Software de optimización
Clase 15/17

Investigación Operativa UTN FRBA 2021
Curso: I4051
Elaborado por: Rodrigo Maranzana
Docente: Martín Palazzo

Software de Optimización

INTERFAZ / WRAPPER

- Python – scipy.optimize.linprog / PuLP
- MATLAB – LinProg / IntLinProg
- Julia – Jump.jl
- GAMS
- IBM ILOG
- Gusek
- Excel
- …..

SOLVER

- Gurobi
- CPLEX
- GLPK
- Xpress
- COIN-OR (Cbc)
- Clp
- Mosek
- …..

Ejemplo en Excel

$$max\ z = 5x + 3y$$

$$st:$$

$$3x + 2y \leq 2400$$

$$y \leq 800$$

$$2x \leq 1200$$

Tutorial de Microsoft para agregar add-in Solver de Excel:
https://support.office.com/es-es/article/carga-del-complemento-solver-en-excel-2016-612926fc-d53b-46b4-872c-e24772f078ca

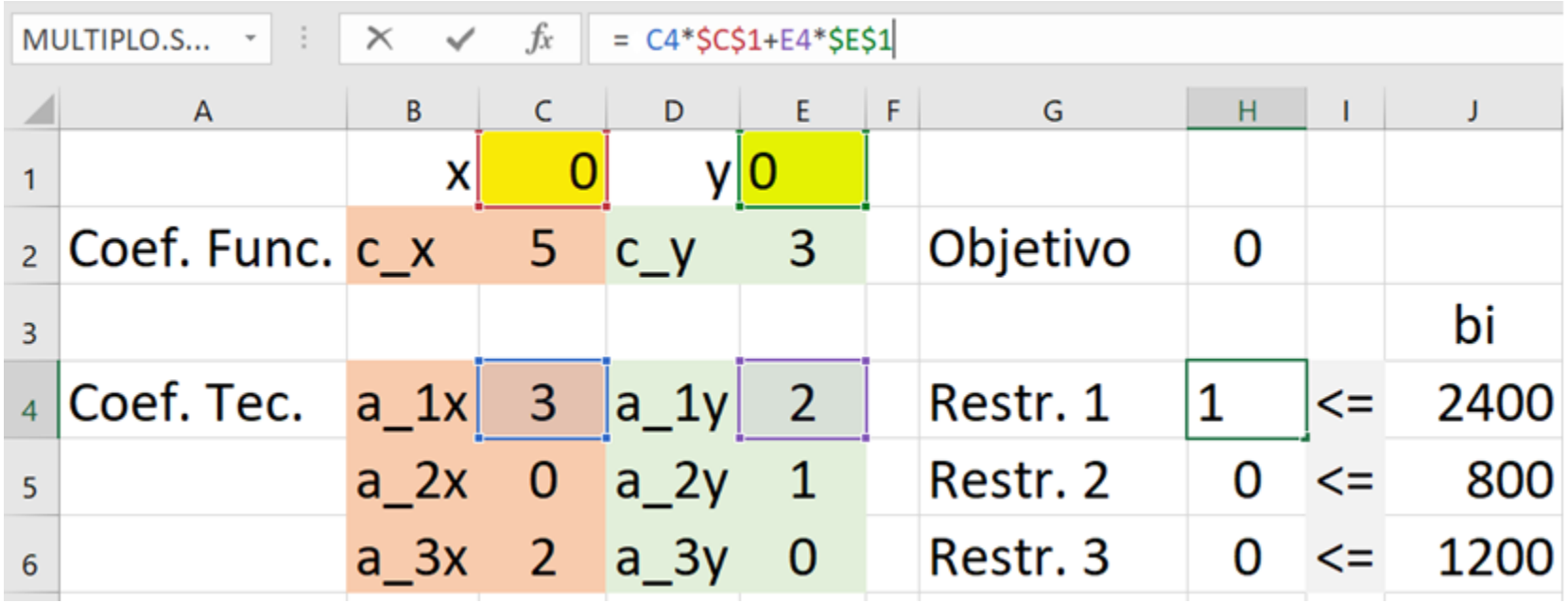
Ejemplo en Excel

Ingresamos los datos del problema y armamos el diseño de la planilla:

	A	B	C	D	E	F
1		x	0	y	0	
2	Coef. Func.	c_x	5	c_y	3	
3						
4	Coef. Tec.	a_1x	3	a_1y	2	
5		a_2x	0	a_2y	1	
6		a_3x	2	a_3y	0	

