



**MODELACION Y SIMULACION DE PROCESOS**

**OPTIMIZACION**

**“PROGRAMAS PARA OPTIMIZACION”**

# Problema General de Optimización

$$\begin{aligned} \min & f(x, y) \\ \text{st} & h(x, y) = 0 \\ & g(x, y) \leq 0 \\ & x \in R^n \quad y \in \{0, 1\}^{ny} \end{aligned}$$

De acuerdo a la forma matemática del problema:

- **LP** (Linear Programming): FO y restricciones lineales
- **NLP** (Non linear Programming) FO y/o restricciones no-lineales
- **MILP** (Mixer Integer LP) LP entera mixta
- **MINLP** (Mixer Integer NLP) LP entera mixto

Herramientas de solución:

Programas a nivel de usuario, subrutinas, Ad-hoc

Elementos a ingresar:

- Función Objetivo: Ingresar o programar la función objetivo en formato del programa
- Restricciones: Límites o funciones de restricción
- Variables de decisión
- Algoritmos y parámetros de solución, # de iteraciones, tolerancias.
- Resultados: F.O, Variables Optimas, #de iteraciones, gradientes, restricciones activas, variables duales,

***Solver de Ms-Excel*** : Optimizador asociado a Excel

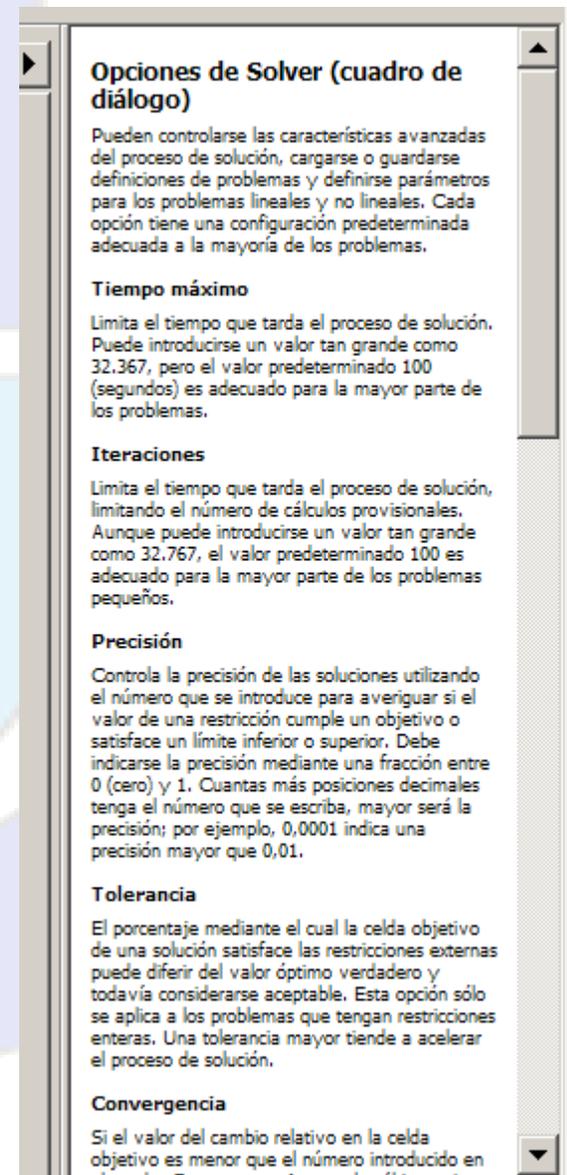
