

Este documento se cita como

Garcia-Sabater, Jose P. (2021)  
 Programación Matemática en Python con PULP  
 RIUNET Repositorio UPV  
<http://hdl.handle.net/10251/158416>

## Contenido

Tutorial para comenzar a programar en Python .....	2
Introducción .....	2
Instalación.....	3
Comenzando.....	4
Un poco de teoría .....	6
Paquetes o librerías .....	6
Variables .....	7
Listas .....	8
Diccionarios .....	10
Tuplas.....	11
Condicionales.....	11
Bucles.....	12
Definición de funciones .....	12
Leyendo datos de fuentes externas .....	13
Ficheros de texto .....	13
Ficheros excel .....	14
Entregando datos con gráficos .....	15
La librería (o paquete) PULP .....	16
ANEXO 1: Instalar geany .....	27
ANEXO 2: Instalando paquetes.....	28
ANEXO 3: Un ejemplo para aprender Python. ....	30
Describir el problema: .....	30
Modelado .....	30
ANEXO 4: Otro problema para practicar con el pulp .....	36

Enunciado del problema..... 36

Modelado ..... 37

    Indices..... 37

    Parámetros ..... 37

    Variables ..... 38

    Objetivo ..... 38

    Restricciones..... 38

Instalar PULP..... 39

La carga de datos ..... 41

La generación del modelo en pulp ..... 45

Salida de resultados..... 47

## TUTORIAL PARA COMENZAR A PROGRAMAR EN PYTHON

Disclaimer: El autor no sabe nada de programación, ni de Python, ni en general de informática. Es únicamente profesor de Ingeniería Industrial.

Únicamente pretende que sus alumnos le pierdan miedo a una herramienta que requiere horas para conseguir a hacer “pinitos”.

Dudo mucho que mis alumnos dediquen su vida a programar. Pero no dudo que mis alumnos han de decidir si quieren que de su trabajo mande un ordenador o que su trabajo sea mandar a ordenadores.


Mis alumnos no saben de Python ni de otros lenguajes modernos.

Mis alumnos ya dieron programación (codificación) en primero de grado. Así que saben lo que son las variables y las funciones, y los bucles y todo eso. Y además mis alumnos son gente a la que no les molesta explorar y equivocarse, vamos que les gusta aprender.

**Si no eres como mis alumnos, este manual te va a parecer un caos y/o una pérdida de tiempo. No sigas leyendo, no vale la pena.**

## INTRODUCCIÓN

Para hacer este manual he visitado muchas páginas de internet y he visto muchos vídeos de youtube. Algunos son muy buenos, otros no tanto. Pero sobre todo me gustan estos:

 <p>This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.</p>	<p>Python y PULP  <a href="http://hdl.handle.net/10251/158416">http://hdl.handle.net/10251/158416</a>          ROGLE - UPV</p>	<p>2 de 49</p>
---	--	----------------

- <https://www.youtube.com/watch?v=rfscVS0vtbw>
- <https://www.youtube.com/watch?v=uQrJ0TkZlc>

El primero dura 4 horas y el segundo 6. El primero lo hice casi entero. El segundo lo puse a doble velocidad. Es un gran modo de aprender

Pero sobre todo se aprende preguntando la comunidad de stackoverflow y otras similares. Es casi imposible hacer una pregunta que no haya sido ya contestada)... aunque claro las preguntas hay que hacerlas en inglés.

## INSTALACIÓN

Cada uno sabrá el ordenador que tiene así que cada uno tendrá que resolver sus problemillas de instalación.

Python es un lenguaje y hay que instalarlo en el ordenador. Yo instalé al última versión r la última versión de Python 3 (cuando lo escribí 3.8.5) [python.org https://www.python.org/downloads/release/python-385/](https://www.python.org/downloads/release/python-385/) pero supongo que eso irá cambiando.

Seguí estas instrucciones: Como instalar Python en Windows 10 (<https://matthewhorne.me/how-to-install-python-and-pip-on-windows-10/>). Como todos los instaladores pide autorizaciones y demás.

**Muy importante** (por lo menos lo fue para mí) es que hagas una instalación personalizada para todos los usuarios del PC en la carpeta raíz. La primera vez no lo hice así y se puso a crear carpetas con nombres raros, largos y llenos de blancos y al final es un infierno programar.

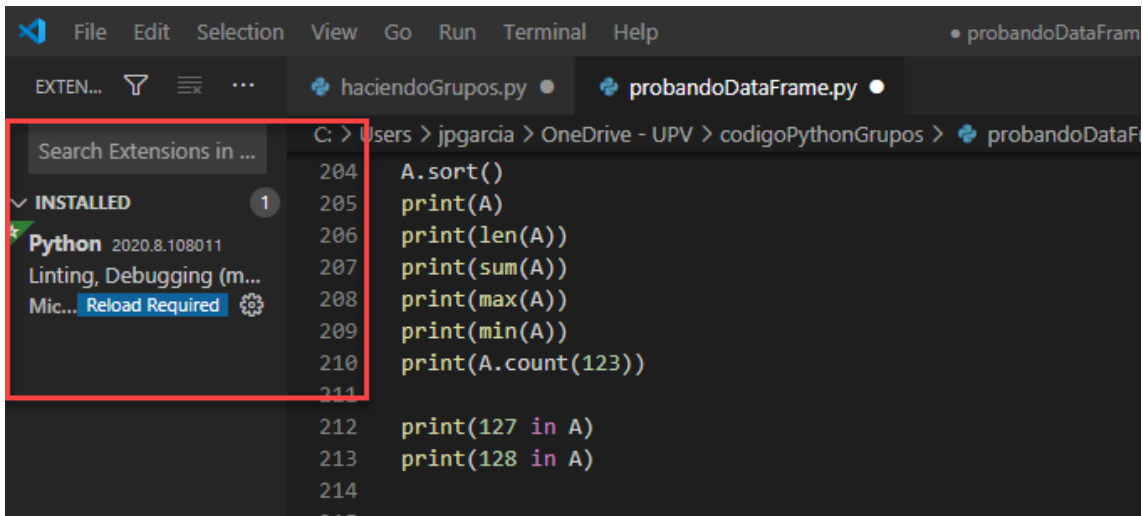
Para poder programar hace falta un editor. Yo instalé en mi ordenador *Geany* (tienes en el anexo como lo instalé). Mucha gente recomienda también *PyCharm* Pero ahora estoy trabajando con **visual studio code** y ese el que te recomiendo <https://code.visualstudio.com/>.

Si te lo descargas te dirá que puedes instalarte soporte para Python (harás bien en instalártelo) aunque eso solo sirve para que el fichero Python se vea mejor (un fichero Python es un fichero con la extensión .py)

Y cuando ya están instalados el VSCode y el Python se han de “conectar”. Porque el editor no sabe que tienes instalado el Python. Aquí lo explican bastante bien

<https://www.youtube.com/watch?v=QtWry1YNLks>

Se trata de ir a la ventana de extensiones y decirle que active el Python (que está allí) o por lo menos en mi caso estaba ;-)



Ya que estás instalando cosas aprovecha e instálale el PIP también

<https://tecnonucleous.com/2018/01/28/como-instalar-pip-para-python-en-windows-mac-y-linux/>

Ya te enterarás para que sirve cuando hable de paquetes

## COMENZANDO

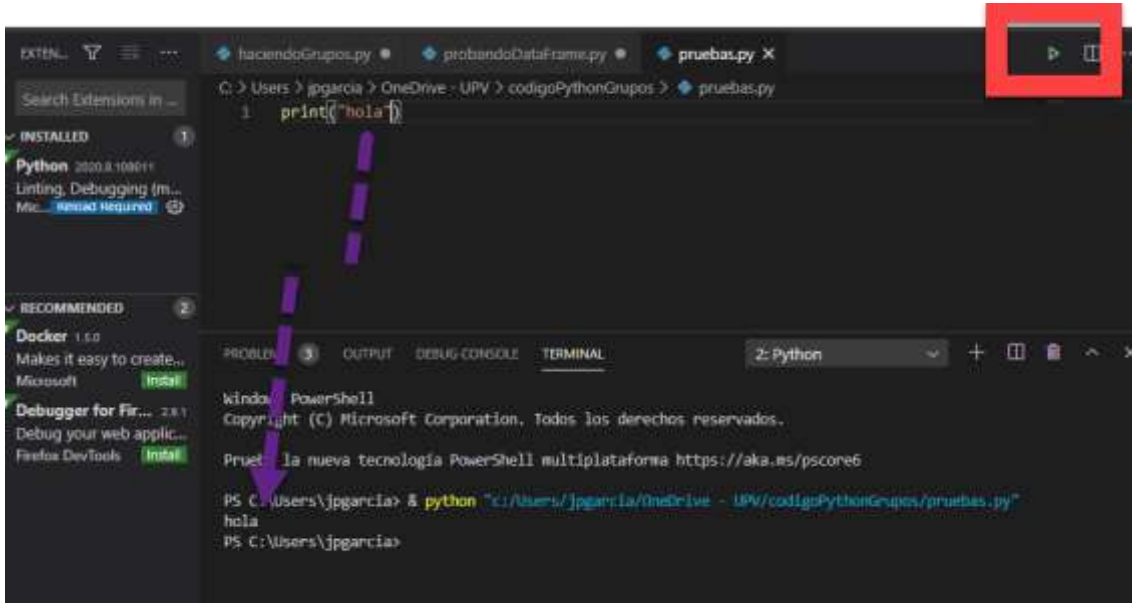


La pantalla tiene dos partes principales la zona donde escribes código y la consola.

 <p>This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.</p>	<p>Python y PULP  <a href="http://hdl.handle.net/10251/158416">http://hdl.handle.net/10251/158416</a>          ROGLE - UPV</p>	<p>4 de 49</p>
---	--	----------------

## Programación Matemática en Python con PULP

Si creas un fichero (con la extensión .py) en la que solo hagas `print("hola")` en la consola y le das al play (el botón verde) pues escribe hola



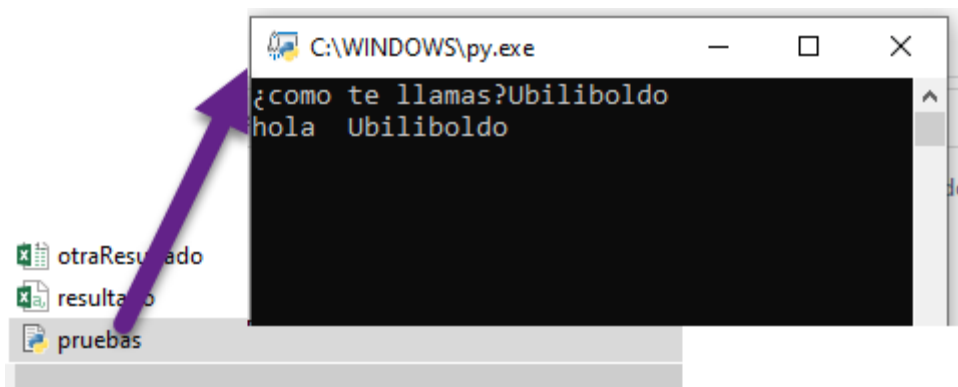
Pero es que es más. Si escribes en el fichero

```

1 a= input("¿como te llamas?")
2 print("hola ",a)
3 a=input()

```

Y grabas el fichero, y luego vas al explorador de Windows y buscas el fichero y lo ejecutas con doble click (si está asociado a Python)... Lo ejecuta también.



A estas alturas ya sabes que es una variable, y que es la función `print()` y la función `input` y que es la consola, y que se ponen paréntesis, y que los strings se ponen en naranja en el VSC

## UN POCO DE TEORÍA

### PAQUETES O LIBRERÍAS

Un paquete es una carpeta que tiene varios módulos. <https://tutorial.recursospython.com/modulos-y-paquetes/#:~:text=Un%20paquete%20es%20una%20carpeta,carpeta%20con%20la%20siguiente%20estructura.&text=Debe%20contener%20siempre%20un%20archivo,no%20de%20una%20simple%20carpeta.>

Por ejemplo, si quiero calcular números aleatorios puede crear mis propios algoritmos. Pero es más fácil que busque un paquete que ya tenga implementadas las funciones principales. <https://docs.python.org/3/library/random.html>

Instalar el paquete exige saber utilizar el PIP <https://tecnonucleous.com/2018/01/28/como-instalar-pip-para-python-en-windows-mac-y-linux/> que no es más que el programa que instala paquetes.

