

**FACULTAD DE FILOSOFÍA, HUMANIDADES Y ARTES**

**DEPARTAMENTO DE POSGRADO**

**PLANIFICACIÓN DE CÁTEDRA**

**CURSO DE POSGRADO:** LÓGICAS MODALES COMPUTACIONALES

**DOCENTE:** DR. GUILLAUME HOFFMANN

**AÑO 2015**

**CURSO DE POSGRADO:**

# **LÓGICAS MODALES**

## **1. Introducción**

El curso de posgrado “Lógicas Modales Computacionales” está enfocado con el objetivo de familiarizar al investigador con los resultados y técnicas esenciales relativos a las mismas, la cual tiene conexiones con diversos campos de investigación como la Lógica Proposicional, la Lógica Clásica (o Lógica del Primer Orden), y la Complejidad Computacional.

Se pretende en este curso dar una visión global de los temas esenciales de esta área y que sean de interés, en particular, para matemáticos y especialistas en Ciencias de la computación. Entre estos tópicos se encuentran: sintáxis y semántica de la Lógica Modal Básica, Traducción Estandar a Primer Orden, bisimulaciones, caracterización de van Benthem, propiedad de modelos árbol y modelos finitos, decidibilidad y complejidad del problema de Satisfacibilidad, algoritmos de tableaux y de traducción a Teorías de satisfacibilidad módulo (SMT).

Indicamos finalmente que el presente curso tiene un carácter autocontenido que permitiría al potencial alumno, dar cuenta de los sucesivos contenidos a impartirse. De cualquier modo es recomendable que el interesado posea conocimientos mínimos en Lógica Matemática y/o Computación.

## **2. Marco teórico**

En su perspectiva más moderna, las lógicas modales son vistas como herramientas para indentificar fragmentos interesantes de lógicas de primer y alto orden, para una determinada tarea de modelaje o inferencia. “Interesante” usualmente significa: de baja complejidad, buenas propiedades metalógicas (completitud, interpolación, etc.), poder expresivo adecuado, simple diseño de algoritmos de decisión y de herramientas automáticas de inferencia, simplicidad de uso, etc.

Por el otro lado, las posibles “tareas de modelaje o inferencia” pueden ser extremadamente variadas, desde aplicaciones clásicas en filosofía y epistemología, usos en lingüística, a los usos más proximos a la Ciencia de la Computación como representación del conocimiento, model checking y verificación formal de software y hardware.

El principal énfasis teórico del curso será en los aspectos computacionales de lenguajes modales (incluyendo lenguajes modales no standard, como lógicas híbridas, con memoria, dinámicas y lógicas para descripción). En particular, discutiremos diferentes métodos de inferencia y decisión (directos e indirectos), su complejidad y posibles heurísticas y optimizaciones para problemas de satisfiabilidad.

El curso tiene un enfoque semántico, es decir que veremos las lógicas como lenguajes que describen modelos. En cuanto a los algoritmos de deducción, estudiaremos algoritmos que

construyen modelos. Presentaremos una selección de herramientas para deducción automática (HTab, Z3, veriT), complementando las nociones teóricas con experiencia de laboratorio.

El curso no requiere conocimientos previos de lógica modal, pero sí asume conocimientos básicos sobre lógica proposicional y de predicados.

### **3. Objetivos generales**

Se espera que quienes aprueben este curso sean capaces de:

- Desarrollar un modo de razonamiento, intuición y actitud críticos, que les permita hacer frente a diferentes desafíos dentro de su experiencia en la investigación matemática.
- Manifestar una actitud positiva hacia el trabajo, en líneas generales.
- Adquirir el hábito de plantear y resolver situaciones nuevas, recurriendo a su capacidad creadora.
- Aplicar los conocimientos adquiridos de forma creativa, con miras a un desarrollo satisfactorio en sus capacidades de investigación.
- Participar activamente de las clases teóricas y prácticas.
- Dominar las distintas fuentes bibliográficas, estableciendo vínculos entre diferentes libros, artículos o monografías, sean en castellano o en otro idioma accesible al alumno.