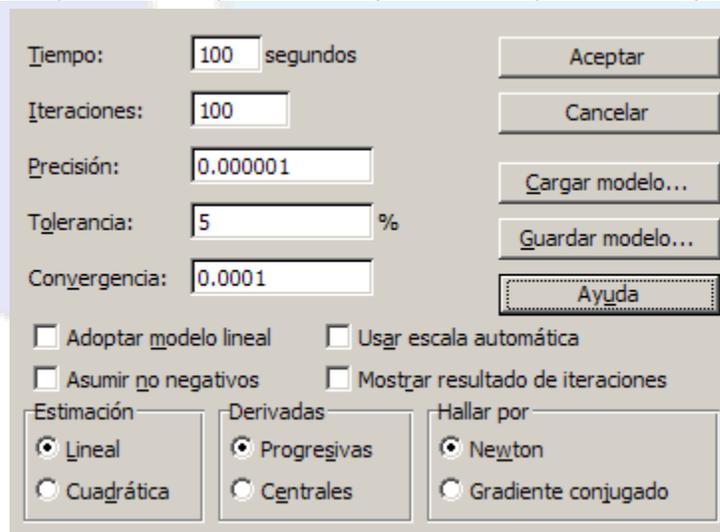
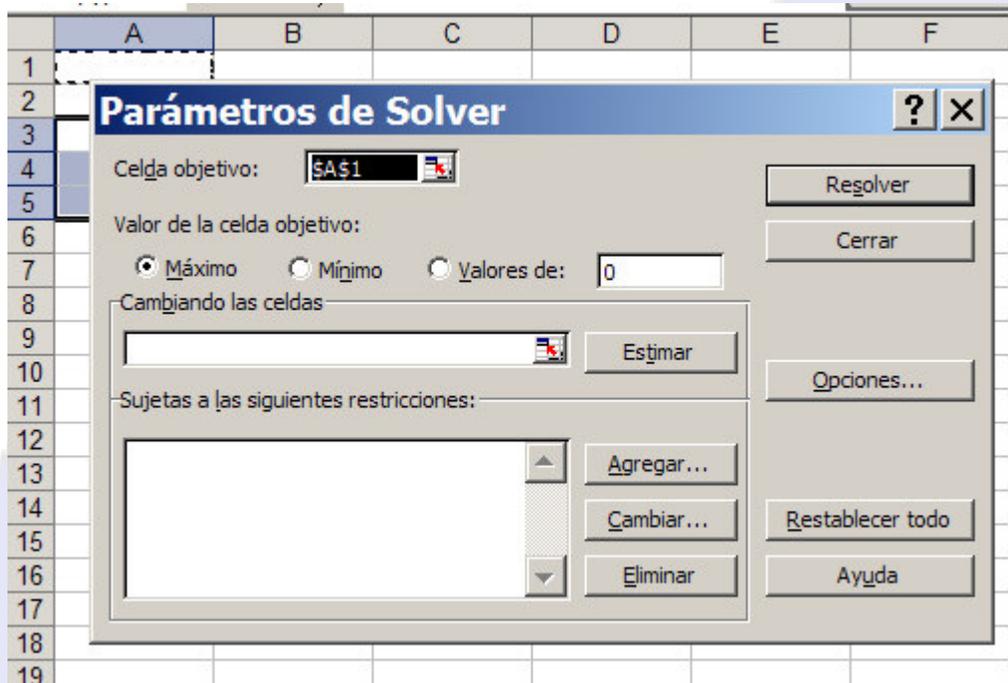
***Optimization Toolbox de Matlab***: Conjunto de programas para optimización, SQP, LP, QP para ser usado en conjunto con Matlab-Simulink.

***Optimizador de HYSYS***: Herramienta de optimización asociada a un modelo de Hysys en EE.

***GAMS***: Compilador algebraico con rutinas para diversos problemas de optimizacion.

## Herramienta Solver de Excel

La opción **Solver** de EXCEL sirve para resolver problemas de optimización lineal y no lineal; también se pueden indicar restricciones enteras sobre las variables de decisión. Con **Solver** es posible resolver problemas que tengan hasta 200 variables de decisión, 100 restricciones explícitas y 400 simples (cotas superior e inferior o restricciones enteras sobre las variables de decisión). Para acceder a **Solver**, seleccione **Tools** en el menú principal y luego **Solver**. La ventana con los parámetros de Solver aparecerá tal y como se muestra a continuación:





**Guía practica en labcontrol.cl**

**Help de excel**

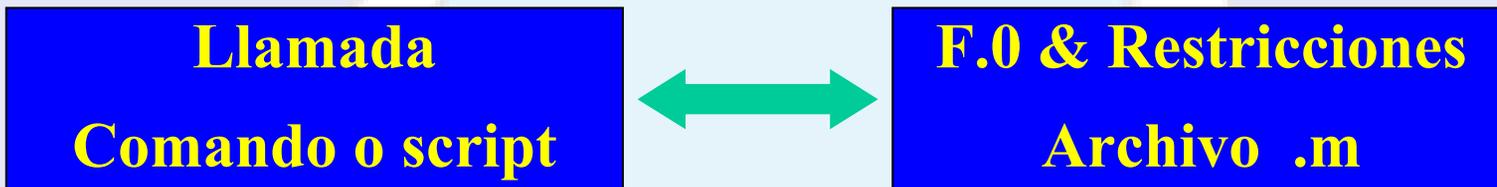
**[www.solver.com](http://www.solver.com)**



## Optimization Toolbox de Matlab.

Conjunto de programas para problemas específicos de optimización. Están definidos como funciones que se invocan como comandos de Matlab o dentro de scripts.

La F.O y las restricciones se especifican como archivos de matlab \*.m



```
x0 = [-1 1];
% Set optimization options:
options = optimset('LargeScale','off');
[x, fval, exitflag, output] = fminunc(objfun,
    x0, options);

Optimization terminated successfully:
% The optimizer has found a solution at:

x = 0.5000 -1.0000
```

The screenshot shows the MATLAB Editor/Debugger window with the following code:

```
function f = objfun(x)
% objective function

% Copyright (c) 1990-98 by The MathWorks, Inc.
% $Revision: 1.2 $ $Date: 1998/07/21 22:50:22 $

f=exp(x(1)) * (4*x(1)^2 + 2*x(2)^2 + 4*x(1)*x(2) + 2*x(2) + 1);
```

## I. Rutinas para optimización en MATLAB

### Nonlinear minimization of functions.

- fminbnd** - Scalar bounded nonlinear function minimization.
- fmincon** - Multidimensional constrained nonlinear minimization.
- fminsearch** - Multidimensional unconstrained nonlinear minimization, by Nelder-Mead direct search method.
- fminunc** - Multidimensional unconstrained nonlinear minimization.
- fseminf** - Multidimensional constrained minimization, semi-infinite constraints.

### Nonlinear minimization of multi-objective functions.

- fgoalattain** - Multidimensional goal attainment optimization
- fminimax** - Multidimensional minimax optimization.

### Linear least squares (of matrix problems).

- lsqlin** - Linear least squares with linear constraints.
- lsqnonneg** - Linear least squares with nonnegativity constraints.

### Nonlinear least squares (of functions).

- lsqcurvefit** - Nonlinear curvefitting via least squares (with bounds).
- lsqnonlin** - Nonlinear least squares with upper and lower bounds.

### Nonlinear zero finding (equation solving).

- fzero** - Scalar nonlinear zero finding.
- fsolve** - Nonlinear system of equations solve (function solve).

### Minimization of matrix problems.

- linprog** - Linear programming.
- quadprog** - Quadratic programming.

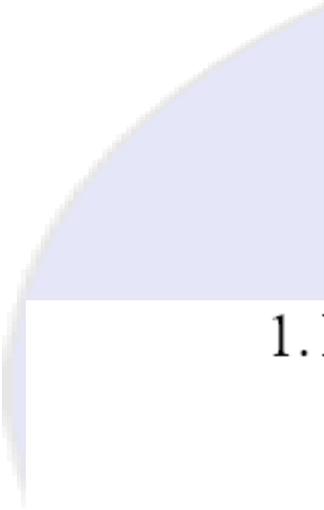


I. Minimización de funciones de una variable

$$\min f(x)$$

*sujeta a*

$$x_1 \leq x \leq x_2$$



Estructura en Matlab

[x,fval,exitflag,output]= **fminbnd** ( fun,x1,x2,options )

1. Minimización de funciones sin restricciones

$$\min f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Estructura en Matlab