Pero luego en cada uno de tus programas deberás importar el paquete o los módulos que te interesan. Esto es así para que los programas no estén llenos de paquetes inútiles (como las aplicaciones malas de móvil)

```
from tkinter.filedialog import askopenfilename
import csv
import pandas as pd
import numpy as np
```

Puedes importar todo el módulo o solo algún atributo, y puedes ponerle un alias (as) para facilitar su uso o solo para que no haya conflictos. <https://likegeeks.com/es/modulos-de-python/>



```

1 import random
2
3 for i in range(30):
4     print(random.randint(0,i), "es un número aleatorio entre",0," y ",i)

```

PROBLEMS 3 OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL 2: Python

Windows PowerShell  
Copyright (C) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

Prueba la nueva tecnología PowerShell multiplataforma <https://aka.ms/pscore6>

PS C:\Users\jpgarcia> & python "c:/Users/jpgarcia/OneDrive - UPV/codigoPythonGrupos/pruebas.py"

```

0 es un número aleatorio entre 0 y 0
1 es un número aleatorio entre 0 y 1
0 es un número aleatorio entre 0 y 2
1 es un número aleatorio entre 0 y 3
0 es un número aleatorio entre 0 y 4
5 es un número aleatorio entre 0 y 5
5 es un número aleatorio entre 0 y 6
2 es un número aleatorio entre 0 y 7
2 es un número aleatorio entre 0 y 8
5 es un número aleatorio entre 0 y 9
0 es un número aleatorio entre 0 y 10
7 es un número aleatorio entre 0 y 11
8 es un número aleatorio entre 0 y 12
3 es un número aleatorio entre 0 y 13
11 es un número aleatorio entre 0 y 14
15 es un número aleatorio entre 0 y 15
7 es un número aleatorio entre 0 y 16
10 es un número aleatorio entre 0 y 17
14 es un número aleatorio entre 0 y 18
15 es un número aleatorio entre 0 y 19
8 es un número aleatorio entre 0 y 20
8 es un número aleatorio entre 0 y 21
19 es un número aleatorio entre 0 y 22
8 es un número aleatorio entre 0 y 23
20 es un número aleatorio entre 0 y 24
17 es un número aleatorio entre 0 y 25
12 es un número aleatorio entre 0 y 26
21 es un número aleatorio entre 0 y 27
15 es un número aleatorio entre 0 y 28
15 es un número aleatorio entre 0 y 29
PS C:\Users\jpgarcia>

```

## VARIABLES

Una variable es un sitio donde guardamos algún tipo de dato <https://www.tutorialpython.com/variables-en->

 <p>This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.</p>	<p>Python y PULP <a href="http://hdl.handle.net/10251/158416">http://hdl.handle.net/10251/158416</a> ROGLE - UPV</p>	<p>7 de 49</p>
---	--	----------------

[python/#:~:text=Tipos%20de%20variables%20en%20python,de%20uno%20u%20otro%20tipo](#)

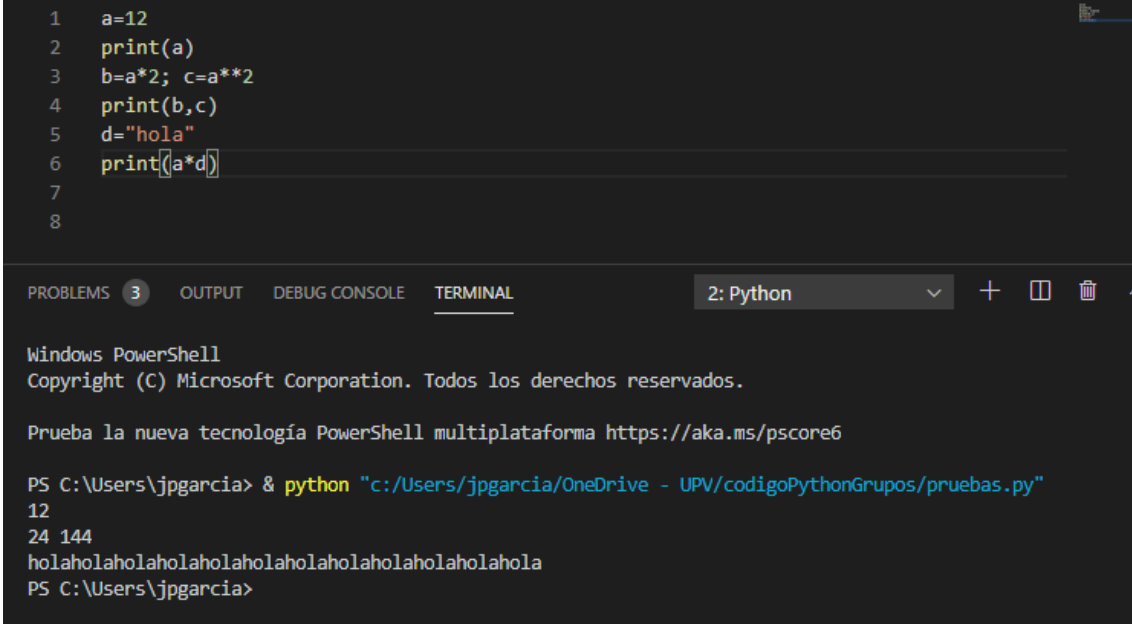
Los datos pueden ser booleanos, caracteres, cadenas de caracteres –strings-, números, (enteros, float...)

Si quiero transformar un entero en un string se utiliza la función `str()`. Si quiero transformar un entero en un string utilizo la función `int()`.

```

1  a=12
2  print(a)
3  b=a*2; c=a**2
4  print(b,c)
5  d="hola"
6  print([a*d])
7
8

```



Las variables son (en general) locales de la función en la que están desarrollándose. Si queremos que sean globales y están en una función hay que denominarlas **global**. Pero aún estás lejos de saber eso para qué sirve.

## LISTAS

Lo más característico del Python (desde mi punto de vista de extraño a todo esto) son las listas.

Una lista es una estructura de datos formada por una secuencia ordenada de objetos. <https://devcode.la/tutoriales/listas-python/> Un objeto puede ser datos (cualquier tipo de datos) o incluso funciones. En realidad las listas son un tipo de algo más profundo (iterators, iterables... de los que no tengo mucha idea <https://es.stackoverflow.com/questions/84591/diferencia-entre-objetos-iterable-iterator-y-secuencias-en-python-3>). Seguro que es muy útil pero no lo entiendo.

Sobre las listas se pueden hacer muchas cosas. Una cosa importante a saber es que el primer elemento es el cero, y el segundo es el 1. Y algunas cosas que se pueden hacer con las listas son las siguientes:

Crear	A=[1,1,2,3,5,8]	[1,1,2,3,5,8]
-------	-----------------	---------------



	<code>print(A)</code>	
Acceder	<code>A[1]=123</code> <code>print(A)</code>	[1,123,2,3,5,8]
Recorrer	<code>for elem in A:</code> <code>    print(A[i])</code>	1 123 2 3 5 8
Elegir subconjuntos (slicing)	<code>print(A[1:3])</code> <code>print(A[:3])</code> <code>print(A[3:])</code>	[123,2,3] [1,123,2] [3,5,8]
insertar	<code>A.insert(2,"hola")</code> <code>print(A)</code>	[1,123,"hola",2,3,5,8]
Insertar al final	<code>A.append("adios")</code> <code>print(A)</code>	[1,123,"hola",2,3,5,8,"adios"]
Extender con otra lista	<code>A.extend([120,127])</code>	[1,123,"hola",2,3,5,8,"adios",120,127]
Identificar en qué posición están	<code>indice=A.index("hola")</code> <code>A[indice]=123</code> <code>print(A)</code>	[1,123,124,2,3,5,8,"adios",120,127]
Eliminar un elemento	<code>indice=A.index("adios")</code> <code>A.pop(indice)</code> <code>print(A)</code>	[1,123,123,2,3,5,8,120,127]
ordenar	<code>A.sort()</code> <code>print(A)</code>	[1,2,3,5,8,120,123,123,127] "solo funciona si todo son numeros o todo son strings"
invertir	<code>A.reverse()</code> <code>print(A)</code>	[127,123,123,120,8,5,3,2,1]

También podemos aplicar funciones como len,sum, min,max,count

longitud	print(len(A))	7
sumar	print(sum(A))	512
Máximo	print(max(A))	127
Mínimo	print(min(A))	1
Contar	print(count(123))	2
Buscar dentro	print(127 in A)	True
	print(128 in A)	False

Y hay muchos sitios en internet donde ponen muchas maneras de ejecutar más funciones, solo hay que preguntarle a google.

*Algo que compensa destacar es que si una lista es A y hago B=A. Entonces A y B serán la misma lista. Esto es, si cambio un elemento de A entonces lo cambio también de B. Si lo que quiero es copiar A en B entonces debo hacer B=A.copy()*

Y ¿qué ocurre cuando una lista es una lista de listas? ¿puedo multiplicar listas?

B=[[1,200],[3,4],[5,6,7]] print(B)	200
B=2*B print(B)	[[1, 2], [3, 4], [5, 6, 7], [1, 2], [3, 4], [5, 6, 7]]

Y por eso quizá compensa no dar por supuesto lo que se sabe de las listas.

Los más viejos utilizábamos vectores (arrays se llamaban) y estos estaban formados por datos que eran idénticos entre sí. Por eso es posible que nos sintamos más cómodos utilizando el paquete numpy y las funciones asociadas a numpy.array  
<https://jakevdp.github.io/PythonDataScienceHandbook/02.02-the-basics-of-numpy-arrays.html>

### DICCIONARIOS

Los diccionarios son estructuras de datos que es muy parecido a una lista pero que está pensada para que podamos acceder a los datos a través de claves más que a través de posiciones. Son diccionarios a partir de la clave buscamos dentro.

D={12:'Hola', 'Cosa': 3, 125 : 25, "bonjour": "guten tag"}	
print(D[12], D['bonjour'])	Hola guten tag
print(D['Cosa'], D[125])	3 25

### TUPLAS

Y aquí ya alcanzo el límite de mi conocimiento. Las tuplas son conjuntos ordenado e inmutables de elementos del mismo tipo.  
<https://www.mclibre.org/consultar/python/lecciones/python-tupla.html#:~:text=Qu%C3%A9%20son%20las%20tuplas,par%C3%A9ntesis%20y%20separados%20por%20comas.>

No sé para que sirven, ni porqué queremos que sean inmutables pero resulta que el paquete de programación matemática pulp las utiliza. Así que yo las utilizo

### CONDICIONALES

Desde mi punto de vista programar consiste en leer y modificar valores de variables utilizando bucles y condicionales.

El clásico **Si (condición) Entonces Ejecuta** se escribe utilizando una de las particularidades más especiales de Python para mí: **la indentación (tabulación) como modo de estructurar el código.**

Es elegante y confuso a la vez.

Aunque más confuso es saber porque se puede indentar con espacios o con tabuladores (y a veces el compilador acepta ambas y otras veces da error). Muy de freakies todo ([https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=8&v=SsoOG6ZeyUI](https://www.youtube.com/watch?time_continue=8&v=SsoOG6ZeyUI))

Volviendo a los condicionales. La estructura básica es

```
if (condicion1): -bloque1- elif condicion2: -bloque2- else bloque3
```

```
a=int(input("cuantos años tienes?"))

if a<22:
    print("¿tan joven? Pues no lo aparentas")
elif a<30:
    print("yo tengo un primo que es de tu edad")
else:
    print("¿de verdad? Pues no parece ser tan viejo")
```

Y las condiciones (funciones que generan booleanos)

A>=B,A<B,	comparan
-----------	----------

A==B y A!=B	Igual o distinto
A in B y not(B in A)	Uno dentro de otro

La función in funciona de manera diferente si es una lista o un diccionario

## BUCLES

Y ahora a los loops. Para mostrar un loop con un for utilizo un modo de calcular los primeros 100 numeros de la serie de Fibonacci

```
A1=1; print(A1)
A2=1; print(A2)
suma=A1+A2
for i in range(10):
    print(suma)
    A1=A2
    A2=suma
    suma=A1+A2
```

Fíjate que para indicar lo que hay dentro del loop lo ha indentado (tabulado)

Y un loop condicional (un **while**), la misma serie pero parará cuando alcance un valor de 10.000 o más

```
A1=1; print(A1)
A2=1; print(A2)
Suma=A1+A2
while suma<10.000:
    print(Suma)
    A1=A2
    A2=suma
    suma=A1+A2
```

Y el **while** también. Siempre lo hace así (y siempre se me olvida poner los dos puntos)

## DEFINICIÓN DE FUNCIONES

Las funciones son trozos de código reutilizables que se encarga de realizar una tarea.

<https://devcode.la/tutoriales/funciones-en-python/>

Las funciones reciben parámetros desde fuera (metidos entre párentesis) y devuelven (o no datos hacia afuera con la función return

Las variables que se utilizan son locales (que significa que no afectaran a ninguna variable que sea externa)

```
def letraNIF(num):  
    clave='TRWAGMYFPDXBNJZSQVHLCKE'  
    letra=clave[num%23]  
    NIF=str(num)+letra  
    respuesta=[letra,NIF]  
    return respuesta  
  
print("la letra es:",letraNIF(19948657)[0])  
print("el NIF entero es:",letraNIF(19948657)[1])
```

En el anterior ejemplo entra un número y sale una lista con dos strings. Se utiliza también la función módulo (%) que es el resto y la función str(), y se leen los elementos de una lista directamente desde la llamada de la función.

## LEYENDO DATOS DE FUENTES EXTERNAS

### FICHEROS DE TEXTO

La entrada de datos se puede hacer tecleándolos uno a uno con la función input. Pero eso es muy cansado.

Los podemos leer de ficheros. Lo recomendable ficheros csv. Si googleo “read files csv Python” lo primero que sale es <https://realpython.com/python-csv/>

Y lo explican bastante bien. Como para poder leer un fichero primero hay que tenerlo voy a hacer un código que escribe un fichero, luego lo lee, lo modifica y luego lo escribe de nuevo con otro formato.

```
import csv
#primero escribo el fichero
with open('miFichero2020.csv',mode='w',newline='') as fichero1:
    escritor=csv.writer(fichero1, delimiter=";")
    escritor.writerow(["Jaime",12,"J"])
    escritor.writerow(["Guille",10,"J"])
    escritor.writerow(["Marta",8,"J"])

#luego leo el fichero
#para ello primero declaro las variables
nombre=[]
edad=[]
inicial=[]
with open('miFichero2020.csv') as fichero2:
    leedor=csv.reader(fichero2, delimiter=";")
    contador=0
    for linea in leedor:
        nombre.append(linea[0])
        edad.append(int(linea[1]))
        inicial.append(linea[2])

#en los que la edad sube 10 años

for i in range(len(edad)):
    edad[i]+=10

#Y ahora creo el fichero de 10 años despues
with open('miFichero2030.csv',mode='w',newline='') as fichero3:
    escritor=csv.writer(fichero3, delimiter=";")
    for i in range(len(nombre)):
        escritor.writerow([nombre[i],edad[i],inicial[i]])
```

### FICHEROS EXCEL

Si leer de ficheros de texto es fácil. No lo es menos leer y escribir ficheros Excel. En el código que presento a continuación creo un fichero, le cambio el nombre a una hoja, altero algunos valores primero uno a uno y luego con un bucle. Luego lo guardo. Y luego lo leo sobre unas listas. Atención al while que permite leer mientras no se acabe

```
import openpyxl
from openpyxl import load_workbook

fichero='LibroPrueba.xlsx' #esto lo guardará en el directorio raiz
wb = openpyxl.Workbook()
wb.save(fichero)

wb=load_workbook('LibroPrueba.xlsx')
ws=wb['Sheet'] #la hoja que crea la llama sheet
ws.title='Hoja1' #le cambio el nombre
ws.cell(1,1).value=1
ws.cell(2,1).value=2
ws.cell(3,1).value=3
for i in range(2,4):
    for j in range(1,4):
        ws.cell(j,i).value=i*ws.cell(j,1).value
wb.save(fichero)

ws=wb['Hoja1']
fila=1; simple=[]; doble=[]; triple=[]

while not(ws.cell(fila,1).value is None):
    simple.append(ws.cell(fila,1).value)
    doble.append(ws.cell(fila,2).value)
    triple.append(ws.cell(fila,3).value)
    fila=fila+1

print(simple)
print(doble)
print(triple)
```

Lo primero es elegir el paquete que queremos utilizar

Yo utilizo la librería openpyxl <https://realpython.com/openpyxl-excel-spreadsheets-python/> pero he utilizado también xlwt (aunque creo que esa ya está desfasada) y dicen en la web que xlswriter es más rápida cuando tienes muchos datos <https://xlswriter.readthedocs.io/> y creo que además está vinculada a pandas.