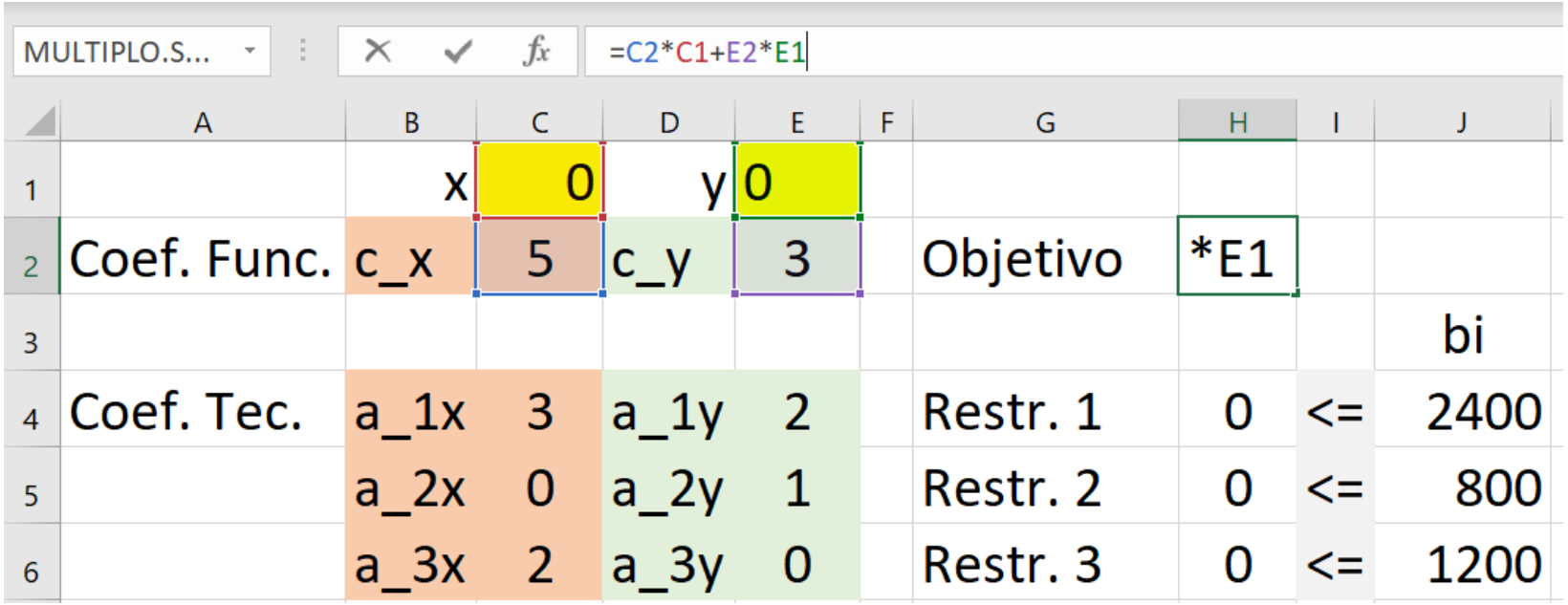
Ejemplo en Excel

Armamos las funciones de excel para las restricciones:



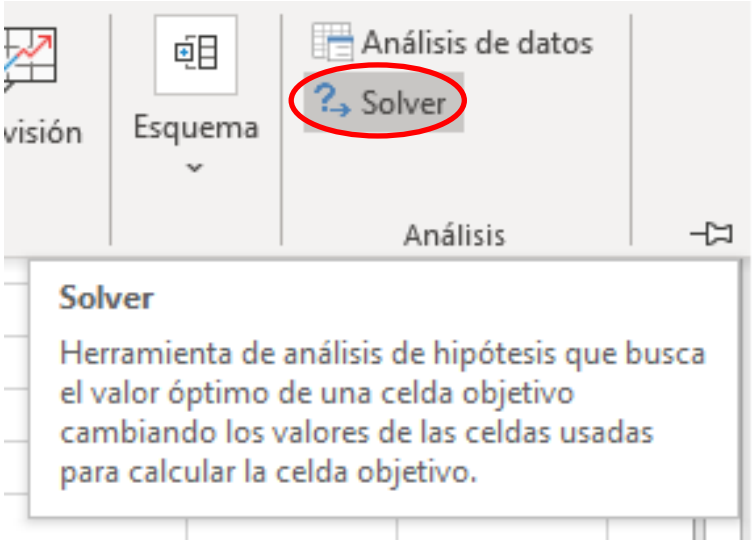
Ejemplo en Excel

Armamos la función de excel para el funcional del modelo:

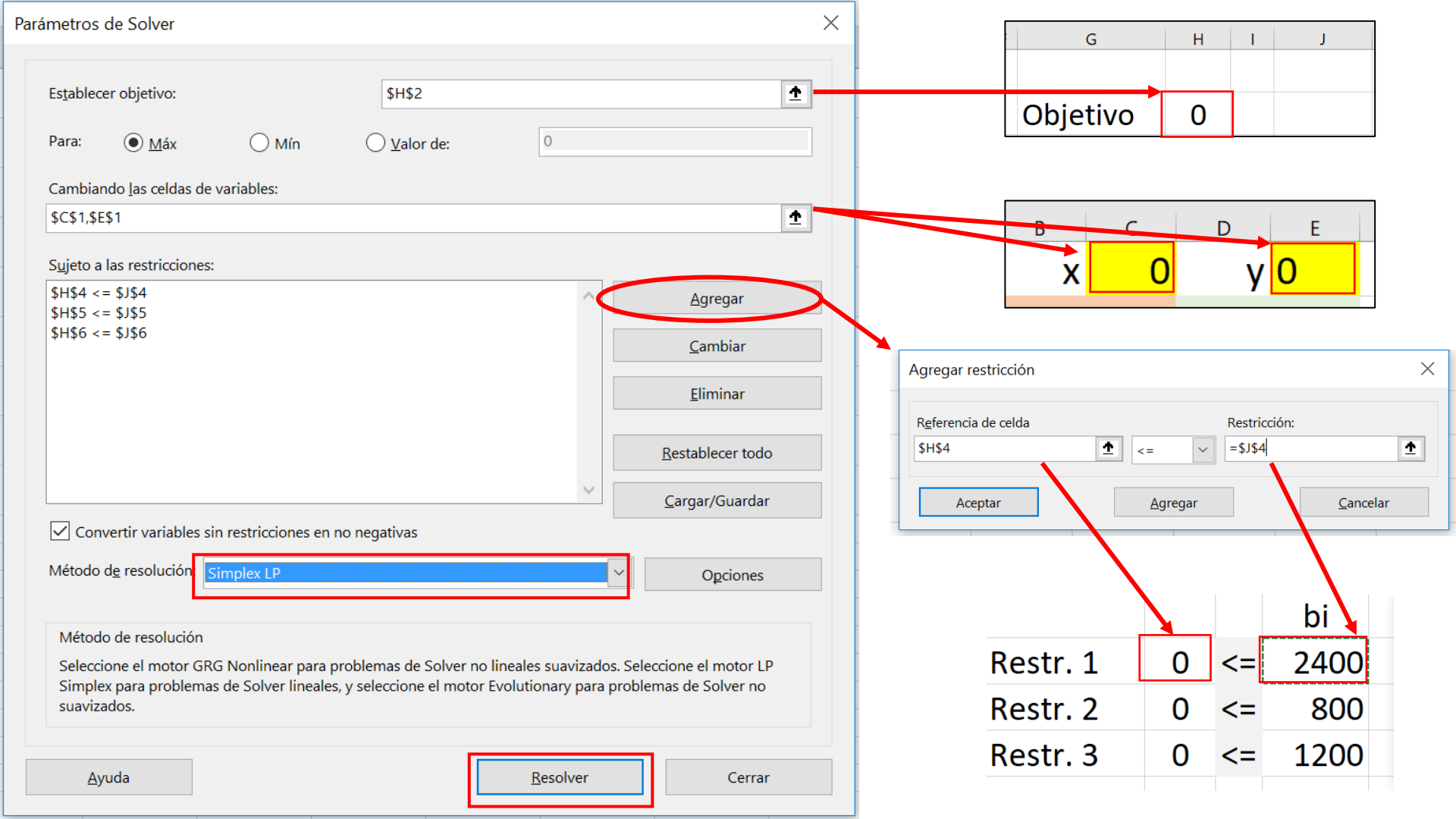


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		x	0	y	0					
2	Coef. Func.	c_x	5	c_y	3		Objetivo	*E1		
3										bi
4	Coef. Tec.	a_1x	3	a_1y	2		Restr. 1	0	<=	2400
5		a_2x	0	a_2y	1		Restr. 2	0	<=	800
6		a_3x	2	a_3y	0		Restr. 3	0	<=	1200