[x,fval,exitflag,output,grad,hessian] =

**fminunc**( fun,x0,options )



## 2. Minimización de una función con restricciones

$$\min f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

sujeta a

$$A\underline{x} \leq \underline{b}$$

$$A_{eq}\underline{x} = \underline{b}_{eq} \text{ restricciones lineales}$$

$$C\underline{x} \leq \underline{0}$$

$$C_{eq}\underline{x} = \underline{0} \text{ restricciones no lineales}$$

$$\text{y con } \underline{x}_{lb} \leq \underline{x} \leq \underline{x}_{ub}$$

Estructura en Matlab

[x,fval,exitflag,output,lambda,grad] =

**fmincon**( f,x0,A,b,Aeq,beq,xlb,xub,nonlcon,options )

### 3. Minimización de una función cuadrática

$$\min \frac{1}{2} (x_1, x_2, \dots, x_n)^T [M] (x_1, x_2, \dots, x_n) + \underline{d}^T (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

sujeta a

$$A\underline{x} \leq \underline{b}$$

$$A_{eq} \underline{x} = \underline{b}_{eq}$$

$$\underline{x}_{lb} \leq \underline{x} \leq \underline{x}_{ub}$$

Estructura en Matlab

[x,fval,exitflag,output,lambda] =

**quadprog**( M,d,A,b,Aeq,beq,xlb,xub,x0,options )

#### 4. Minimización del problema de programación lineal

$$\min \underline{c}^T (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

sujeta a

$$A\underline{x} \leq \underline{b}$$

$$A_{eq} \underline{x} = \underline{b}_{eq}$$

Estructura en Matlab

[x,fval,exitflag,output,lambda] =

**linprog**( f,a,b,aeq,beq,lb,ub,x0,options )

## 5. Mínimos cuadrados no lineales

$$\min \sum_{k=1}^p [f_k(x_1, x_2, \dots, x_n)]^2$$

sujeta a

$$\underline{x}_{lb} \leq \underline{x} \leq \underline{x}_{ub}$$

Estructura en Matlab

`[x,resnorm,residual,exitflag,output,lambda,jacobian] =`

`lsqnonlin( fun,x0,lb,ub,options )`

Ejemplo :

1. Se desea calcular el trabajo mínimo del sistema de compresión de metano desde 15 Psia y 70°F hasta 1000 Psia para un sistema de tres etapas, indique los valores de las presiones intermedias P2 y P3.

Datos:

$$\gamma = 1.32 \quad R = 10.731 \text{ Psia ft}^3/\text{lbmol R}$$

$$Wt = \frac{RT\gamma}{M(\gamma - 1)} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} + \left( \frac{P_3}{P_2} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} + \left( \frac{P_4}{P_3} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 3 \right]$$