## ENTREGANDO DATOS CON GRÁFICOS

Una de las maneras de sacar datos es utilizando la librería matplotlib y recomiendo <https://realpython.com/python-matplotlib-guide/>

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

rng = np.arange(50)
```



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartirigual 3.0 Unported License.

Python y PULP  
<http://hdl.handle.net/10251/158416>  
 ROGLE - UPV

15 de 49

```

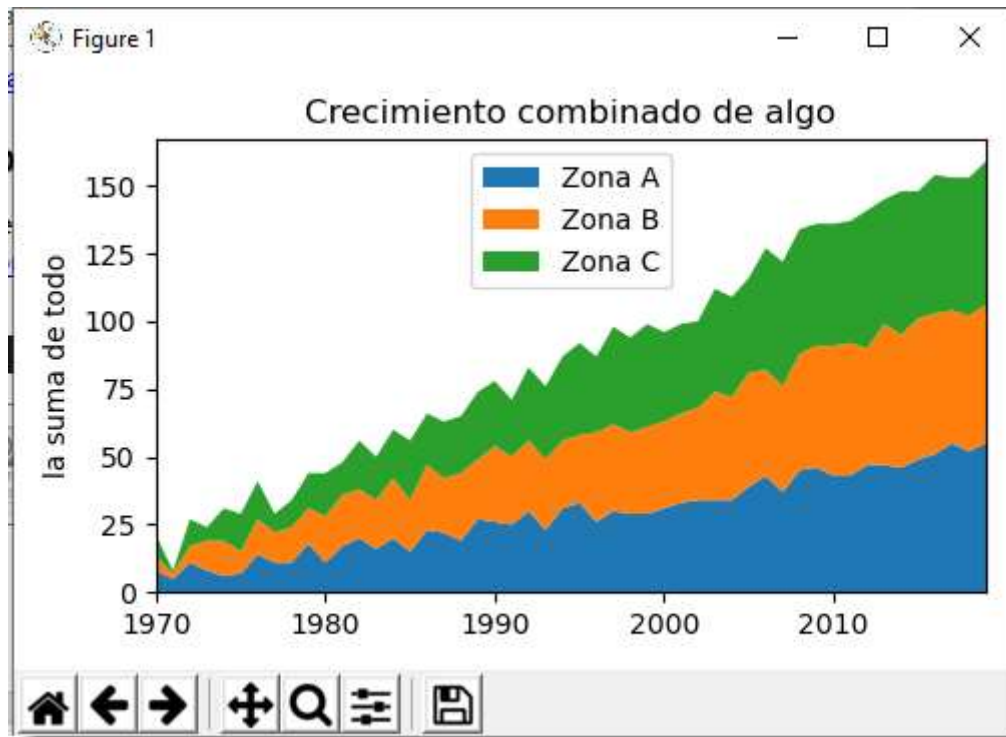
rnd = np.random.randint(0, 10, size=(3, rng.size))
yrs = 1970 + rng

fig, ax = plt.subplots(figsize=(5, 3))
ax.stackplot(yrs, rng + rnd, labels=['Zona A', 'Zona B', 'Zona C'])
ax.set_title('Crecimiento combinado de algo')
ax.legend(loc='upper center') #podría
ax.set_ylabel('la suma de todo')
ax.set_xlim(xmin=yrs[0], xmax=yrs[-1])
fig.tight_layout()

plt.show()

```

y lo que sale es esto



## UTILIZANDO NUMPY

NumPy es una biblioteca que da soporte para crear vectores y matrices, y además aporta un gran número de funciones matemáticas.

De manera natural Python trabaja con listas muy muy versátiles, lo que es interesante. Demasiado versátiles para los que solemos trabajar con números que se expresan en forma de vectores (también llamadas arrays o matrices).



NumPy se encarga de esto y permite además hacer otras muchas cosas que tiene instalado y que nos puede servir. Dicen que numPy se utiliza con SciPy (pero no los he utilizado al que ) y con matplotlib (la librería inmediatamente anterior). También dicen que numPy es como Matlab pero mejor y en abierto.

```
import numpy as np
a=np.array([1,2,3])
print(2*a)
b=np.array([1,2]) #crea un vector
print(b)
a=np.array([[1,2,3],[1,1,1]]) #crea una matriz
print(3*a) #la multiplica escalarmente
b=np.array([[1,1],[1,2],[2,3]]) #crea una matriz
print(np.transpose(a)*b) #multiplica escalarmente la transpuesta de a por
b
print(np.arange(1,11)) #crea un vector desde el 1 hasta el 10
print(np rint(7/3)) #la parte entera del número decimal
print(np.sqrt(13)) #da la raíz cuadrada de 13
print(np.pi) #imprime el valor de pi según numpy
print(np.zeros(4,3,2)) #genera una matriz 3D de ceros de tamaño 4x3x2
print(np.sin(np.pi/2)) #el seno de pi/2
```

Desde luego numPy hace muchas más cosas pero lo mejor es buscar cada vez que necesitamos algo.

## UTILIZANDO PANDAS PARA TRABAJAR CON DATOS

Intuyo que trabajar con datos es algo que hace habitualmente quien lee este documento. Y para trabajar con datos lo suyo es utilizar Pandas.


Pandas es una librería para manipular y analizar datos. Es una extensión de Numpy.

Según he llegado a entender (quizá mal) los datos se estructuran en dataframes. Un dataframe es una tabla que tiene filas, y en cada columna se guarda el dato correspondiente a la fila. Por ejemplo una tabla con los nombres, apellidos, teléfonos y emails de los alumnos de una clase. Pero también una tabla bidimensional que tenga en contenga los valores de una o más matrices, dedicando algunas columnas a los índices, y otras a los valores que ese conjunto de índices tienen.

Manejar un dataframe NO es manejar un array. Y por tanto la lógica array no aplica directamente.

Un data frame consta de columnas que contendrán datos para cada fila.

A continuación, vamos a crear un dataframe con datos aleatorios para jugar un poco

 This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial- Compartirigual 3.0 Unported License.	Python y PULP <a href="http://hdl.handle.net/10251/158416">http://hdl.handle.net/10251/158416</a> ROGLE - UPV	17 de 49
--	---	----------

```

dates = pd.date_range('10/9/2020', periods=8)
df = pd.DataFrame(np.random.randn(8, 4), index=dates, columns=list("ABCD"))
print(df)
df.at['2020-10-11', 'B']=1111
df.iat[4,1]=2222
print(df) #esto imprime toda la tabla
print(df.B) #Esto imprime solo la columna 2

```

Y este es el resultado.

Con el `date_range` hemos creado un vector de 8 días empezando el 9 de octubre del 2020.

Ese vector se convertirá en el índice (el nombre de las filas) del dataframe.

A las columnas las vamos a llamar ABCD, y para eso utilizamos la función `list` que aplicada a un string, lo descompone en caracteres..

Y para llenarlo lo hacemos con datos aleatorios utilizando `randn` de `numpy`.

Y entonces lo imprimimos

	A	B	C	D
2020-10-09	-1.215641	0.718182	-1.646155	1.273744
2020-10-10	-1.663755	-0.996722	-1.006593	0.153628
2020-10-11	-0.431783	0.703972	-0.756641	0.337456
2020-10-12	-0.983890	0.245693	-0.567440	-0.357533
2020-10-13	-0.794146	-0.972377	1.336904	0.144589
2020-10-14	1.676720	-1.116907	-1.048679	0.498509
2020-10-15	-0.410881	0.126669	0.568239	-0.756097
2020-10-16	-0.923110	0.320227	0.520447	0.584835

Luego modificamos dos valores del dataframe utilizando dos funciones diferentes `at` e `iat`. `at` accede a las posiciones utilizando los nombres mientras que `iat` lo hace utilizando las posiciones. Si imprimimos la tabla con `print(df)` entonces vemos lo que ha cambiado.

	A	B	C	D
2020-10-09	-1.215641	0.718182	-1.646155	1.273744
2020-10-10	-1.663755	-0.996722	-1.006593	0.153628
2020-10-11	-0.431783	1111.000000	-0.756641	0.337456
2020-10-12	-0.983890	0.245693	-0.567440	-0.357533
2020-10-13	-0.794146	2222.000000	1.336904	0.144589
2020-10-14	1.676720	-1.116907	-1.048679	0.498509
2020-10-15	-0.410881	0.126669	0.568239	-0.756097
2020-10-16	-0.923110	0.320227	0.520447	0.584835

De hecho podríamos haber impreso solo la columna 'B' que es la que hemos cambiado con `print(df.B)`



```
2020-10-09      0.718182
2020-10-10     -0.996722
2020-10-11     1111.000000
2020-10-12      0.245693
2020-10-13     2222.000000
2020-10-14     -1.116907
2020-10-15      0.126669
2020-10-16      0.320227
```

Se podría haber cargado la tabla de otra manera

```
df=pd.DataFrame(
    [['Feb',12,20,30,2],
    ['Jun',12,20,28,2],
    ['Ago',12,22,32,6],
    ['Nov',15,2,26,7]],
    index=[0,1,2,3],
    columns=['mes','media','desv','maximo','minimo'])
print(df)
```

Y este es el resultado

	mes	media	desv	maximo	minimo
0	Feb	12	20	30	2
1	Jun	12	20	28	2
2	Aug	12	22	32	6
3	Nov	15	2	26	7

También se puede cargar el fichero leyéndolo directamente desde un csv

```
df2=pd.read_csv(nomFicher)
```

La tabla que yo he cargado se puede ver aquí

```
print(df2.values) #esto imprime los valores de la tabla
```

```
[['Ene' 12 20.3 30 2]
 ['Apr' 12 21.2 28 2]
 ['Jul' 12 21.6 32 3]
 ['Oct' 115 12.3 26 7]]
```

Como en general los dataframes son muy grandes a veces es interesante representar las primeras (o las últimas filas)

```
print(df2.head(2))
print(df2.tail(3))
```

Y evidentemente se puede tratar de entender las estructuras que tiene la tabla

```
print(df2.dtypes) #devuelve los tipos de las columnas
```

```
print(df2.index) #devuelve la lista de índices
print(df2.columns) #devuelve un objeto cuya primera parte es una lista
print(df2.columns[2]) #devuelve la columna en 3a posición
print(len(df2.columns)) #devuelve el número de columnas
print(df2["col3"].size) #esto escribe el número de filas
print(df2.values) #esto imprime los valores de la tabla
```

Dado que pandas sirve para analizar datos era de esperar que existieran cosas como

```
print(df2.describe())
print(df2.sort_values('maximo', ascending=True))
```

Que hagan cosas como:

```
[5, datos estadísticos]
      media      desv      maximo      minimo
count    4.00    4.000000    4.000000    4.000000
mean    37.75   18.850000   29.000000    3.500000
std     51.50    4.400379    2.581989    2.380476
min     12.00   12.300000   26.000000    2.000000
25%     12.00   18.300000   27.500000    2.000000
50%     12.00   20.750000   29.000000    2.500000
75%     37.75   21.300000   30.500000    4.000000
max     115.00  21.600000   32.000000    7.000000
.....
[6 ordenar por alguna columna]
   mes  media  desv  maximo  minimo
3 Oct    115  12.3    26      7
1 Apr     12  21.2    28      2
0 Ene     12  20.3    30      2
2 Jul     12  21.6    32      3
```

Se puede acceder a fragmentos de tabla. Por ejemplo (que ya se ha comentado) a la columna: **df2.media** da la columna media igual que lo hace **df2['media']**

Si hacemos **df2[['media','maximo']]** obtendremos dos columnas. (OJO: Mucha atención al doble corchete).

Si queremos acceder a la segunda y tercera filas **df2[2:4]**

Los dataframe se pueden grabar como csv e incluso como xls

```
df2.to_csv(nomDir+"/resultado.csv")
df2.to_excel(nomDir+"/otraResultado.xlsx")
```

Convenría aprender a utilizar la función loc y la función iloc

```
print("solo las columnas media y maximo para todas las filas")
print(df2.loc[:,['media','maximo']]) #acabo de colocar loc (for location)
print("solo las columnas media y maximo para la fila 1")
print(df2.loc[1,['media','maximo']])
print("solo las columnas media y maximo para las fila 1 a 3")
print(df2.loc[1:3,['media','maximo']])
print("solo las columnas 2 y 4 para las fila 1 a 3")
print(df2.iloc[1:3,[2,4]]) #atencion que acabo de colocar iloc (for index location)
```

También se puede aprender a filtrar datos

```
print("los que la media es mayor que 20")
print(df2[df2.media>20])
print("los que el mes es enero o julio")
print(df2[df2['mes'].isin(['Ene','Jul'])])
```

O a modificar datos

```
df2.loc[1,'media']=12000
print(df2)
df2.loc[:, 'maximo']=df2.media
print(df2)
```

Se pueden añadir al final de la tabla más datos **append**

```
nuevo={'mes':'Dic','media':1,'desv':5,'maximo':6,'minimo':7}
df2=df2.append(nuevo,ignore_index=True)
print(df2)
nuevo={'mes':'Mar'}
df2=df2.append(nuevo,ignore_index=True)
print(df2)
```

Aunque si lo hacemos como en la segunda, va a generar celdas vacías que habrái que rellenar

```
print(df2.loc[df2.mes=='Mar'])
df2.loc[df2.mes=='Mar','maximo']=5
print(df2.loc[df2.mes=='Mar'])
df2.loc[df2.mes=='Mar','media']=8
print(df2.loc[df2.mes=='Mar'])
```



```

mes  media  desv  maximo  minimo
5  Mar   NaN   NaN    NaN    NaN
mes  media  desv  maximo  minimo
5  Mar   NaN   NaN    5.0    NaN
mes  media  desv  maximo  minimo
5  Mar   8.0   NaN    5.0    NaN

```

Añadir permite también añadir directamente un dataframe a otro

```
df2=df2.append(df,sort=None,ignore_index=True)
```

Se pueden añadir columnas asignándoles valores o no

```

print("esto añade otra columna sin valores")
df2['novaCol']=np.nan
print(df2)
print("esto añade otra columna con un valor resultado de un calculo")
df2['novaCol2']=(df2.media+2*df2.desv)
print(df2)

```

Y las columnas se pueden renombrar

```

encabezado("14 renombrar columnas")
df2.rename(columns={'novaCol':'prueba'}, inplace=True)
print(df2)
df2.columns=['col1','col2','col3','col4','col5','col6','col7']
print(df2)

```

Para leer un dataframe lo lógico es iterar sobre él y para eso existe un “algo” que se llama iterrows

```

for index, row in df2.iterrows(): #aprender a utilizar esto que itera el
    indice y la línea a la vez
    print(index,row["col1"],row["col3"])
    if row["col1"]=="Ene":
        df2.loc[0,'col1']="Jan"

```

Los puristas dicen que se puede hacer más eficiente si haces itertuples, aunque yo la verdad es que no lo entiendo.

