TYPE: DYNAMIC;
  DOMAIN-MAPPING:
    ConjuntoHorarios;
END KNOWLEDGE-ROLE valid-system-structures;

KNOWLEDGE-ROLE preferences;
  TYPE: STATIC;?
  DOMAIN-MAPPING:
    preferencias FROM ds-horarios;
END KNOWLEDGE-ROLE preferences;

KNOWLEDGE-ROLE preferences-ordering-knowledge;
  TYPE: STATIC;
  DOMAIN-MAPPING:
    ordenacion FROM ds-horarios;
END KNOWLEDGE-ROLE preferences-ordering-knowledge;

INFERENCE sort;
  ROLES:
    INPUT: valid-system-structures;
    OUTPUT: list-preferred-system-structures;
    STATIC: preferences, preferences-ordering-knowledge;
END INFERENCE sort;

KNOWLEDGE-ROLE list-preferred-system-structures;
  TYPE: DYNAMIC;
  DOMAIN-MAPPING:
    ConjuntoHorarios;
END KNOWLEDGE-ROLE list-preferred-system-structures;
END INFERENCE-KNOWLEDGE;

```

## Trazas

### Traza de restricciones

En la siguiente tabla mostramos las asignaciones de profesores a las distintas asignaturas y grupos:

|           |  |
|-----------|--|
| Alberto   | Educación Física 5ºA, B, C y 6º A, B                                   |
| Ignacio   | Matemáticas y Ed. Ciudadanía 6º A, B y Plástica a 5º A, B, C y 6º A, B |
| Margarita | Matemáticas 5ºA, B, C y Francés 5º A, B, C y 6º A, B                   |
| Lola      | Lengua 5º A, B, C y Con. Medio 5º B, C                                 |
| Carmen    | Ingles 5º A, B, C y 6º A, B  |
| Chano     | Música 5º A, B, C y 6º A, B  |
| Guillermo | Religión 5º A, B, C y 6º A, B  |
| Rafaela   | Con. Medio 5ºA y 6º A, B   |

Para mostrar las restricciones que habría que aplicar, tomaremos como ejemplo las clases de 5º A y B con 3 horas diarias durante 3 días:

Aula 1, grupo 5º A:

|                     |                        |                     |
|---------------------|------------------------|---------------------|
| Lengua, Lola        | Matemáticas, Margarita | Lengua, Lola        |
| Inglés, Carmen      | Francés, Margaria      | Con. Medio, Rafaela |
| Religión, Guillermo | Música, Rafaela        |                     |

Aula 2, grupo 5º B:

|                    |                      |                  |
|--------------------|----------------------|------------------|
| Con. Medio, Lola   | Matemáticas, Ignacio | Inglés, Carmen   |
| Francés, Margarita | Música, Chano        | Con. Medio, Lola |
| Plástica, Ignacio  | Religión, Guillermo  | Lengua, Lola     |

Patio, lugar donde se realiza la actividad de Educación Física

|  |  |                      |
|--|--|----------------------|
|  |  |                      |
|  |  | Ed Física B, Alberto |
|  |  | Ed Física A, Alberto |

Con este ejemplo intentamos mostrar un conjunto de problemas que podrían darse al aplicar las restricciones en este modelo:

Restricción 1: Un profesor no puede estar en dos aulas a la vez. Esta restricción no se cumple en la primera sesión del primer día, donde Lola debería dar clase en las aulas 1 y 2 a la vez.

Restricción 2: Un profesor ha de dar clase exclusivamente a aquellos grupos a los que ha sido asignado. Esta restricción no se cumple en la primera sesión del segundo día en el aula 2, ya que Ignacio sólo da clase a los grupos de 6º.

Restricción 3: Un profesor no puede dar asignaturas de especialidades si no es un profesor especialista en dicha asignatura. Esta restricción no se da en el aula 1 el segundo día a la tercera sesión, ya que Rafaela no es una profesora especialista.

Restricción 4: Los alumnos sólo pueden tener una clase por sesión, es decir, no pueden tener distintas asignaturas asignadas a la misma celda del horario. Esta restricción se ve ignorada en el tercer día en la segunda sesión con 5º B, ya que tienen a la vez Educación Física y Conocimiento del Medio.

Restricción 5: Un profesor sólo puede dar clase de una asignatura del curso al que está asignado. Esta restricción no se da en el aula 2 el segundo día en la primera sesión, ya que Ignacio sólo da clase de matemáticas a 6º A y B.

## Traza de preferencias

En estas trazas no se tendrán en cuenta los profesores que impartirán las asignaturas ya que el objetivo es mostrar las diferentes preferencias que existen en el centro, y estos no son relevantes, en este ejemplo, a la hora de realizar las trazas para escoger la posición de las asignaturas.

## Traza de Lengua y Matemáticas

Partimos de los siguientes horarios:

Horario 1:

|             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|
| Lengua      | Matemáticas | Inglés      |
| Lengua      | Con. Medio  | Religión    |
| Matemáticas | Lengua      | Matemáticas |

Horario 2:

|             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|
| Lengua      | Lengua      | Lengua      |
| Matemáticas | Matemáticas | Matemáticas |
| Con. Medio  | Inglés      | Religión    |

La línea de mayor grosor representa el recreo, el cual se encuentra después de la tercera sesión de clase.

Para el horario 1, la puntuación tras aplicar la preferencia establecer las sesiones de Lengua y Matemáticas antes del recreo sería la siguiente:

$$0,5 \left( \frac{2}{3} \right) + 0,5 \left( \frac{1}{3} \right) = \frac{1}{2}$$

mientras que la puntuación del horario 2 sería la siguiente:

$$0,5 \left( \frac{3}{3} \right) + 0,5 \left( \frac{3}{3} \right) = 1$$

Como podemos comprobar, la segunda opción es preferible según la preferencia estudiada.

### Traza de Educación Física

Partimos de los siguientes horarios:

Horario 1:

|        |             |            |
|--------|-------------|------------|
| Lengua | Matemáticas | Ed. Física |
| Inglés | Con. Medio  | Religión   |
| Lengua | Matemáticas | Ed. Física |

Horario 2:

|             |             |            |
|-------------|-------------|------------|
| Lengua      | Matemáticas | Religión   |
| Inglés      | Francés     | Lengua     |
| Matemáticas | Ed. Física  | Ed. Física |

Para el horario 1, la puntuación tras aplicar la preferencia establecer las sesiones de Educación Física después del recreo sería la siguiente:

$$\left( \frac{1}{2} \right) = \frac{1}{2}$$

mientras que la puntuación del horario 2 sería la siguiente:

$$\left( \frac{2}{2} \right) = 1$$

Como podemos comprobar, la segunda opción es preferible según la preferencia estudiada.

### Traza de horas seguidas

Partimos de los siguientes horarios:

Horario 1:

|             |            |             |
|-------------|------------|-------------|
| Lengua      | Inglés     | Matemáticas |
| Lengua      | Con. Medio | Francés     |
| Matemáticas | Ed. Física | Religión    |

Horario 2:

|            |             |            |
|------------|-------------|------------|
| Lengua     | Matemáticas | Inglés     |
| Lengua     | Matemáticas | Con. Medio |
| Ed. Física | Religión    | Ed. Física |

Para el horario 1, la puntuación tras aplicar la preferencia realizando dos sesiones seguidas de las asignaturas de Lengua y Matemáticas por día es la siguiente:

$$0,5 \left( \frac{1}{2} \right) + 0,5 \left( \frac{0}{3} \right) = \frac{1}{4}$$

mientras que la puntuación del horario 2 sería la siguiente:

$$0,5 \left( \frac{2}{2} \right) + 0,5 \left( \frac{2}{2} \right) = 1$$

Como podemos comprobar, la segunda opción es preferible según la preferencia estudiada.

## Cálculo de la bondad del horario según las preferencias

### Cálculo de la puntuación de Lengua y Matemáticas

Dado el horario de un aula perteneciente a un grupo en el que se dan las asignaturas de Lengua y Matemáticas, se puede medir la bondad del mismo asignándole una puntuación entre 0 y 1 que varíe en función del número de horas de Lengua y Matemáticas que se imparten las horas establecidas en la preferencia (en las 3 primeras horas antes del recreo). De esta forma, si  $nhl$  es el número de horas de Lengua que se imparten antes del recreo y  $mhl$  es el máximo de horas de Lengua (es decir, el número de sesiones establecidas por la Consejería de Educación). Esto se aplica también a las horas de Matemáticas con la notación  $nhm$   $mh$ . Entonces, la medida:

$$0,5 \left( \frac{nhl}{mhl} \right) + 0,5 \left( \frac{nhm}{mh} \right)$$

varía entre 0 y 1, por lo que puede emplearse como medida de la bondad del horario en función de la distribución de horas de estas asignaturas.

### Cálculo de la puntuación de Educación Física

Con el fin de evaluar la disposición de las horas de educación física hemos de tener en cuenta el horario en el que el patio se encuentra disponible, lugar en el que se imparte esta asignatura. Por tanto, para cada grupo se puede contabilizar el número de horas  $nh$  de Educación Física impuestas por la normativa, de manera que el resultado de aplicar:

$$\frac{nh}{mh}$$

proporciona la relación de horas lectivas de Educación Física que se ajustan a las preferencias de entre el total de horas que se imparten al grupo. Sería necesario obtener el valor para todos los grupos y combinarlos, para lo cual se usará la media aritmética sobre el número total de grupos a los que se imparte Educación Física.

### Cálculo de la puntuación de horas seguidas

Un aspecto importante a la hora de la disposición de las asignaturas de Lengua y Matemáticas, es que estas asignaturas, al ser importantes, y debido a la habitual falta de atención del alumnado en los cambios de clase, es preferible que estas asignaturas tengan dos sesiones seguidas en el mismo día. De esta forma, las clases son más productivas y permiten avanzar más el temario. Para ello, tenemos  $nhl$  que representa el número de días en los que hay dos sesiones seguidas de lengua y  $mhl$ , el número de sesiones semanales de lengua. Esto se aplica también

para la asignatura de Matemáticas representada por  $nhm$  y  $mhm$ . Entonces, la medida:

$$0,5 \left( 2 \frac{nhl}{mhl} \right) + 0,5 \left( 2 \frac{nhm}{mhm} \right)$$

varía entre 0 y 1, excepto en aquellos cursos cuyo número de sesiones semanales de Matemáticas y Lengua, en conjunto, sea impar, en cuyo caso será ligeramente inferior (0,9).