

## PROGRAMA IEE 3674 CONTROL PREDICTIVO (2020-1)

<b>Profesor</b>	: Aldo Cipriano, <a href="mailto:aciprian@ing.puc.cl">aciprian@ing.puc.cl</a>
<b>Ayudante</b>	: Martín Calvo
<b>Horario de clases</b>	: Martes 15:30 a 16:50 y 17:00 a 18:20, Sala del DIE.
<b>Evaluación</b>	: Se realizarán 6 tareas y un proyecto individuales. NF = (2 Nota Promedio Tareas + Nota Proyecto)/3
<b>Créditos</b>	: 10 UAC
<b>Requisitos</b>	: 350 créditos aprobados o alumno de postgrado. Control Automático o equivalente.

### Objetivos

Al terminar el curso los asistentes estarán en condiciones de (i) desarrollar aplicaciones simples de control óptimo basadas en la tecnología Multivariable Predictive Control (MPC), considerando modelos lineales, no lineales, híbridos y distribuidos, así como diferentes funciones objetivo y restricciones, (ii) evaluar el potencial que ofrecen los productos MPC que comercializan las empresas proveedoras de equipos y servicios de automatización y control, y (iii) describir aplicaciones industriales en minería, energía, electrónica de potencia, transporte y otros sectores.

### Metodología

Clases expositivas.

Tareas individuales y desarrollo de un proyecto empleando herramientas de simulación.

### Contenido

01. *Introducción y motivación.*

02. *Sistemas dinámicos.* Ecuación de estado. Tiempo continuo y tiempo discreto. Sistemas lineales y no lineales. Función de transferencia. Equivalencia.

03. *Control óptimo.* Optimización paramétrica. Optimización en sistemas dinámicos. Controladores LQ y LQR.

04. *Estimación óptima.* Variables aleatorias. Modelos estocásticos. Observadores y estimadores en sistemas lineales y no lineales. Filtro de Kalman. Estimadores no lineales. Filtro de partículas.

05. *Modelos de predicción y estimación de parámetros.* Clasificación de modelos. Métodos de mínimos cuadrados. Algoritmos recursivos.

06. *Fundamentos de MPC.* Modelos para MPC. Función objetivo. Algoritmos MPC. Variantes de MPC.

07. *Dynamic Matrix Control.* Algoritmo de predicción. Algoritmo de control. DMC con restricciones. DMC multivariable. DMC en variables de estado.

08. *Control predictivo generalizado o GPC.* Formulación. Análisis en lazo cerrado. Estabilidad. Casos especiales.

09. *MPC con restricciones.* Clases de restricciones. Optimización con restricciones. Algoritmos.

10. *MPC no lineal*. Modelos no lineales. Solución del NMPC. Técnicas para NMPC. Estabilidad.
11. *Control predictivo de sistemas híbridos*. Sistemas híbridos. Formulaciones MLD y PWA. Algoritmos de control.
12. *MPC Distribuido*. Fundamentos. Investigaciones. Aplicaciones.
13. *Data Driven MPC*. Fundamentos. Investigaciones. Aplicaciones.
14. *Herramientas de diseño*. Presentación y análisis de herramientas para diseño computacional de MPC.
15. *Productos comerciales para control predictivo*. Presentación y análisis de productos comerciales para MPC.
16. *Aplicaciones de MPC*. En minería y procesamiento de minerales. En energía, electrónica de potencia, sistemas de transporte, petroquímicas, ingeniería biomédica.
17. *Investigación, desarrollo e innovación en MPC*. Revisión y análisis de las actividades de R&D&i en MPC.

### **Bibliografía recomendada**

- Bemporad A., Morari M., Ricker N.L. Model Predictive Control Toolbox. Mathworks, 2005.
- Borelli F., Bemporad A., Morari M. Predictive Control for Linear and Hybrid Systems. Cambridge University Press, 2017.
- Camacho E. F., Bordons C. Model Predictive Control. Springer, 2004.
- Maestre J.M., Negenborn R.R. Distributed Model Predictive Control Made Easy. Springer, 2014.
- Qin, S. J., Badgwell, T. A. (2003). A survey of industrial model predictive control technology. *Control Engineering Practice* (11)7, pp. 733–764.
- Rakovic S.V., Levine, Editors (2019). *Handbok of Model Predictive Control*. Birkhäuser.