```

for row in df2.itertuples():
    print(row.Index, row.col1, row.col3)

```

Podemos investigar si un valor está en un dataframe

```

print(list(df2.col1))
existe= "Ene" in list(df2.col1)

```

```
print(existe)
existe= 22.1 in list(df2["col2"])
print(existe)
```

O si existen celdas que no están asignadas

```
print(df2["col3"].isnull()) #este da un vector de trues y falsos
print("esto escribe verdadero si hay valore no nulos ",df2["col3"].isnull
().values.any()) #este da verdadero si hay un verdadero
print(np.isnan(df2.loc[5,"col3"])) #este da verdadero si hay un nan
print(np.isnan(df2.loc[6,"col3"])) #este da verdadero si hay un nan
```

Y en el colmo del desvarío puedes modificar valores de filas y columnas que han sido previamente filtradas

```
filtro1= df2.media==12
filtro2= df2.desv==20
print(df2.loc[(filtro1 & filtro2)])
df2.loc[(filtro1 & filtro2),'desv']=df2.media-df2.minimo+df2.maximo/2
df2.loc[(filtro1 & filtro2),'media']=df2.media/2+df2.minimo/2+df2.maximo/
2
print(df2.loc[(filtro1 & filtro2)])
```

## LA LIBRERÍA (O PAQUETE) PULP

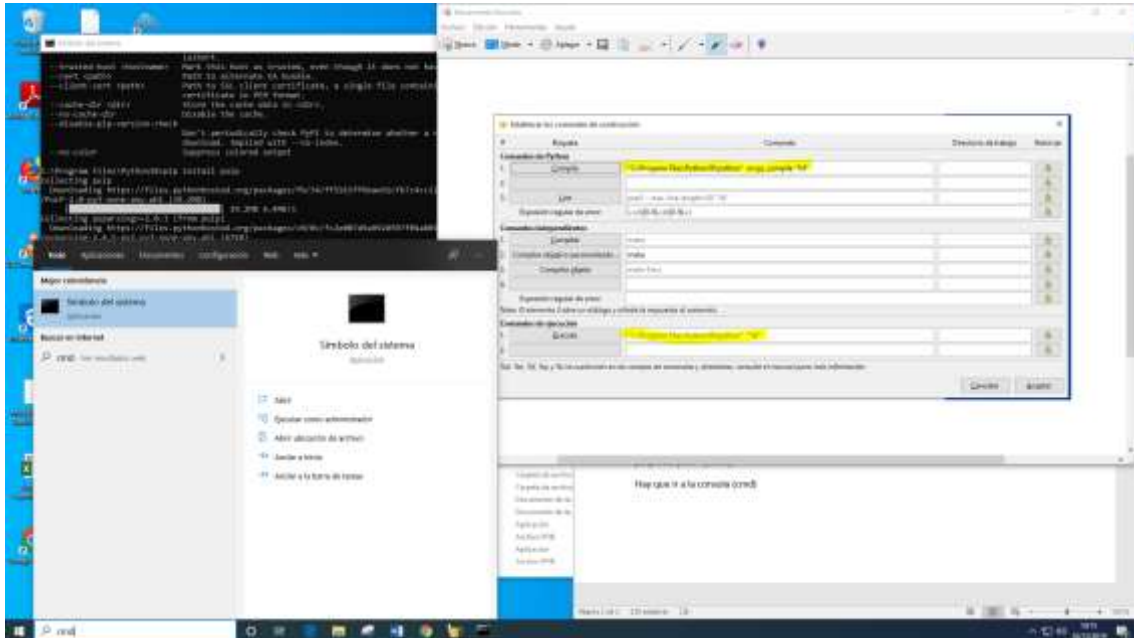
De entre las librerías que me utilizo destaca PULP. Es un paquete para el uso de herramientas de programación matemática (concretamente programación lineal es lo que yo conozco). [https://coin-or.github.io/pulp/main/installing\\_pulp\\_at\\_home.html](https://coin-or.github.io/pulp/main/installing_pulp_at_home.html)



Para ello me he de descargar el paquete. Lo más fácil es utilizar pip (que es un instalador de paquetes para Python) que viene preinstalado.

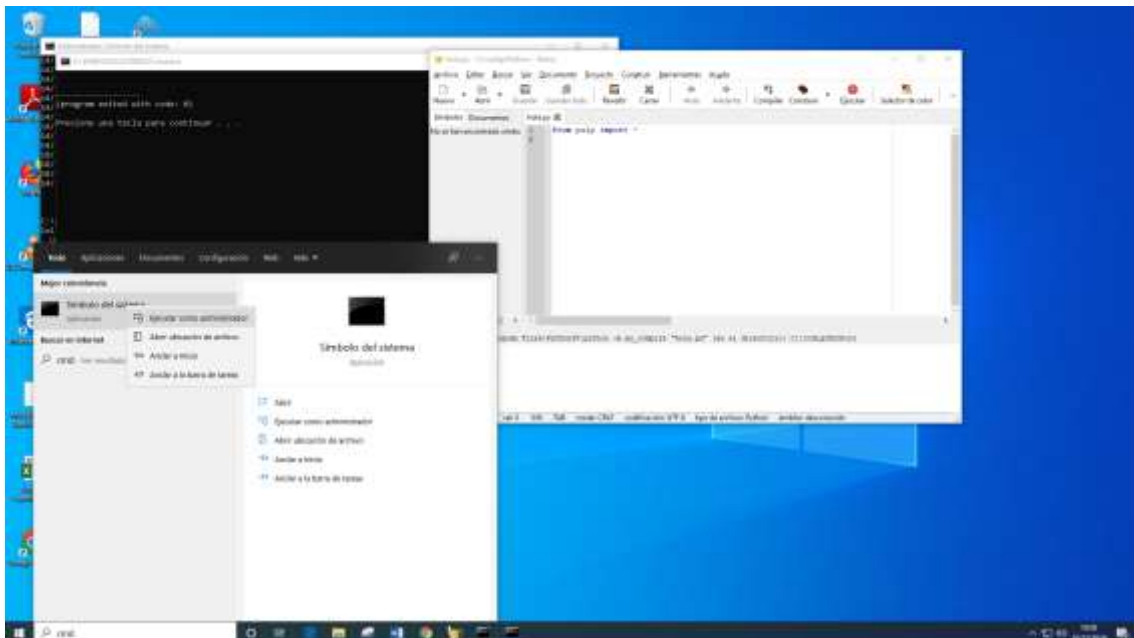
## Programación Matemática en Python con PULP

Hay que abrir la consola (cmd) e ir al lugar donde está Python en mi caso en c:/program files/Python38 por la vía de usar comandos de msdos (lo cual me hace sentir joven). La ventana de comandos se ejecuta a través de cmd



Y entonces cuando estás en c:\Program Files\Python38 ejecutar **pip install pulp** como indican en [https://pythonhosted.org/PuLP/main/installing\\_pulp\\_at\\_home.html](https://pythonhosted.org/PuLP/main/installing_pulp_at_home.html)

Importante: En mi caso he tenido que abrir el cmd como administrador con el botón derecho sobre "símbolo de sistema" porque si no no tenía permisos.





## Programación Matemática en Python con PULP

Y una vez instalado puedo comenzar a programar un modelo de programación matemática.

Este es el caso que se corresponde con el problema Jorge y Nuria de los apuntes de Programación Matemática. Se trata de generar las mesas de una boda en función de las características de las mesas y de las afinidades (o desafinidades) de los grupos entre sí.

Primero se importa el PULP y se cargan los datos.

```
from pulp import *
import csv

agrupaciones = ['TioJacobo','TioLuis','TioAlejandro','TioAlberto','TioJulian','TioManolo','TioFrancisco']
mesas = ['Mesa1','Mesa2','Mesa3']
numMesas = 3
TamanyoAgrupacion = {'TioJacobo':3,'TioLuis':2,'TioAlejandro':4,'TioAlberto':1,'TioJulian':2,'TioManolo':3,'TioFrancisco':3}
TamanyoMesa = {'Mesa1':6,'Mesa2':8,'Mesa3':6}
NumMesa = {'Mesa1':1,'Mesa2':2,'Mesa3':3}
Afinidad={
'TioJacobo': {'TioJacobo':0,'TioLuis':20,'TioAlejandro':100,'TioAlberto':10,'TioJulian':0,'TioManolo':6,'TioFrancisco':2},
'TioLuis': {'TioJacobo':20,'TioLuis':0,'TioAlejandro':10,'TioAlberto':20,'TioJulian':10,'TioManolo':6,'TioFrancisco':12},
'TioAlejandro': {'TioJacobo':100,'TioLuis':10,'TioAlejandro':0,'TioAlberto':5,'TioJulian':10,'TioManolo':0,'TioFrancisco':10},
'TioAlberto': {'TioJacobo':10,'TioLuis':20,'TioAlejandro':5,'TioAlberto':0,'TioJulian':20,'TioManolo':20,'TioFrancisco':-10},
'TioJulian': {'TioJacobo':0,'TioLuis':10,'TioAlejandro':10,'TioAlberto':20,'TioJulian':0,'TioManolo':10,'TioFrancisco':20},
'TioManolo': {'TioJacobo':0,'TioLuis':0,'TioAlejandro':0,'TioAlberto':20,'TioJulian':10,'TioManolo':0,'TioFrancisco':12},
'TioFrancisco': {'TioJacobo':2,'TioLuis':12,'TioAlejandro':10,'TioAlberto':-10,'TioJulian':20,'TioManolo':12,'TioFrancisco':0}
}
```

Luego se crean las variables que van a ser necesarias

```
print("comienza a cargar el modelo")

prob = LpProblem("AsignacionMesas", LpMaximize)
#la variable que dice si los de i se sientan en k
delta = LpVariable.dicts("delta",
                        [(i,k) for i in agrupaciones for k in mesas],
                        0,1, LpBinary)
#la variable donde se sienta cada agrupacion
x_var= LpVariable.dicts("mesa",
                        [(i) for i in agrupaciones],
                        1,4, LpInteger)
#la variable que dice si dos agrupaciones están en la misma mesa
gamma= LpVariable.dicts("gamma",
                        [(i,j) for i in agrupaciones for j in agrupaciones],
                        0,1, LpBinary)
beta= LpVariable.dicts("beta",
                        [(i,j) for i in agrupaciones for j in agrupaciones],
                        0,1, LpBinary)
```

Luego se crea el modelo

```

# este es el objetivo
print("comienza a cargar el modelo")

prob += lpSum(Afinidad[i][j]*gamma[(i,j)] for i in agrupaciones
              for j in agrupaciones
              )

#esta es la restricción de que no caben más en la mesa
for k in mesas:
    prob += lpSum(TamanyoAgrupacion[i]*(delta[(i,k)] for i in agrupaciones

#esta es la restricción en la que sólo se pone una vez en cada mesa
for i in agrupaciones:
    prob += lpSum((delta[(i,k)] for k in mesas) == 1

#esta restricción es para saber en que mesa están
for i in agrupaciones:
    prob += x_var[i] - lpSum(NumMesa[k]*delta[(i,k)] for k in mesas) == 0

#estas restricciones sirven para saber si dos están en la misma mesa
for i in agrupaciones:
    for j in agrupaciones:
        prob += ( x_var[i] - x_var[j] - numMesas*beta[(i,j)] ) <= 0

for i in agrupaciones:
    for j in agrupaciones:
        prob += ( x_var[j] - x_var[i] - numMesas*beta[(j,i)] ) <= 0

for i in agrupaciones:
    for j in agrupaciones:
        prob += beta[(i,j)] + beta[(j,i)] + gamma[(i,j)] == 1

```

Y luego se resuelve y se presentan resultados. La variable status del pulp nos dirá si se ha resuelto al óptimo o si es infesible.



```

print('Inicio resolución')

prob.solve()

if prob.status=1:

    print(resuelto)
    for k in mesas:
        print("mesa", k)
        suma=0
        for i in agrupaciones:
            if x_var[i].varValue==NumMesa[k]:
                print("La agrupación ",i, "va en la mesa ",k)
                suma=suma+TamanyoAgrupacion[i]
        print("El numero de comensales de la mesa",k,"es"suma)

    for i in agrupaciones:
        print("la agrupacion",i,"va en la mesa", x_var[i].varValue)

    print()