### **4. Unidades de aprendizaje**

Las unidades de aprendizaje previstas en el curso son 5 (cinco) en total. Deseamos indicar que durante el tiempo de dictado previsto para este curso es totalmente viable el dictado los contenidos que se muestran a continuación. De este modo, el tiempo impartido en el dictado de cada una de las siguiente unidades permitirá el desarrollo del curso respetando el cronograma que se sugiere más adelante.

#### **UNIDAD 1**. Lógicas Modales como Fragmentos de Lógicas Clásicas.

Objetivos Específicos:

- Ubicar la Lógica Modal Básica (LMB) con respecto a la Lógica de Primer Orden y a la Lógica Proposicional.
- Conocer otros operadores modales que pueden extender la LMB.

Contenidos: Repaso de Lógica de Primer Orden. Lógica Modal Básica. Sintaxis y Semántica. Motivación. Otros Operadores Modales. La Traducción Standard. Transferencia de Resultados.

## UNIDAD 2: Teoría de Modelos I

Objetivos Específicos:

- Entender las bisimulaciones.
- Saber demostrar la diferencia de expresividad entre dos lenguajes modales.

Contenidos: Isomorfismos Potenciales. Bisimulaciones. Bisimulación y Poder expresivo. Clases Hennessy-Milner. Clausura de modelos. Caracterización de van Benthem. Definibilidad.

## UNIDAD 3: Teoría de Modelos II

Objetivos Específicos:

- Saber demostrar la propiedad de modelo árbol.
- Saber demostrar la propiedad de modelos finitos y su consecuencia en decidibilidad del problema de satisfacibilidad.

Contenidos: Propiedad de Modelos Arbol. Propiedad de Modelos Finitos. Decidibilidad. Filtraciones.

## UNIDAD 4: Complejidad.

Objetivos Específicos:

- Saber demostrar resultados de complejidad de distintas Lógicas Modales usando reducciones.

Contenidos: Repaso de clases de complejidad. Logicas Modales en NP. Lógicas Modales en PSpace. Lógicas Modales en ExpTime. Lógicas Modales indecidibles. Model Checking.

## UNIDAD 5: Algoritmos para SAT Modal

Objetivos Específicos:

- Saber demostrar la adecuación del método de tableaux para lógica modal básica.
- Conocer extensiones de algoritmos de tableaux para otros operadores modales.
- Saber usar un demostador automático (solver).

Contenidos: Método de Tableaux. Correctitud, Completitud. Complejidad. Implementaciones. Traducción a SMT.

## **5) Metodologías de Enseñanza – Aprendizaje**

Por tratarse de un curso de posgrado, queda claro que el profesor que imparte el curso dará a los asistentes al mismo los lineamientos generales de los temas a tratarse, y los guiará en el estudio de dichos temas, de un modo mucho mas libre que en un curso de grado.

Específicamente, se pretende para cada una de las partes involucradas lo siguiente:

### **A) EL PROFESOR:**

- Presentará y explicará el esquema de cada unidad.
- Enunciará los objetivos operacionales de la misma.
- Proporcionará información básica y guiará al alumno en la búsqueda de nuevas fuentes de información.

### **B) EL ASISTENTE AL CURSO:**

- Estudiará los apuntes, artículos o textos sugeridos por el docente, en forma individual o grupal.
- Resolverá los ejercicios propuestos por el docente, e intentará plantear situaciones problemáticas novedosas, generalizando la actividad realizada.
- Realizará estudios de forma independiente, con apoyo del material bibliográfico sugerido por el docente o por cualquier material que el propio alumno juzgue adecuado.
- Realizará trabajos escritos y será capaz de exponerlos oralmente, de acuerdo a lo requerido por el docente.