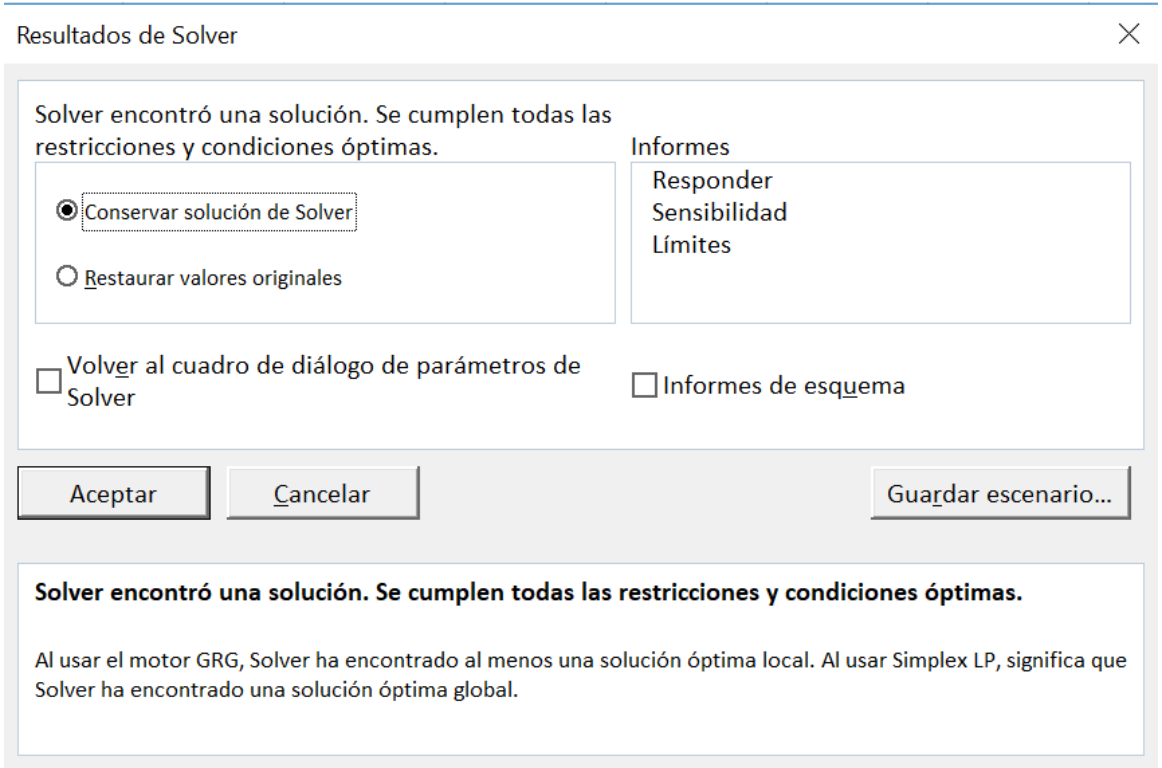
Ejemplo en Excel



Tutorial de Microsoft para agregar add-in Solver de Excel:
https://support.office.com/es-es/article/carga-del-complemento-solver-en-excel-2016-612926fc-d53b-46b4-872c-e24772f078ca


Parámetros de Solver
Establecer objetivo:
H2
Para:
Máx
Mín
Valor de:
0
Cambiando las celdas de variables:
C1,E1
Sujeto a las restricciones:
H4 <= J4
H5 <= J5
H6 <= J6
Agregar
Cambiar
Eliminar
Restablecer todo
Cargar/Guardar
Convertir variables sin restricciones en no negativas
Método de resolución:
Simplex LP
Opciones
Método de resolución
Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.
Ayuda
Resolver
Cerrar
G
H
I
J
Objetivo
0
B
C
D
E
x
0
y
0
Agregar restricción
Referencia de celda
H4
<=
Restricción:
=J4
Aceptar
Agregar
Cancelar
bi
Restr. 1
0
<=
2400
Restr. 2
0
<=
800
Restr. 3
0
<=
1200

Ejemplo en Excel



Ejemplo en Excel

El solver pegó como valores los resultados:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1			x	600	y	300				
2	Coef. Func.	c_x	5	c_y	3		Objetivo	3900		
3										bi
4	Coef. Tec.	a_1x	3	a_1y	2		Restr. 1	2400	<=	2400
5		a_2x	0	a_2y	1		Restr. 2	300	<=	800
6		a_3x	2	a_3y	0		Restr. 3	1200	<=	1200

Ejemplo en PuLP de Python

$$max\ z = 5x + 3y$$
$$st:$$
$$3x + 2y \leq 2400$$
$$y \leq 800$$
$$2x \leq 1200$$