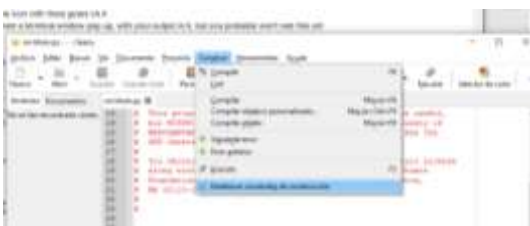
    for k in mesas:
        for i in agrupaciones:
            if delta[(i,k)].varValue >= 1:
                print(i,k, delta[(i,k)].varValue)

    for i in agrupaciones:
        for j in agrupaciones:
            print(i,j, beta[(i,j)].varValue, beta [(j,i)].varValue, gamma[(i,j)].varValue)
else: print("no se ha podido resolver")
print('Y esto es todo amigos')

```

## ANEXO 1: INSTALAR GEANY

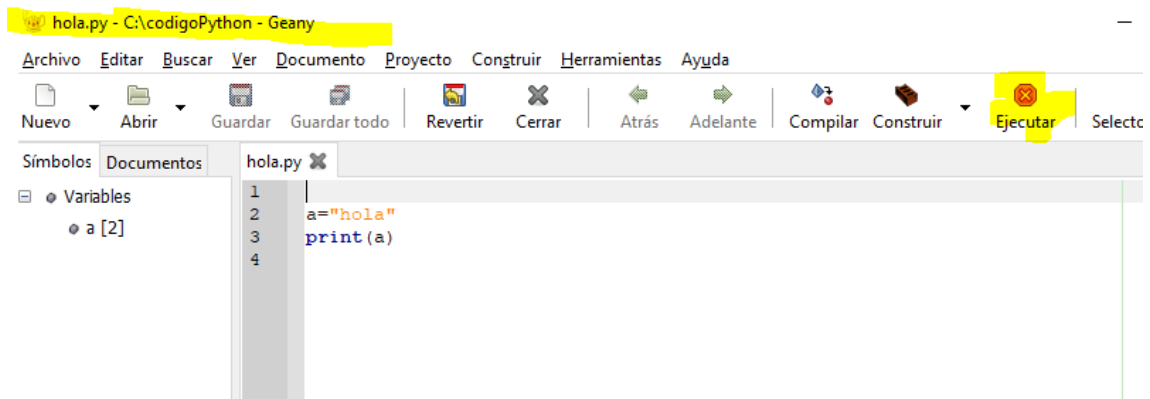
<https://www.geany.org/>. Pero Geany no sabe donde está tu Python por eso hay que decirselo [http://introtopython.org/programming\\_environment\\_windows.html#installing\\_geany](http://introtopython.org/programming_environment_windows.html#installing_geany) para ello hay que ir al compilar y modificar los comandos de construcción



Hay que poner la dirección de instalación Y luego al final se añade `-m py_compiles "%f"` en `compile y en execute sólo "%f"`. Sinceramente no tengo ni idea de eso que significa.



Para comprobar que todo ha ido bien creo un trozo de código Python. Lo guardo en una carpeta que yo me creé en Python que es bastante sencilla (c:/codigoPython) . Si le das a ejecutar ha de funcionar. Y si no... pues no sé cómo ayudar.



## ANEXO 2: INSTALANDO PAQUETES

El PIP es el paquete para instalar paquetes de Python.

Si no lo has hecho ya instálalo el PIP

<https://tecnonucleous.com/2018/01/28/como-instalar-pip-para-python-en-windows-mac-y-linux/>

## Programación Matemática en Python con PULP

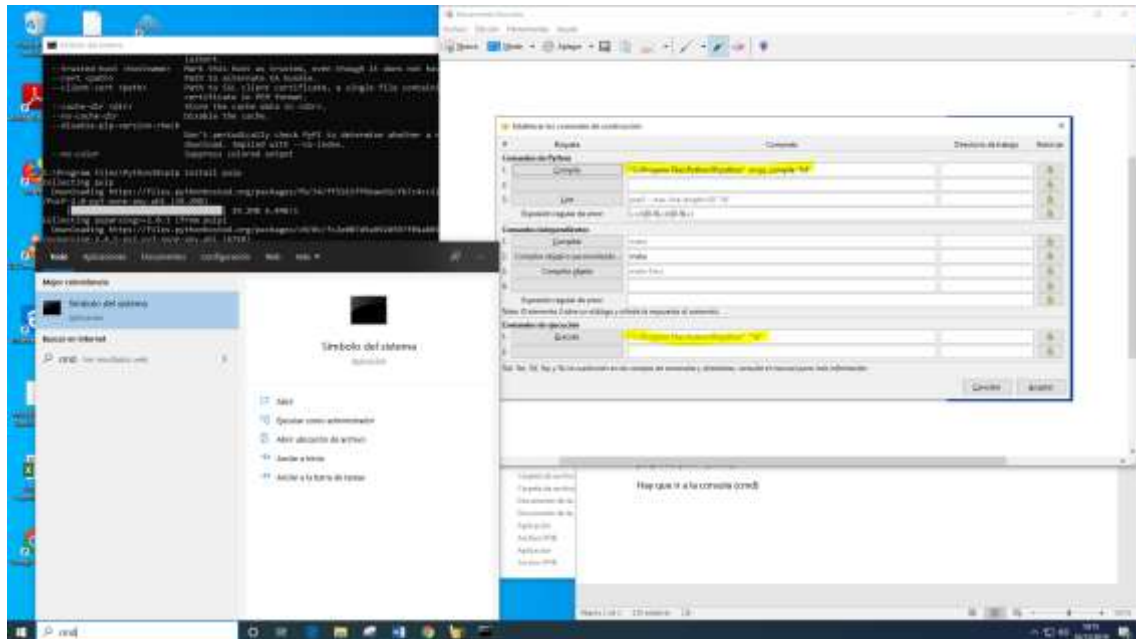
Los paquetes que creo que son interesantes son pulp, tkinter, mysql-connector, pandas, numpy

El menos utilizado de todos es PULP



Para mí era importante que al hacerlo desde la consola (cmd ) ejecutarlo como administrador.

Hay que abrir la consola (cmd) e ir al lugar donde está Python en mi caso en c:/program files/Python/Python 38 por la vía de usar comandos de msdos (lo cual me hace sentir joven).



Y entonces cuando estás en c:\Program Files\Python38 ejecutar **pip install pulp** como indican en [https://pythonhosted.org/PuLP/main/installing\\_pulp\\_at\\_home.html](https://pythonhosted.org/PuLP/main/installing_pulp_at_home.html)

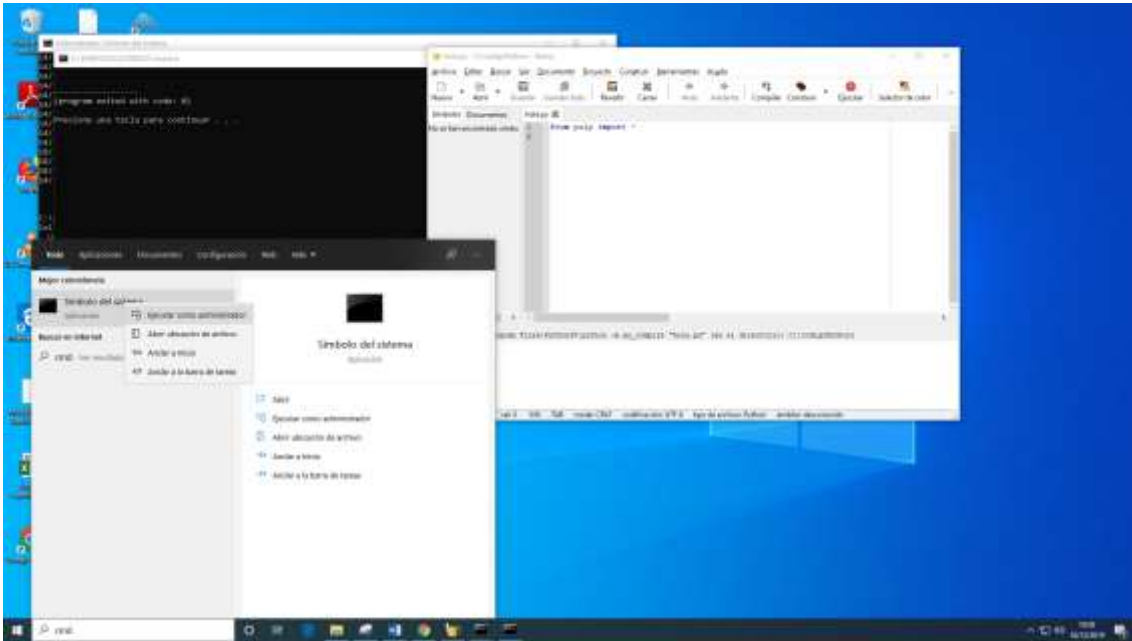
En mi caso he tenido que abrir el cmd como administrador con el botón derecho sobre símbolo de sistema porque si no no tenía permisos



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.

Python y PULP  
<http://hdl.handle.net/10251/158416>  
 ROGLE - UPV

29 de 49



### ANEXO 3: UN EJEMPLO PARA APRENDER PYTHON.

#### DESCRIBIR EL PROBLEMA:

Un intensificación de un Master con 6 asignaturas y 2 grupos en cada asignatura quiere hacer equipos de prácticas (número y tamaño diferentes) donde los alumnos, en la medida de lo posible los mismos alumnos no coincidan en diferentes grupos. Se podría tratar también de que fueran mixtas en género, o en procedencia de país o universidad.

El objetivo fundamental es que los alumnos interactúen entre ellos y generar una red lo más compacta posible.


Los alumnos están matriculados en más de una de las asignaturas de la intensificación. Las asignaturas tienen dos grupos. Cada asignatura tiene más de una sesión de prácticas (el mismo número para cada grupo).

Para algunas sesiones de prácticas los alumnos pueden ellos mismos hacer individualmente su equipo. Los profesores podrían forzar también algún emparejamiento en alguna sesión de prácticas. Los alumnos podrían justificar también la prohibición de algún tipo de emparejamiento por razones justificables.

#### MODELADO

Que nadie crea que he llegado hasta este modelado de tirón. He avanzado en espiral hasta dejarlo un poco compacto

#### Conjuntos:

 <p>This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a <a href="https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/">Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License</a>.</p>	<p>Python y PULP  <a href="http://hdl.handle.net/10251/158416">http://hdl.handle.net/10251/158416</a>                  ROGLE - UPV</p>	<p>30 de 49</p>
--	--	-----------------

Alumnos (i)

Asignaturas (j)

Grupos de Asignatura (g)

Sesiones de Asignatura (k)

## Datos

Alumnos (email)

Asignaturas (código de Asignatura, nombre, número de grupos, numero de sesiones prácticas)

Grupos de Asignatura (código de Asignatura, código de Grupo, número de Alumnos)

Sesiones de Asignatura (código de Asignatura, código de Sesión, tamaño máximo de Equipo)

Alumnos por Grupo de Asignatura (código Asignatura, código Grupo, email)

## Resultados

Alumnos por Equipo de Grupo de Asignatura (código Asignatura, código Grupo, código Sesión, código Equipo, Tamaño Grupo, email1, email2, email3...)

## Origen de los datos:

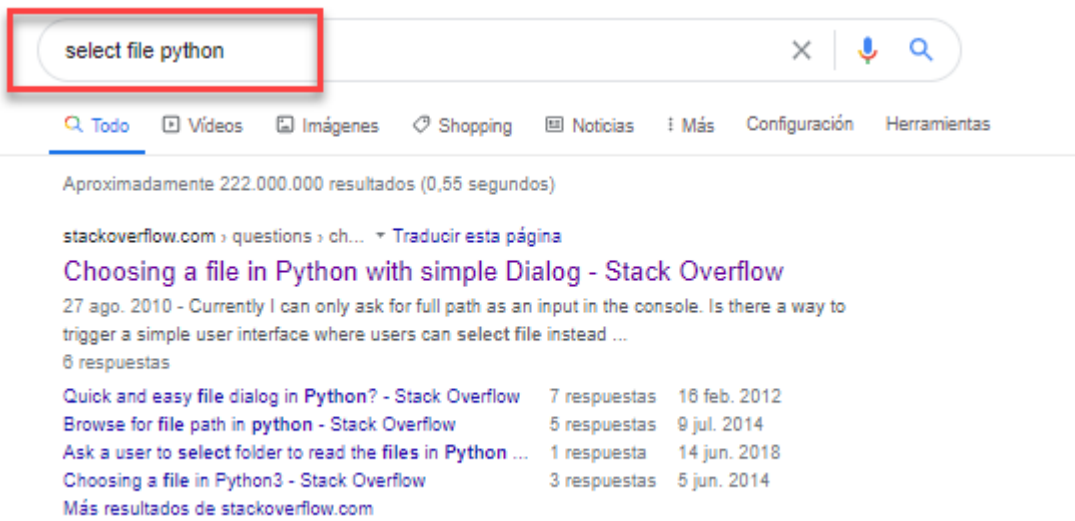
Tabla de Información solicitada a los responsables de las asignaturas con el número de sesiones que quiere tener y el tamaño máximo de equipo. La tengo en Excel.

Ficheros CSV para cada grupo de asignatura

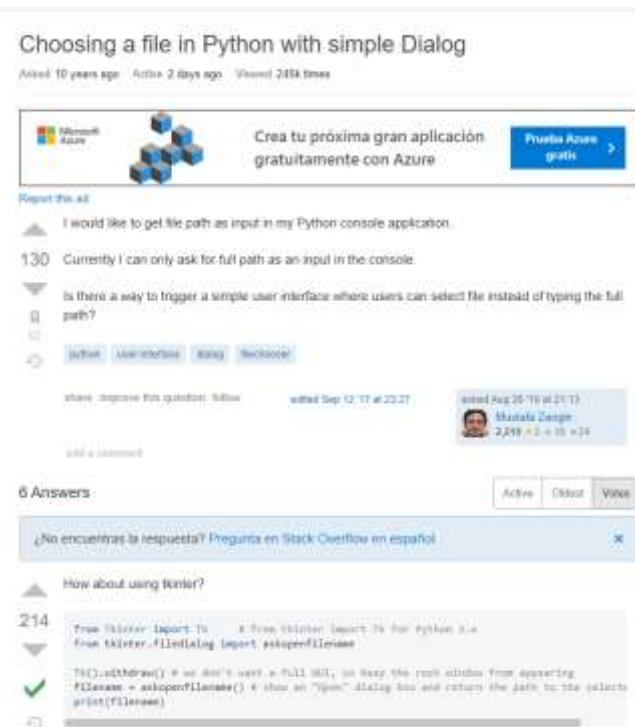
Vamos a ir construyendo el código poco a poco

Primero voy a cargar todas las asignaturas una a una seleccionándolas del directorio donde quiera que estén.

Para ello he buscado en el google “select file Python” (siempre pregunto en inglés) y el primer link me envía al stack overflow



Estos informáticos son la caña, te dice lo que has de hacer.



Es verdad que han dado por supuesto que yo sabía lo que era tkinter. Afortunadamente lo sabía (si no le hubiera preguntado a google). <https://docs.python.org/3/library/tkinter.html>

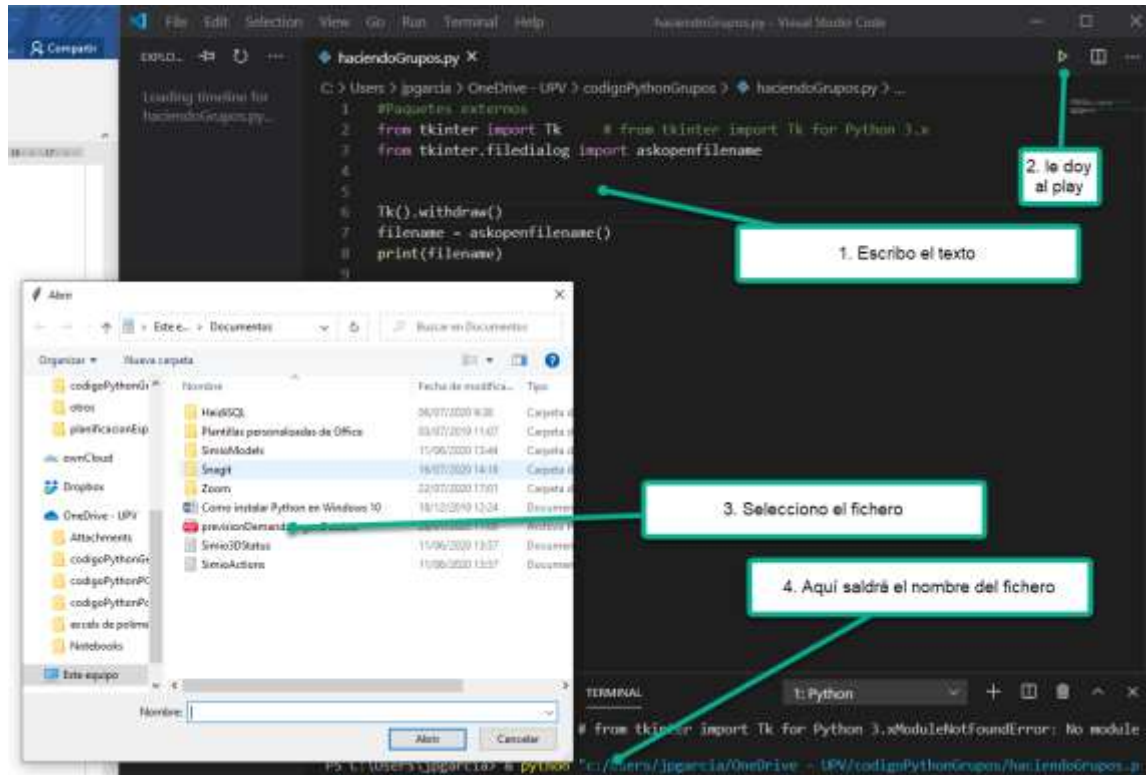
He tenido que hacer otra búsqueda para saber que tenía que instalar el paquete tk y como se instalaba. <https://tutorial.recursospython.com/libreria-estandar/>



## Programación Matemática en Python con PULP

Para eso he tenido que aprender que es pip.  
<https://tecnonucleous.com/2018/01/28/como-instalar-pip-para-python-en-windows-mac-y-linux/>

Total que he escrito lo que me han dicho que haga ejecuto y se abre una pantalla




Yo soy mayor y estudié programación con Pascal, así que no me gusta que haya cosas sueltas. Por eso creo una función. En Python se declaran con def y además el bloque que conforma la función se define por su tabulación (en Pascal era con begin y end pero aquí basta con indentar, ciertamente simplifica pero hay un problema estúpido con que hay quien indenta con tabuladores y quien lo hace con espacios, no he entendido muy bien la lógica pero es lo que hay)

Para que aprendamos un poco más he decidido abrir y leer el fichero que voy a seleccionar. Es un fichero csv que genera el poliformat automáticamente. Lo del csv (comma separated values) lo sé porque soy mayor, como usarlos en Python he ido a la web (google: leer y escribir ficheros csv en Python)

<https://code.tutsplus.com/es/tutorials/how-to-read-and-write-csv-files-in-python--cms-29907>

Un fichero csv es un fichero en el que los campos están separados por comas. Por algún motivo extraño Excel en español lo quiere separado por comas... De todos esos y otros misterios habrá que aprender un rato (y de algún misterio más)

 <p>This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.</p>	<p>Python y PULP  <a href="http://hdl.handle.net/10251/158416">http://hdl.handle.net/10251/158416</a>          ROGLE - UPV</p>	<p>33 de 49</p>
---	--	-----------------

1	Llopis Villar, Jarso,56881043,jaravi11@upv.es
2	Marwin Barroalot, Ajoandra,48777838,mimarba51@upv.es
3	Martinis Arrodata, Laura,71182005,laumara11@upv.es
4	Martinis Simona, Nétwar,30123107,notmars11@alumni.upv.es
5	Masrató tarwa, Carlat,30855231,carmast5@upv.es
6	Miranda Atuar, Carmona,34433537,carmiat31@upv.es
7	Misuel Panach, Paula Do,65526123,sabdomi11@upv.es
8	Morera Itana, Javier,30457525,jasati1@upv.es
9	Munis Campany, Juan,51238518,juamuac31@upv.es
0	mUNIS Hornándoz, Luist,18451482,lulmuaho1@upv.es
1	Nalda Rivera, onriquo Do,48878743,ondonal1@upv.es
2	Pala Marca, Carlat Felipe,48845415,carpamas3@upv.es
3	Palazón sanzéoz, Rubén,38850315,rupasani1@upv.es
4	Palot Palamora, Vlcwar,56789653,victapa11@upv.es
5	Panchit Ibañoz, Adriá,33528406,mdtanib11@upv.es
6	Panchoz Navarra, Voranica,48123316,votann5@upv.es
7	Pardalot Marwin, Carlos,56740437,carparmi11@upv.es
8	Pasán Marwinoz, Cuillorma,48704088,sulpamas3@upv.es
9	Puigdemolas Tanatos, Jorge,123456789,joputi5@upv.es
0	Pun, Won Ya,k8808805,wontu1@upv.es
1	Ramán Balwa, Daniel,30245603,darabell@upv.es
2	Rivora tocura, Muilorma,31237712,suirito1@upv.es
3	Saray Parwalét, Ajoandra,65806347,misapas3@upv.es
4	Viana Vinachot, Javier,31822046,javiavi1@upv.es

Total que me he liado y me he puesto a programar