## **5) Régimen de Aprobación**

Para el presente curso de posgrado se ha optado por seguir un régimen de evaluación continua, del siguiente modo:

- En cada clase el docente realizará una puesta a punto, en la que evaluará sintéticamente y oralmente los conocimientos que se impartieron en la clase anterior.
- Al finalizar la parte expositiva del curso, se realizará una puesta a punto oral y grupal entre los asistentes al curso y el docente.
- Después de finalizado el curso, y con un plazo razonable, los asistentes al mismo deberán presentar una monografía con temas sugeridos por el docente, en donde se prevé un aporte original por parte de los asistentes. Debe indicarse que esta última parte del curso es *esencial*. De hecho, toda la estructuración previa a esta instancia está, principalmente, orientada a la redacción del trabajo final.

## **6) Cronograma**

Dado que se trata de una materia de posgrado, la misma presupone una mayor creatividad del alumno, lo que implica una carga horaria presencial menor que en una carrera de grado. Obviamente, esta libertad de acción deberá ser compensada por una mayor dedicación del alumno en horas de estudio individuales o grupales, o en horas de consulta.

En el caso específico de este curso, al ser impartido por un docente de otra universidad, están previstas cuatro visitas (a razón de una visita por mes), cantidad mínima para impartir los contenidos del curso, constituido por ocho unidades breves. Además está prevista una visita extra, a los fines de una puesta a punto final, en una reunión en la que se comentará y se evaluará el trabajo final que presentarán los alumnos.

Durante cada visita el docente realizará un dictado intensivo del curso. Por tal motivo, cada visita, de dos días de duración, se subdividirá en cuatro módulos de aproximadamente dos horas y media (dictándose dichos módulos en horarios de mañana y de tarde). De esto se contabiliza que la parte presencial del curso constará de 40 horas (considerando solamente cuatro clases). A esto debe agregarse la duración *no presencial* del mismo, teniendo en cuenta la redacción de la monografía arriba indicada, que es requisito esencial para la aprobación del curso. Por tal motivo, se considera que el curso tiene una duración estimada de 60 horas.

La distribución horaria de la parte presencial del curso es sintetizada en el siguiente esquema, que además incluye la distribución tentativa de los contenidos del curso.

### **VISITA 1:**

Módulo 1: Unidad I.

Módulo 2: Unidad I.

Módulo 3: Unidad I (final). Puesta a punto

Módulo 4: Unidad II (introducción).

### **VISITA 2:**

Módulo 1: Repaso de la visita anterior. Unidad II (continuación).

Módulo 2: Unidad II (final).

Módulo 3: Unidad III.

Módulo 4: Unidad III (continuación).

### **VISITA 3:**

Módulo 1: Repaso de la visita anterior. Unidad III (final).

Módulo 2: Puesta a punto de Unidades I a III.

Módulo 3: Unidad IV.

Módulo 4: Unidad IV (continuación).

#### VISITA 4:

Módulo 1: Repaso de la visita anterior. Unidad IV (final).

Módulo 2: Unidad V (introducción).

Módulo 3: Unidad V (final).

Módulo 4: Puesta a punto general, y lineamientos generales para la monografía.

#### VISITA 5:

Esta visita está comprendida en dos módulos, considerando que se trata de la puesta a punto y la evaluación final:

Módulo 1: Reunión individual con cada uno de los asistentes, para revisión de la monografía.

Módulo 2: Reunión grupal, con exposición de las monografías, y evaluación de las mismas.

Tentativamente, se tiene previsto que la primera clase se realice en el día 27 de Julio de 2014, en horario de mañana (9:00 hs). De este modo, las subsiguientes visitas están previstas para Agosto, Septiembre, Octubre y Diciembre de 2013.