### **Revistas**

Control Engineering Practice  
 Journal of process control  
 IEEE Transactions on Control Systems Technology  
 IEEE Control Systems Magazine  
 Automatica

### **Información en Internet**

Ver Model Predictive Control, Constrained MPC, Nonlinear Predictive Control, Hybrid Predictive Control, Distributed Predictive Control, Control Predictivo.  
 Wikipedia, [http://en.wikipedia.org/wiki/Model\\_predictive\\_control](http://en.wikipedia.org/wiki/Model_predictive_control)  
 Model Predictive Control Lab @ UC-Berkeley, [www.mpc.berkeley.edu](http://www.mpc.berkeley.edu)  
 Mathworks, [www.mathworks.com/help/mpc/index.html?s\\_tid=srchtitle](http://www.mathworks.com/help/mpc/index.html?s_tid=srchtitle)

### **Información en Universidades**

Prof. Allgower, [www.ist.uni-stuttgart.de/institut/mitarbeiter/Allgoewer/?\\_locale=en](http://www.ist.uni-stuttgart.de/institut/mitarbeiter/Allgoewer/?_locale=en)  
 Prof. Bemporad, [www.imtlucca.it/alberto.bemporad](http://www.imtlucca.it/alberto.bemporad)  
 Prof. Borelli, [www.me.berkeley.edu/~frborrel/](http://www.me.berkeley.edu/~frborrel/)  
 Prof. Bordons, [http://investigacion.us.es/sisius/sis\\_showpub.php?idpers=2992](http://investigacion.us.es/sisius/sis_showpub.php?idpers=2992)  
 Prof. De Prada, [www.isa.cie.uva.es/~prada](http://www.isa.cie.uva.es/~prada)

Prof. De Schutter, [www.deschutter.info](http://www.deschutter.info)

Prof. Morari, <https://old.control.ee.ethz.ch/info/people/morari/index.html>

Prof. Rawlings, [https://directory.engr.wisc.edu/che/faculty/rawlings\\_james](https://directory.engr.wisc.edu/che/faculty/rawlings_james)

### **Herramientas de Software**

Morari & Ricker, Model Predictive Control Toolbox for use with Matlab, [www.mathworks.com/products/mpc](http://www.mathworks.com/products/mpc)

Castañó, <https://controlautomaticoeducacion.com/control-predictivo/mpc-toolbox-matlab-tutorial>

De Castro, [www.ei.tum.de/fileadmin/tueifei/eal/courses/SSM/2019-2020-W/Model\\_Predictive\\_Control.pdf](http://www.ei.tum.de/fileadmin/tueifei/eal/courses/SSM/2019-2020-W/Model_Predictive_Control.pdf)

Arroyo, A Python-Based Toolbox for Model Predictive Control Applied to Buildings, <https://docs.lib.purdue.edu/ihpbc/282>

Bemporad, <http://cse.lab.imtlucca.it/~bemporad/hybrid/toolbox>

Guzmán, <http://aer.ual.es/siso-gpcit>, <http://aer.ual.es/mimo-gpcit>

### **Productos**

Aspen DMC Plus: [www.aspentech.com](http://www.aspentech.com)

BrainWave: [www.andritz.com](http://www.andritz.com)

Connoisseur: [www.aveva.com](http://www.aveva.com)

Exasmoc: [www.yokogawa.com](http://www.yokogawa.com)

Expert Optimizer: [www.abb.com](http://www.abb.com)

DeltaV MPC: [www.emerson.com](http://www.emerson.com)

Pavilion8: [www.rockwellautomation.com](http://www.rockwellautomation.com)

Profit Suite: [www.honeywell.com](http://www.honeywell.com)

Sortia MPC: [www.azbil.com](http://www.azbil.com)

Siemens: [www.siemens.com](http://www.siemens.com)