```
#Paquetes externos
from tkinter import Tk      # from tkinter import Tk for Python 3.x
from tkinter.filedialog import askopenfilename
import csv

#variables globales
apellidos=[]
nombre=[]
dni=[]
email=[]

def cargarAsignatura():
    Tk().withdraw()
    filename = askopenfilename()
    print(filename)
    numAlumnos=0
    with open(filename, newline='') as File:
        reader = csv.reader(File)
        for row in reader:
            print(row)
```



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartirigual 3.0 Unported License.

Python y PULP  
<http://hdl.handle.net/10251/158416>  
 ROGLE - UPV

34 de 49

```

        apellidos.append(row[0])
        nombre.append(row[1])
        dni.append(row[2])
        email.append(row[3])
        numAlumnos+=1

    return numAlumnos


def sumarDNI(numDni):
    suma=0
    print(numDni)
    for cont in range(len(numDni)):
        if numDni[cont].isdigit():
            suma=suma+int(numDni[cont])
    return suma

N=cargarAsignatura()
print("el numero de alumnos es",N)
print("sus nombres son")
print(nombre)
print("sus apellidos son")
print(apellidos)
print("los digitos del dni suman")
suma2=0
for i in range(N):
    suma2+=sumarDNI(dni[i])
print(suma2)

```

Lo anterior se explica del siguiente modo:

1. Importo la librería tkinter y la del csv

 <p>This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial- CompartirIgual 3.0 Unported License.</p>	<p>Python y PULP <a href="http://hdl.handle.net/10251/158416">http://hdl.handle.net/10251/158416</a> ROGLE - UPV</p>	<p>35 de 49</p>
--	--	-----------------

2. Creo una lista de Isitas globales
3. Hago una función que carga una asignatura (elige el fichero) y luego asigna en las listas el valor de apellidos, nombres y demás. Esa función devuelve el número de alumnos
4. Defino otra función (se me ha ocurrido de repente) que suma los dígitos del dni. En principio era fácil, pero algunos de los compañeros tiene NIE, así que a veces sumaba X, y he tenido que preguntarle al google que “how to know if a carácter is a digit” y allí esta stackoverflow. (<https://stackoverflow.com/questions/40097590/detect-whether-a-python-string-is-a-number-or-a-letter>)
5. Entonces llamo a la función cargar asignatura (como va a devolver un número lo cargo en N)
6. Escribo diferentes cosas, y entonces es cuando se me va la pinza y trato de escribir cuanto suman los dígitos de los dnis

Y seguiría pero no tengo más tiempo y he de colgar el documento

## ANEXO 4: OTRO PROBLEMA PARA PRACTICAR CON EL PULP

### ENUNCIADO DEL PROBLEMA


Eres el coordinador de producción en un centro especial de empleo. A través dél, personas con discapacidad intelectual tienen acceso al trabajo a través de acuerdos con empresas. Las personas con DI (peones) desarrollan su actividad según el esquema de enclaves laborales. Un enclave laboral es un centro de trabajo ordinario donde un grupo de peones del Centro Especial de Empleo acude a trabajar haciendo el horario del centro de Trabajo supervisadas por un monitor. El monitor es también un trabajador que además sirve de enlace con la empresa.

Cada jueves, debes realizar el programa de trabajo para la siguiente semana. Dicho programa consiste en asignar los diferentes trabajadores a los enclaves para satisfacer la demanda de cada cliente expresada en horas de trabajo.

Los diferentes trabajadores se desempeñan de manera diferente en los diferentes centros. Por ello que se ha definido un medible al que se denomina afinidad que relaciona el desempeño (o incluso la voluntad del CEE de enviarlo a dicho enclave por ejemplo por razones formativas).

La legislación laboral española tiene ciertos requerimientos respecto a las horas máximas que una persona ha de trabajar por semana e incluso el reparto de los denominados fines de semana. Simplificando se puede decir que monitores y peones tienen diferentes capacidades máximas semanales (según convenio) y que en cualquier caso cada 11 días se debe disfrutar de dos días consecutivos de descanso según estatuto.

Con estos condicionantes se puede asumir que un trabajador estará en cualquier día asignado a un enclave, en fin de semana o tendrá un día libre. Evidentemente es posible asignar dos días libres seguidos, pero en ese caso el modelo debería asignarlo como fin de semana (para que, además de ser legal, lo parezca)

 <p>This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.</p>	Python y PULP <a href="http://hdl.handle.net/10251/158416">http://hdl.handle.net/10251/158416</a> ROGLE - UPV	36 de 49
---	---	----------

El condicionante de fin de semana llevó a la organización a planificar la actividad incluyendo dos fines de semana. Con el paso del tiempo se ha visto que (en función de los datos disponibles) la lógica de gestión es planificar la actividad los jueves, desde el viernes hasta el lunes de la semana siguiente, donde los primeros 3 días (de viernes a domingo) están congelados.

Hay que recoger el plan de la semana anterior (por saber si ha habido modificaciones de finde, días libres y demás) y sobretodo porque hay que mantener lo previsto para viernes, sábado y domingo.

De un plan de nivel superior que indica en qué lugar se espera que trabaje una persona en el periodo. Junto con información sobre la experiencia de cada trabajador se define un nivel de afinidad al puesto de trabajo.

Todas las personas tienen que tener algo que hacer, o estar de descanso semanal o tener día libre.

## MODELADO

### INDICES

Sea  $i$  el índice de los individuos ( $0..I-1$ )

Sea  $k$  el índice de los centros de trabajo ( $0..K-1$ )

Sea  $t$  cada uno de los días de la semana ( $0..T-1$ )

\*\* Comenzamos en 0 porque el modelo lo vamos a implementar en Python y en ese lenguaje las listas empiezan con 0

### PARÁMETROS

S	Las horas semana que como máximo puede trabajar un peon
R	Las horas semana que como máximo puede trabajar un monitor
F	El número de días en el horizonte de cálculo que están congeladas
T	El número de días que tiene el horizonte de cálculo

$\Gamma(k)$	Número máximo de peones por monitor aceptables en ese puesto de trabajo
$H(k)$	Las horas al día que se trabajan en el centro de trabajo $k$
$\Pi(i)$	Vale 1 si el trabajador $i$ es Peon
$\Omega(i)$	Vale 1 si el trabajador $i$ es Monitor

$A(i,k)$	La afinidad asignada a la asignación de $i$ a $k$
----------	---

$D(k,t)$	Demanda expresada en horas de k en t
$\Phi(i,t)$	Lugar de trabajo previsto para i en t en el programa congelado (-1 si es día libre).
$H(j,t)$	Horas de jornada laboral en j,t (horas máximas que puede trabajar)
$\Omega(i,k)$	Si el trabajador k es de tipo i

$(i1,i2)$	Parejas de trabajadores que no se quiere que trabajen juntos
-----------	--

## VARIABLES

$\delta_{i,k,t}$	1 si el trabajador i ha sido asignado a k en t
$\gamma_{i,t}$	1 si el día t es el primer día del fin de semana de i
$\varphi_{i,t}$	1 si el día t es un día libre para i

## OBJETIVO

Maximizar la afinidad del plan, reduciendo al mínimo los días libres.

$$\text{Max} \sum_{i,k,t} A_{i,k} \delta_{i,k,t} - \sum_{k,t} \varphi_{i,t}$$

## RESTRICCIONES

Cada día o bien trabaja en algún sitio o está de descanso semanal.

$$\gamma_{i,0} + \varphi_{i,0} + \sum_k \delta_{i,k,0} \leq 1 \quad \forall i \quad (\text{r1})$$

$$\gamma_{i,t} + \gamma_{i,t-1} + \varphi_{i,t} + \sum_k \delta_{i,k,t} \leq 1 \quad \forall i,t \quad (\text{r2})$$

Los días del periodo congelado están asignados o bien como día libre o bien trabajando en algún lugar.

$$\gamma_{i,t} + \varphi_{i,t} = 1 \quad \forall i / \Phi_{i,0} = -1 \quad (\text{r3})$$

$$\gamma_{i,t} + \varphi_{i,t} = 1 \quad \forall i, 0 < t < F / \Phi_{i,t} = -1 \quad (\text{r4})$$

$$\sum_k k \delta_{i,k,t} = \Phi_{i,t} \quad \forall i,t < F / \Phi_{i,t} > -1 \quad (\text{r5})$$

El equipo a enviar tiene que tener un ratio peon-monitor menor que el máximo establecido.

$$\sum_i \Omega_i \delta_{i,k,t} \leq \Gamma_j \sum_i \Pi_i \delta_{i,k,t} \quad \forall k,t \quad (r6)$$

Tiene que haber un fin de semana al menos cada 9 días

$$\sum_{\tau=0}^8 \gamma_{i,t+\tau} \geq 1 \quad \forall i,t < T-9 \quad (r7)$$

Pero no más de dos fines en el periodo planificado

$$\sum_t \gamma_{i,t} \leq 2 \quad \forall i \quad (r8)$$

Cada trabajador sólo trabaja 5 días de cada 7

$$\sum_{\tau=t}^{t+6} (\gamma_{i,\tau} + \gamma_{i,\tau+1} + \varphi_{i,\tau}) \geq 2 \quad \forall k,t \quad (r9)$$

Entregar a cada cliente las horas que estaban previstas

$$\sum_i H_k \delta_{i,k,t} \geq Q_{k,t} \quad \forall k,t \quad (r10)$$

Pero no más de un 20% más de las que estaban previstas (para no tener a la gente parada)

$$\sum_i H_k \delta_{i,k,t} \leq 1.2 Q_{k,t} \quad \forall k,t \quad (r11)$$

Cada persona no trabaja más que las horas que estaba previsto que trabaje en una semana según su categoría

$$\sum_k H_{k,t} \delta_{i,k,t} \leq S_i \Pi_i + R \Omega_i \quad \forall k,t \quad (r12)$$

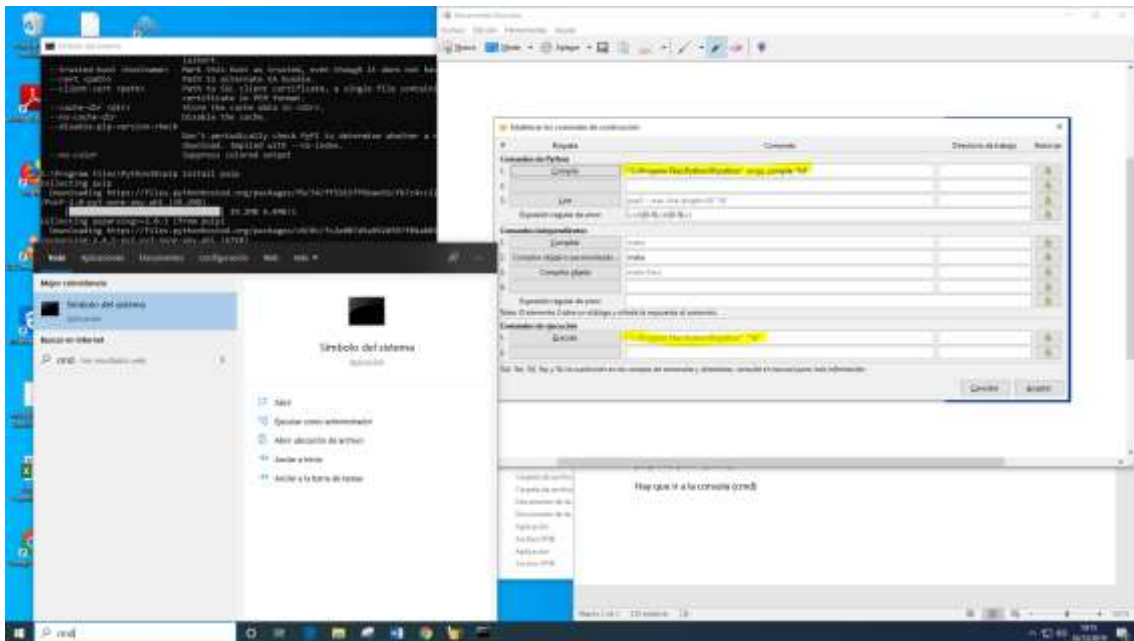
## INSTALAR PULP

La idea que tengo es utilizar pulp. Una librería que sirve para gestionar programación lineal.



Para ello me he de descargar el paquete. Lo más fácil es utilizar pip (que es un instalador de paquetes para Python) que viene preinstalado.

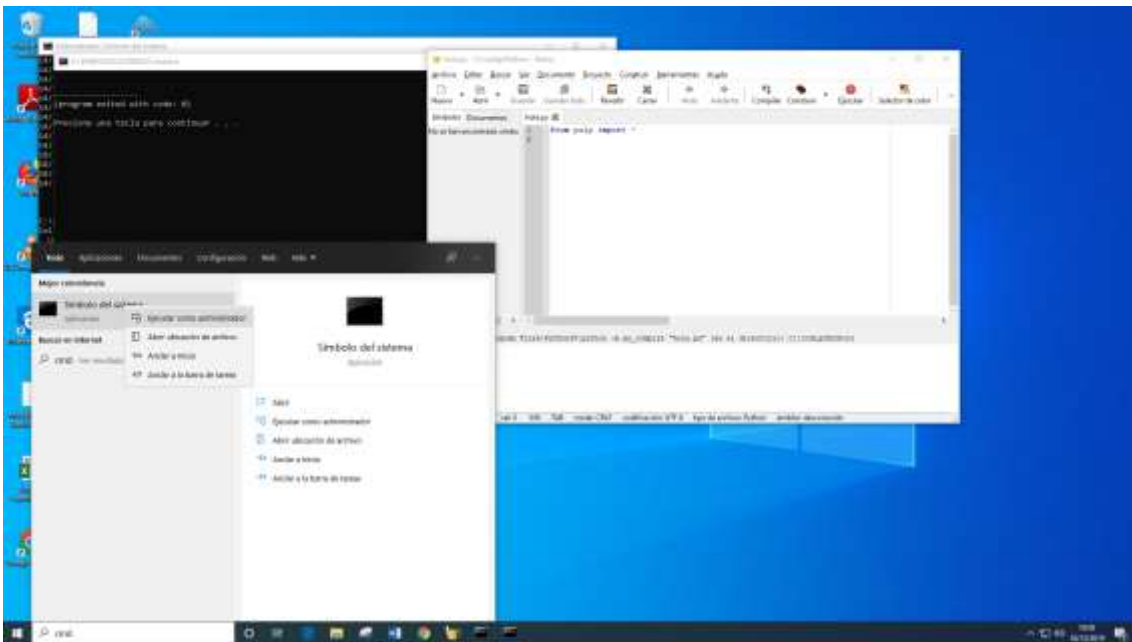
Hay que abrir la consola (cmd) e ir al lugar donde está Python en mi caso en c:/program files/Python38 por la vía de usar comandos de msdos (lo cual me hace sentir joven). La ventana de comandos se ejecuta a través de cmd



Y entonces cuando estás en c:\Program Files\Python38 ejecutar **pip install pulp** como indican en [https://pythonhosted.org/PuLP/main/installing\\_pulp\\_at\\_home.html](https://pythonhosted.org/PuLP/main/installing_pulp_at_home.html)

Importante: En mi caso he tenido que abrir el cmd como administrador con el botón derecho sobre "símbolo de sistema" porque si no no tenía permisos.





Como también quiero utilizar el mysql conector he aprovechado y me lo he instalado también pip install mysql-connector y el pandas pip install pandas (El pandas es una librería para análisis de datos que es una extensión de numpy (así que numpy también queda instalado). Numpy es un paquete para trabajar con números.

### LA CARGA DE DATOS

Los datos podría cargarlos directamente aunque es verdad que es un poco tedioso.