### **7) Aranceles**

Está previsto que el arancel del presente curso sea de ... pesos, que es el valor estipulado en el Depto.de Posgrado de la FFHA para cursos de hasta ... horas de duración. Por otro lado, de acuerdo a lo sugerido por el Departamento de Matemática (el cual avala el presente curso de posgrado), se sugiere que los docentes del mismo, así como los investigadores del Instituto de Ciencias Básicas, sean beneficiados con una beca, consistente en la exención del pago del porcentaje referido al salario del docente. De este modo, los beneficiarios solamente pagarán el importe reservado al uso del Departamento de Posgrado de la FFHA (30%).

### **8) Destinatarios**

Por tratarse de un curso de posgrado, los asistentes al mismo deberán poseer título universitario. Además, se indica que este curso puede resultar de particular interés para los profesionales que tengan vinculación con la Lógica Formal y/o con la Teoría de la

Computación. En particular, Matemáticos, Informáticos, Ingenieros en Sistemas, Lingüistas Formales, Filósofos de la Lógica, etc.).

## **APENDICE: PROGRAMA ANALÍTICO Y DE EXAMEN**

**Universidad Nacional de San Juan**

**Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes**

**Departamento de Posgrado**

**Perfil del alumno: alumnos que estén realizando posgrados en Matemática o disciplinas afines a la Lógica (Informática, Filosofía, Lingüística Formal, Ingeniería en Sistemas).**

**Materia: Lógicas Modales Computacionales**

**Docente: Dr. Guillaume Hoffmann**

## **PROGRAMA SINTÉTICO**

UNIDAD 1: Lógicas Modales como Fragmentos de Lógicas Clásicas.

UNIDAD 2: Teoría de Modelos I

UNIDAD 3: Teoría de Modelos II

UNIDAD 4: Complejidad.

UNIDAD 5: Algoritmos para SAT Modal.

## **PROGRAMA ANALÍTICO Y DE EXAMEN**

UNIDAD 1: Lógicas Modales como Fragmentos de Lógicas Clásicas.

Contenidos: Repaso de Lógica de Primer Orden. Lógica Modal Básica. Sintaxis y Semántica. Motivación. Otros Operadores Modales. La Traducción Standard. Transferencia de Resultados.

UNIDAD 2: Teoría de Modelos I.

Contenidos: Isomorfismos Potenciales. Bisimulaciones. Bisimulación y Poder expresivo. Clases Hennessy-Milner. Clausura de modelos. Caracterización de van Benthem. Definibilidad.



### UNIDAD 3: Teoría de Modelos II.

Contenidos: Propiedad de Modelos Arbol. Propiedad de Modelos Finitos. Decidibilidad. Filtraciones.

### UNIDAD 4: Complejidad.

Contenidos: Repaso de clases de complejidad. Logicas Modales en NP. Lógicas Modales en PSpace. Lógicas Modales en ExpTime. Lógicas Modales indecidibles. Model Checking.

### UNIDAD 5: Algoritmos para SAT Modal

Contenidos: Método de Tableaux. Correctitud, Completitud. Complejidad. Implementaciones. Traducción a Primer Order. Traducción a SMT.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- “Modal Logics: a semantic perspective”. Patrick Blackburn and Johan van Benthem. Handbook of Modal Logics. Elsevier. 2006.
- “Modal Logic”. Patrick Blackburn, Maarten de Rijke and Yde Venema. Cambridge University Press, 2002.
- “First Steps in Modal Logic”. Sally Popkorn. Cambridge University Press. 1994.
- “The ultraproduct construction”. Jerome Keisler. In "Ultrafilters Across Mathematics", ed. by V. Bergelson et. al., Contemporary Mathematics 530 (2010), pp. 163-179, Amer. Math. Soc.
- “Modal Satisfiability via SMT Solving”. Carlos Areces, Pascal Fontaine, and Stephan Merz. Software, Services, and Systems: Festschrift Martin Wirsing. © Springer, LNCS 8950, pp. 30-45 (2015).