Desarrollo en clases

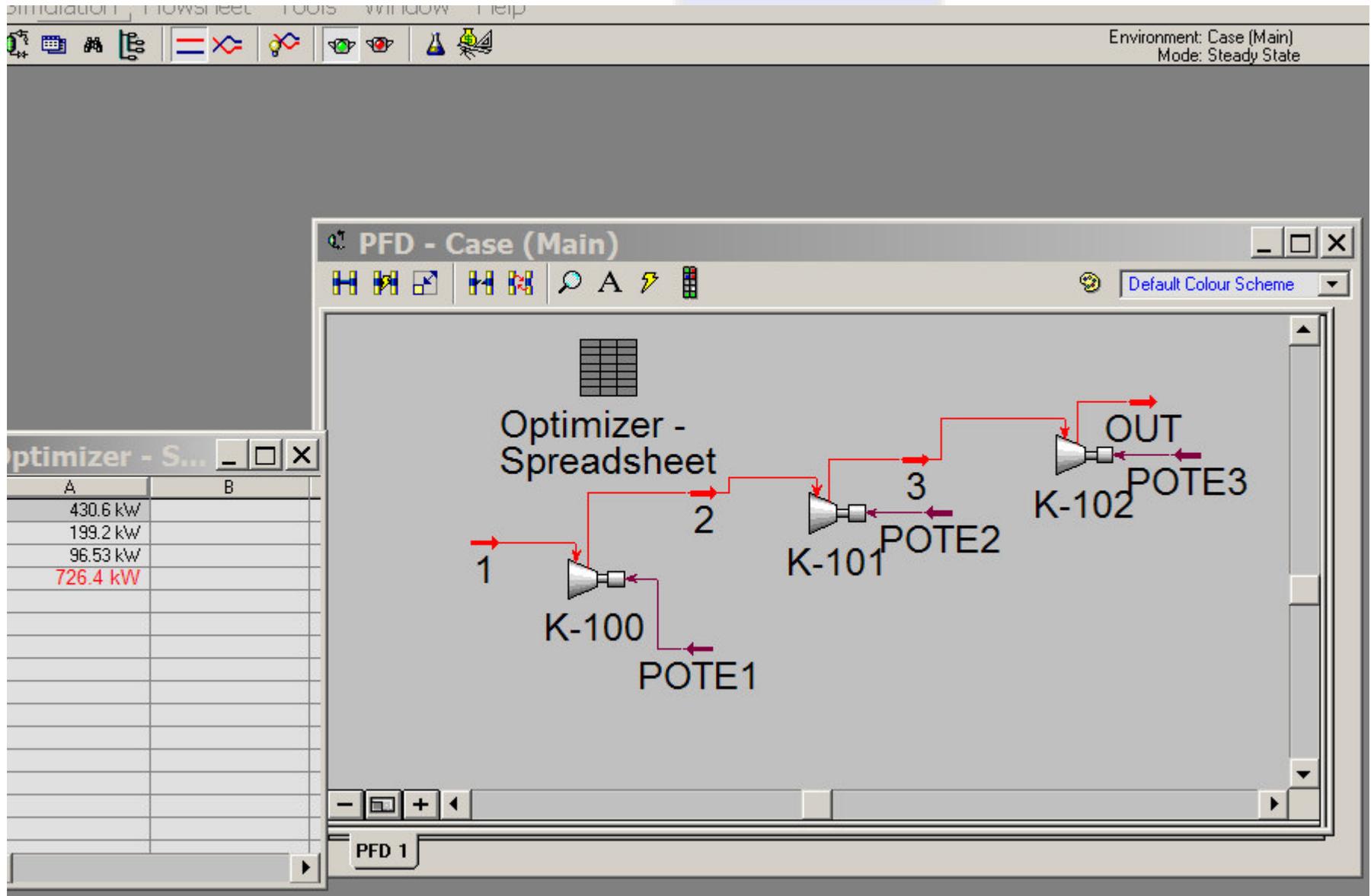
## Optimizador de Hysys

Hysys tiene un optimizador asociado a un modelo resuelto en estado estacionario.

Invocando el optimizador (*menu simulation*) y mediante una planilla dedicada (*optimizer spreadsheet*) se puede especificar la función objetivo, las variables de decisión, las restricciones y los parámetros del optimizador.

Dependiendo de la licencia se puede acceder a diferentes versiones del optimizador.

Detalles de su uso en el manual OperationGuide de hysys capitulo 13. ver en [www.labcontrol.cl](http://www.labcontrol.cl)



**Optimizer**

Adjusted (Primary) Variables

Object	Variable Description	Low Bound	Current Value	High Bound	Reset Value	Enabled
2	Pressure	1.000	300.0	300.0	<empty>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Pressure	300.0	768.2	1000	<empty>	<input checked="" type="checkbox"/>

**Optimizer**

Cell:   Minimize  Maximize  
 Current Value: 726.375845

Constraint Functions

Num	LHS Cell	Current Value	Cond	RHS Cell	Current Value	Penalty Value

**Optimizer**

Optimizer Parameters

Scheme	SQP
Maximum Function Evaluations	300
Tolerance	1.000e-05
Maximum Iterations	30
Maximum Change/Iteration	0.3000
Shift A	1.000e-04
Shift B	1.000e-04

**Optimizer**

Optimizer Monitor Information

Iteration	Cum. Func. Eval.	Objective Function	Pressure [psig]	Pressure [psig]
8.00000	40.0000	1275.96	300.000	1000.00
7.00000	35.0000	1311.83	300.000	982.723
6.00000	30.0000	1469.54	300.000	912.723
5.00000	25.0000	1650.51	300.000	842.723
4.00000	20.0000	1849.60	300.000	775.759
3.00000	15.0000	1871.38	300.000	768.966
2.00000	10.0000	1873.58	300.000	768.286
1.00000	5.00000	1873.80	300.000	768.218