Paquete PuLP: https://pypi.org/project/PuLP/

Jupyter Notebook asociado: **ejercicio02.ipynb**

Ejemplo en PuLP de Python

Importamos el paquete y definimos un problema lineal de maximización:

```
import pulp

lp = pulp.LpProblem("ejercicio02", pulp.LpMaximize)
```

Solver por defecto: COIN-OR

Ejemplo en PuLP de Python

Creamos las variables de decisión:

```
# Variables:
x = pulp.LpVariable('x', lowBound=0, cat='Continuous')
y = pulp.LpVariable('y', lowBound=0, cat='Continuous')
```

Ejemplo en PuLP de Python

$$max\ z = 5x + 3y$$

st:

$$3x + 2y \leq 2400$$
$$y \leq 800$$
$$2x \leq 1200$$

```
# Función objetivo:
lp += 5*x + 3*y, "Z"
```

```
# Restricciones
lp += 3*x + 2*y <= 2400
lp +=         y <=  800
lp += 2*x       <= 1200
```

Ejemplo en PuLP de Python

Resolver modelo:

```
lp.solve()
```

Imprimir resultados:

```
print(pulp.LpStatus[lp.status])

for variable in lp.variables():
    print(f"{variable.name:s} = {variable.varValue:.2f}")

print(pulp.value(lp.objective))
```

Ejemplo en PuLP de Python

Output:

```
Optimal
x = 600.00
y = 300.00
3900.0
```

Ejemplo en PuLP de Python

Output de casos particulares:

Incompatible

```
Infeasible
x = 1600.00
y = 2400.00
13600.0
```

No acotado

```
Unbounded
x = 0.00
y = 0.00
0.0
```

Jupyter Notebook asociados: **incompatible.ipynb, no_acotado.ipynb**

Planificación de la producción

Se busca optimizar el plan de producción para el año siguiente. Desde el sector comercial se proveen las proyecciones de demanda mensual.

Por otro lado, el departamento de Ingeniería de planta nos provee todos los parámetros correspondientes a la capacidad instalada. Nos informan, además, que en Diciembre se realiza el mantenimiento preventivo y no podrá producirse.

Ingeniería de procesos cuenta con información sobre la cadencia media de los empleados.

Por último, desde el sector de RRHH nos envían información sobre el personal, suspensiones, costos asociados y nuevas reglamentaciones como la imposibilidad de despedir empleados.

Jupyter Notebook asociado: planificacion.ipynb

Planificación de la producción

Las variables:

PN_t, PE_t son la producción normal y extra del mes t;

I_t es el nivel de inventario del mes t;

¡84 variables!

DN_t, DS_t y DC_t es la dotación normal, suspendida y contratada en el mes t;

Q_t es la cantidad tercerizada en el mes t.

Los parámetros:

d_t es la cantidad demandada en el mes t

cpn y **cpe**, son el costo de producir una unidad en horas normales y extra;

ci el costo de mantener inventario;

cdn, **dcs** y **cdc**, son el costo por personal trabajando, suspendido y contratado;

cq, es el costo por tercerizar;

wnMax y **weMax**, son la cantidad maxima de horas normales y extra que puede trabajar una persona, por mes;

iMax, es la cantidad máxima de inventario;

dMin y **dMax**, son la dotación trabajando máxima y mínima;

Planificación de la producción

$$Min\ Z = \sum_t [cpn * PN_t + cpe * PE_t + ci * I_t + cdn * DN_t + cds * DS_t + cdc * DC_t + cq * Q_t]$$

s.a.

$$PN_t + PE_t + I_{t-1} + Q_t = d_t + I_t\ ;\ \forall t$$ **Balance de producción**

$$PN_{12}, PE_{12} = 0$$ **Mantenimiento preventivo**

$$\alpha * PN_t \leq wnMax * DN_t$$ **Límite de horas productivas**

$$\alpha * PE_t \leq weMax * DN_t$$

$$DN_t + DS_t = DN_{t-1} + DS_{t-1} + DC_t\ ;\ \forall t$$ **Balance de personal**

$$I_t \leq iMax\ ;\ \forall t$$ **Inventario máximo**

$$dMin \leq DN_t \leq dMax\ ;\ \forall t$$ **Personal máximo y mínimo**

$$PN_t, PE_t, I_t, DN_t, DS_t, DC_t, Q_t \geq 0$$ **Positividad**

$$DN_t, DS_t, DC_t \in Z$$ **Enteros**

Planificación de la producción

~~Puedo usar **SIMPLEX**?~~

Es un caso de: Mixed Integer Linear Programming