```

120 L = []
121 HorasDemanda = [[42,0,0,0,42,42,42,42,42,0,0,42],
122 [60,0,0,0,60,60,60,60,60,60,0,60],
123 [9,0,0,0,9,9,9,9,9,0,0,9],
124 [12,24,60,60,24,12,12,12,24,24,12],
125 [35,0,0,0,35,35,35,35,35,0,0,35]]
126
127 Afinidad = [ [0 for k in centrosTrabajo] for i in trabajadores]
128 [100,10,0,70,50,50,40,10,22,11,40,10,22,11,10,710,150,140,100,10,0,70,50,40,10,22],
129 [50,40,10,22,23,34,45,67,3,80,40,10,22,11,65,56,3,2,50,40,10,22,23,34,45,67],
130 [70,50,50,40,10,22,11,40,10,22,3,65,56,3,2,40,50,13,70,50,40,10,22,40,50,13],
131 [0,70,50,40,10,3,50,40,10,22,11,65,56,3,2,22,30,40,0,70,50,40,10,22,30,40],
132 [10,0,70,50,40,10,50,40,10,22,11,22,3,65,56,3,2,60,10,0,70,50,40,10,22,60]]
133
134 HorasDiaCentro = (
135 0:7,
136 1:7.5,
137 2:7.5,
138 3:6,
139 4:7
140 )
141 RatioMax = (
142 0:5,
143 1:5,
144 2:5,
145 3:5,
146 4:5
147 )
148
    
```

Si te fijas los datos los ponemos en formato listas (o listas de listas si son n-dimensionales). El modo de acceder a cada elemento es HorasDemanda[k][t]

## Programación Matemática en Python con PULP

Pero hay otros datos (HorasDiaCentro) que los he asignado como *diccionarios*. Se accede igual. La diferencia entre unas estructuras y otras la explica bien esta web. <https://www.tutorialpython.com/listas-en-python/>

En lugar de escribirlo a mano podría haberlos leído de ficheros **csv** (hay un paquete para la lectura/escritura de ficheros). Pero preferí recogerlos directamente de una base de datos base de datos con motor mysql y he utilizado el paquete `mysql.connector`. Como algunos de los datos los tengo en formato fecha he utilizado el paquete **datetime**

```

1  from pulp import *
2  import csv
3  import mysql.connector
4  import datetime
5

```

Todos esos import sirven para decirle a nuestro programa que debemos considerar las funciones de los paquetes.

Me he conectado a la base de datos con el conector . No sé muy bien que es cursor pero todos los links visitados lo utilizan para ejecutar las queries (creo que es el que indica en qué tabla y línea de la tabla estás pero no estoy seguro)

```

11 mydb = mysql.connector.connect(host="...", user="...", passwd="...", database="out
12 mycursor = mydb.cursor()

```

Los datos en la tabla `tb_CentrosTrabajo`.

idCentroTrabajo	nombreCT	horasDia	ratioMaxima
0	Favara	7	5
1	Espurna	7	5
2	Smatex	8	4
3	Boga	6	4
4	Mapubli	8	4
5	Pincasa	7	3

Y descargo los datos de la tabla de centros de trabajo en las diferentes variables, listas y diccionarios

```

15 #Abro una tabla y cargo datos de centros de trabajo
16 mycursor.execute("SELECT * FROM tb_centrosTrabajo")
17 tbCentrosTrabajo = mycursor.fetchall()
18
19 numCentrosTrabajo = len(tbCentrosTrabajo)
20 #Ahora voy a crear un conjunto de diccionarios y llenarlas (populate) con los datos de la tabla
21 nombreCentro = {}
22 ratioMax = {}
23 horasDiaCentro = {}
24 for k in range(numCentrosTrabajo):
25     nombreCentro[k]=tbCentrosTrabajo[k][1]
26     horasDiaCentro[k]=int(tbCentrosTrabajo[k][2])
27     ratioMax[k]=tbCentrosTrabajo[k][3]
28     #print(nombreCentro[k],horasDiaCentro[k],ratioMax[k])

```

Lo mismo aplica a los trabajadores que están en la tabla `tb_trabajadores`

idTrabajador	nombreTrabajador	esMonitor	esPeon	jornadaAnual
0	Pedro	0	1	1572
1	Paco	0	1	1572
2	Felisa	0	1	1572
3	Pir	0	1	1572
4	Pablo	0	1	1572
5	Isac	0	1	1572
6	Pura	0	1	1572
7	Pedro	0	1	1572
8	Pilar	0	1	1572
9	Pera	0	1	1572
10	Pau	0	1	1572
11	Pai	0	1	1572
12	Pere	0	1	1572
13	Patricio	0	1	1572
14	Patricia	0	1	1572
15	Pere	0	1	1572

Y que se recupera con estos valores

```

30 #Abro una tabla y cargo datos de trabajadores
31 mycursor.execute("SELECT * FROM tb_trabajadores")
32
33 tbTrabajadores = mycursor.fetchall()
34
35 numTrabajadores = len(tbTrabajadores)
36 #Ahora voy a crear un conjunto de diccionarios y llenarlos (populate) con los datos de la tabla
37 nombreTrabajador = {}
38 esMonitor = {}
39 esPeon = {}
40 jornadaAnual = {}
41
42 for i in range(numTrabajadores):
43     nombreTrabajador[i]=tbTrabajadores[i][1]
44     esMonitor[i]=tbTrabajadores[i][2]
45     esPeon[i]=tbTrabajadores[i][3]
46     jornadaAnual[i] = tbTrabajadores[i][4]
47     #print(nombreTrabajador[i], esMonitor[i], esPeon[i], jornadaAnual[i])

```

Diferente es el modo de cargar datos de afinidades, porque es una matriz bidimensional que guardo en una tabla en tercera forma normal –que tampoco sé muy bien lo que es. (centro de trabajo, trabajador, valor de la afinidad).

idCentroTrabajo	idTrabajador	Afinidad
0	19	302
5	42	329
0	25	15
0	15	68
2	10	89
5	10	84
0	8	47
1	24	76
1	13	2
2	16	98
0	38	319

Y por tanto su recuperación es diferente.



```

48 #Abro una tabla y cargo datos de afinidades
49 mycursor.execute("SELECT * FROM tb_afinidad")
50
51 tbAfinidad = mycursor.fetchall()
52 afinidad = [ [0 for k in range(numTrabajadores)] for i in range(numCentrosTrabajo) ]
53
54 #Ahora voy a llenar la lista afinidad con valores
55 for s in range(len(tbAfinidad)):
56     i=int(tbAfinidad[s][1])
57     k=int(tbAfinidad[s][0])
58     afinidad[k][i]=int(tbAfinidad[s][2])
59     #print(k,i,afinidad[k][i])

```

La tabla demanda es más complicada porque uno de los datos es la fecha, que evidentemente no es necesaria para el modelo de programación matemática, pero que será cómo obtenga la información.

idDia	idCentro	demanda
2019-12-20	0	70
2019-12-21	0	0
2019-12-22	0	0
2019-12-23	0	70
2019-12-24	0	70
2019-12-25	0	0
2019-12-26	0	70
2019-12-27	0	70
2019-12-28	0	0
2019-12-29	0	0
2019-12-30	0	70
2019-12-31	0	70
2019-12-20	1	35
2019-12-21	1	0
2019-12-22	1	0
2019-12-23	1	35

Y por tanto su recuperación es aún más compleja.

```

68
69 #Y ahora la tabla demanda
70 inicioPlan = datetime.datetime.strptime("20-12-2019", "%d-%m-%Y")
71 finPlan = datetime.datetime.strptime("31-12-2019", "%d-%m-%Y")
72 dias= [t for t in range(int((finPlan-inicioPlan).days)+1)]
73 numDias=len(dias)
74
75 mycursor.execute("SELECT * FROM tb_demanda")
76
77 tbDemanda = mycursor.fetchall()
78 horasDemanda = [ [0 for t in dias] for i in range(numCentrosTrabajo) ]
79
80 for s in range(len(tbDemanda)):
81     t=(tbDemanda[s][0]-inicioPlan.date()).days
82     #el metodo .date lo he de añadir porque he creado un datetime y necesitaba un date
83
84     if ((t>=0) and (t<numDias)):
85         k=int(tbDemanda[s][1])
86         horasDemanda[k][t]=int(tbDemanda[s][2])
87         #el print de abajo es para ver si funciona
88         #print(k,t,horasDemanda[k][t])
89

```

Los valores de inicioPlan y finPlan, en realidad depende de cada ejecución por eso los asigno directamente



Es también una tabla en 3ª forma normal la del plan congelado. Quizá aquí lo particular es que la codificación que he decidido tener marca como -1 la opción de que el trabajador no tuviera ningún centro de trabajo asignado.

```

89
90 #Captura el plan prefijado
91 #Lo que voy a hacer es poner en libres todos los trabajadores y luego asignar los que están asignados
92 centroTrabajoAsignado=[[-1 for t in range(diasCongelado)] for i in range(numTrabajadores)]
93
94 mycursor.execute("SELECT * FROM tb_planFrovis")
95 tbProgramaCongelado = mycursor.fetchall()
96 for s in range(len(tbProgramaCongelado)):
97     t=(tbProgramaCongelado[s][0]-inicioPlan.date()).days
98     #el metodo .date lo he de añadir porque he creado un datetime y necesitaba un date
99     if t<diasCongelado):
100         i=int(tbProgramaCongelado[s][1])
101         centroTrabajoAsignado[i][t]=int(tbProgramaCongelado[s][2])
102

```

### LA GENERACIÓN DEL MODELO EN PULP

Para definir el modelo se crea el objeto que he denominado “prob”.

Para definir las variables se utiliza el objeto LpVariable que utiliza un tipo de datos básico en Python que son las tuplas. (Fíjate que las tuplas de las variables se escriben [(i,k,t)]).

<https://uniwebsidad.com/libros/algoritmos-python/capitulo-7/tuplas>

```

102
103 prob = LpProblem("AsignacionCentros", LpMaximize)
104
105 deltaTrabajador = LpVariable.dicts("delta",
106     [(i,k,t) for i in range(numTrabajadores) for k in range(numCentrosTrabajo) for t in dias],
107     0,1, LpBinary)
108
109
110 gammaTrabajador = LpVariable.dicts("gamma",
111     [(i,t) for i in range(numTrabajadores) for t in dias],
112     0,1, LpBinary)
113
114 phiTrabajador = LpVariable.dicts("phi",
115     [(i,t) for i in range(numTrabajadores) for t in dias],
116     0,1, LpBinary)
117
118 prob += lpSum( afinidad[k][i]*deltaTrabajador[(i,k,t)] for k in range(numCentrosTrabajo) for i in range(numTr
119     -lpSum(phiTrabajador[(i,t)] for i in range(numTrabajadores) for t in range(numDias))

```

Y el objetivo (las últimas líneas del recorte anterior) son el objetivo.

Sabemos que son el objetivo porque no le ponemos ningún indicador de desigualdad a los sumatorios.

Como sí se le ponen a las restricciones

```

123 #Restriccion de los datos congelados de los primeros N periodos
124
125 for t in range(diasCongelado):
126     for i in range(numTrabajadores):
127         if centroTrabajoAsignado[i][t]==-1:
128             if t==0):
129                 prob += phiTrabajador[(i,t)] + gammaTrabajador[(i,t)] == 1
130             else:
131                 prob += phiTrabajador[(i,t)] + gammaTrabajador[(i,t)] +gammaTrabajador[(i,t-1)] == 1
132             for k in range(numCentrosTrabajo):
133                 prob += deltaTrabajador[(i,k,t)] == 0
134             if centroTrabajoAsignado[i][t]>=0:
135                 for k in range(numCentrosTrabajo):
136                     if k==centroTrabajoAsignado[i][t]:
137                         prob += deltaTrabajador[(i,k,t)] == 1
138                     else:
139                         prob += deltaTrabajador[(i,k,t)] == 0
140             prob += phiTrabajador[(i,t)] == 0
141             prob += gammaTrabajador[(i,t)] == 0

```



```

143 # restricción de cómo pueden estar asignados a un sitio cada día e incluye que será en día libre (no final) como opción para poder liberar espacios.
144 for i in range(numTrabajadores):
145     prob += lpSum(deltaTrabajador[i,k,t] for k in range(numCentrosTrabajo)+gammaTrabajador[i,t])-phiTrabajador[i,t]) == 1
146
147
148 for t in range(1,numDias):
149     for i in range(numTrabajadores):
150         prob += lpSum(deltaTrabajador[i,k,t]) for k in range(numCentrosTrabajo)+gammaTrabajador[i,t])-gammaTrabajador[i,t]-phiTrabajador[i,t]) == 1

```

```

160 # restricción ratio Monitores Dia
161 for t in range(diasCongelado, numDias):
162     for k in range(numCentrosTrabajo):
163         prob += (lpSum(esPeon[i]*deltaTrabajador[i,k,t]) for i in range(numTrabajadores)) \
164             - lpSum(ratioMax[k]*esMonitor[i]*deltaTrabajador[i,k,t]) for i in range(numTrabajadores)) <= 0
165

```

```

167 #al menos un finde cada 9 días
168
169 for i in range(numTrabajadores):
170     for t in range(numDias-9):
171         prob += lpSum(gammaTrabajador[(i,tao)] for tao in range(t,t+9))>= 1, "finde"+str(i)+str(t)
172
173 #pero no más de dos findes en el periodo planificado
174 for i in range(numTrabajadores):
175     prob += lpSum(gammaTrabajador[i,t]) for t in dias<=2
176

```

```

178 # restricción hay que asignar tanto como nos piden a partir de los días congelados
179 (for t in range(diasCongelado,numDias):
180     for k in range(numCentrosTrabajo):
181         prob += lpSum(horasDiaCentro[k]*deltaTrabajador[i,k,t]) for i in range(numTrabajadores)) >= horasDemanda[k][t], "finde"+str(t)+"_"+str(k)
182         #pero no más de dos que se nos asignan.
183         prob += lpSum(horasDiaCentro[k]*deltaTrabajador[i,k,t]) for i in range(numTrabajadores)) <= 2*horasDemanda[k][t], "finde"+str(t)+"_"+str(k)
184
185

```

```

186 # restricción a media hay que asignar más que las horas que tocan por cada 7 días
187 for t in range(1,numDias-7):
188     for i in range(numTrabajadores):
189         if esFinde(t)==1:
190             prob += lpSum(horasDiaCentro[k]*deltaTrabajador[i,k,tao]) for k in range(numCentrosTrabajo) for tao in range(t,t+7)) <= horasSemanaFindeFinde
191         else:
192             prob += lpSum(horasDiaCentro[k]*deltaTrabajador[i,k,tao]) for k in range(numCentrosTrabajo) for tao in range(t,t+7)) >= horasSemanaFindePeon

```

Si el modelo lo queremos ver en lp (serviría para resolverlo y/o depurarlo en gusek podríamos utilizar la función prob.writeln("nombrefichero")

Pero si queremos resolver con prob.solve() es suficiente. Atención no olvidarse de los paréntesis de cierre.

Prob.status devuelve un número que nos indica si se se ha resuelto (<https://www.coin-or.org/PuLP/constants.html>) y con LpStatus conozco qué significa el numerito.

with status = prob.solve():

LpStatus key	string value	numerical value
LpStatusOptimal	"Optimal"	1
LpStatusNotSolved	"Not Solved"	0
LpStatusInfeasible	"Infeasible"	-1
LpStatusUnbounded	"Unbounded"	-2
LpStatusUndefined	"Undefined"	-3

### SALIDA DE RESULTADOS

Los resultados se pueden escribir en pantalla.

```

194 #la linea de abajo sirve para escribir en formato lp el modelo, eso facilita la depuración
195 prob.writeLP('costoLogistica.lp')
196
197 #Si no pones el parentesis en la funcion solve es como si no hubieras puesto nada
198 prob.solve()
199
200 #prob.Status devuelve un numero lpStatus es un diccionario
201 print(lpStatus[prob.status])
202
203 if prob.status!=-1:
204
205     for t in dias:
206         print("finde semana",end=":")
207         for i in range(numTrabajadores):
208             if t>1:
209                 if (gammaTrabajador[(i,t)].varValue+gammaTrabajador[(i,t-1)].varValue)>=1:
210                     print(nombreTrabajador[i],end=".")
211             else:
212                 if (gammaTrabajador[(i,t)].varValue)>=1:
213                     print(nombreTrabajador[i],end=".")
214
215         print()
216         print("dia Libre",end=":")
217         for i in range(numTrabajadores):
218             if phiTrabajador[(i,t)].varValue>=1:
219                 print(nombreTrabajador[i],end=".")
220         print()
221
222
223
224         for k in range(numCentrosTrabajo):
225             listaMonitores=""
226             listaPeones=""
227             for i in range(numTrabajadores):
228                 a=deltaTrabajador[(i,k,t)].varValue
229                 if a>=1:
230                     if esMonitor[i]==1: listaMonitores+=nombreTrabajador[i]+" "
231                     if esPeon[i]==1: listaPeones+=nombreTrabajador[i]+" "
232             print(t,nombreCentro[k],"monitores:",listaMonitores)
233             print(t,nombreCentro[k],"peones:",listaPeones)
234
235 # de la impresión que una lvariable a la que no se le asigna valor, tiene como valor None que no es un valor numérico
236 #De hecho se ha permitido comprobar en varias ocasiones que había restricciones que no estaban recorriendo bien el rango
237 # era una impresión errónea de None cuando no ha resultado
238

```

Eso es relativamente fácil, quizá lo único a destacar es que las variables que el modelo no utiliza no las devuelve como cero sino como "None" lo cual puede complicar la lectura.

También podemos escribir los resultados en una tabla de la base de datos.

```

sql_borrar="Delete from tb_resultados"
mycursor.execute(sql_borrar)
mydb.commit()


for t in dias:
    for i in range(numTrabajadores):
        if gammaFindeTrabajador+gammaLibreTrabajador==1:
            sql = "INSERT INTO tb_resultados (idDia, idCentroTrabajo, idTrabajador, horasDia) VALUES (%s,%s,%s,%s)"
            fecha=inicioPlan+datetime.timedelta(days=t)
            val = (str(fecha), "DecoracionSemanal", nombreTrabajador[i], "0")
            mycursor.execute(sql, val)
        for k in range(numCentrosTrabajo):
            if deltaTrabajador[(i,k,t)].varValue==1:
                sql = "INSERT INTO tb_resultados (idDia, idCentroTrabajo, idTrabajador, horasDia) VALUES (%s,%s,%s,%s)"
                fecha=inicioPlan+datetime.timedelta(days=t)
                val = (str(fecha), nombreCentro[k], nombreTrabajador[i], str(horasDiaCentro[k]))
                mycursor.execute(sql, val)

mydb.commit()

```

El mydb.commit() es necesario para que la escritura sea efectiva.

Borrar al principio la tabla es adecuado porque cada resolución es diferente, pero no es necesario para el funcionamiento.

 <p>This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.</p>	<p>Python y PULP  <a href="http://hdl.handle.net/10251/158416">http://hdl.handle.net/10251/158416</a>                  ROGLE - UPV</p>	<p>47 de 49</p>
---	--	-----------------

La escritura en un csv es relativamente sencilla

<https://realpython.com/python-csv/>

```

260 with open('PlanPorTrabajador.csv',mode='w',newline='') as ficheroPlanTrabajador:
261     f = csv.writer(ficheroPlanTrabajador, delimiter=";", quotechar='"', quoting=csv.QUOTE_NONNUMERIC)
262     for i in range(numTrabajadores):
263         plan=[nombreTrabajador[i]]
264         for t in dias:
265             if phiTrabajador[(i,t)].varValue>=1:
266                 plan.append("Libre")
267             elif gammaTrabajador[(i,t)].varValue>=1:
268                 plan.append("Finde")
269             elif t>0:
270                 if gammaTrabajador[(i,t-1)].varValue>=1:
271                     plan.append("Finde")
272             else:
273                 for k in range(numCentrosTrabajo):
274                     a=deltaTrabajador[(i,k,t)].varValue
275                     if a>=1:
276                         plan.append(nombreCentro[k])
277                         if gammaTrabajador[(i,t-1)].varValue==1:
278                             plan.append("Finde")
279             else:
280                 for k in range(numCentrosTrabajo):
281                     a=deltaTrabajador[(i,k,t)].varValue
282                     if a>=1:
283                         plan.append(nombreCentro[k])

```

Y escribir en Excel tampoco parece complicado <https://www.geeksforgeeks.org/writing-excel-sheet-using-python/>. Primero hay que importar la librería. En este caso utilizo la librería xlwt

```

C:\>cd codigoPython
C:\codigoPython>pip install xlwt
Collecting xlwt
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/44/48/def306413b25c3d01753603b1a222a011b8621aed27c
/xlwt-1.3.0-py2.py3-none-any.whl (99kB)
    |-----| 102kB 547kB/s
Installing collected packages: xlwt
Successfully installed xlwt-1.3.0
C:\codigoPython>

```

Y luego simplemente hay que usarla



```

287
288 wb = xlwt.Workbook()
289 hojal=wb.add_sheet('Hojal')
290 for t in dias:
291     fecha=inicioPlan+datetime.timedelta(days=t)
292     hojal.write(0,t+1,fecha)
293 for i in range(numTrabajadores):
294     hojal.write(i+1,0,[nombreTrabajador[i]])
295     for t in dias:
296         if phiTrabajador[(i,t)].varValue>=1:
297             hojal.write(i+1,t+1,"Libre")
298         elif gammaTrabajador[(i,t)].varValue>=1:
299             hojal.write(i+1,t+1,"Finde")
300         elif t>0:
301             if gammaTrabajador[(i,t-1)].varValue>=1:
302                 hojal.write(i+1,t+1,"Finde")
303             else:
304                 for k in range(numCentrosTrabajo):
305                     a=deltaTrabajador[(i,k,t)].varValue
306                     if a>=1:
307                         hojal.write(i+1,t+1,nombreCentro[k])
308                         if gammaTrabajador[(i,t-1)].varValue==1:
309                             hojal.write(i+1,t+1,"Finde")
310             else:
311                 for k in range(numCentrosTrabajo):
312                     a=deltaTrabajador[(i,k,t)].varValue
313                     if a>=1:
314                         hojal.write(i+1,t+1,nombreCentro[k])
315 wb.save("PlanTrabajador.xls")
316

```

