MOBILE PRICE CLASSIFICATION



**Proyecto final de Aprendizaje Automático y Minería de Datos**

Presentado por

**Sergio Gavilán Fernández**  [sgavil01@ucm.es](mailto:sgavil01@ucm.es)

**Alejandro Villar Rubio** [alvill04@ucm.es](mailto:alvill04@ucm.es)

Facultad de Informática, Universidad Complutense de Madrid

Grado en Desarrollo de Videojuegos

Madrid, 2019/2020

Contenido

[Resumen 3](#_Toc30530917)

[Objetivos 3](#_Toc30530918)

[Trabajo previo 3](#_Toc30530919)

[Herramientas usadas 4](#_Toc30530920)

[Regresión Logística 4](#_Toc30530921)

[Implementación 4](#_Toc30530922)

[Resultados 5](#_Toc30530923)

[Redes Neuronales 6](#_Toc30530924)

[Implementación 6](#_Toc30530925)

[Resultados 7](#_Toc30530926)

[Support Vector Machines 7](#_Toc30530927)

[Implementación 7](#_Toc30530928)

[Resultados 8](#_Toc30530929)

[Phone CompluHouse 8](#_Toc30530930)

[Funcionalidad 8](#_Toc30530931)

[Implementación 8](#_Toc30530932)

[Lanzar la aplicación 9](#_Toc30530933)

[Conclusiones 9](#_Toc30530934)

[Bibliografía 9](#_Toc30530935)

[Apéndices 11](#_Toc30530936)

[Apéndice A. Código utilizado 11](#_Toc30530937)

[Apéndice B. Gráficas 41](#_Toc30530938)

[Apéndice C. Imágenes 58](#_Toc30530939)

# Resumen

La elección de un teléfono móvil puede ser en algunas ocasiones un quebradero de cabeza para algunas personas, ya sea por su edad o simplemente porque no conocen la industria lo suficiente. Además, a este desconocimiento hay que añadir que cada día hay más dispositivos en el mercado por lo que la dificultad de su compra aumenta. Esto puede provocar la llamada **paradoja de la elección** (“La paradoja de la elección: por qué nos cuesta decidir,” n.d.), nuestra tendencia a estar menos satisfechos con nuestras adquisiciones mientras más alternativas existan.

En este proyecto se planteará una herramienta con la cuál cualquier persona podrá crear un teléfono móvil a su gusto y comprobar en qué rango de precio se encuentra. Con esto, el usuario podrá orientarse para su posterior compra.

# Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es, como se ha nombrado anteriormente, proporcionar una herramienta con la que poder comprobar el rango de precio de un determinado teléfono móvil.

Para ello se aplicarán diversas técnicas de clasificación sobre la base de datos que se dispone y realizar una selección para usar la que proporcione una mayor precisión.

Las técnicas que se usarán son:

* Regresión logística.
* Redes neuronales.
* Support Vector Machines (SVM)

# Trabajo previo

Se dispone de una base de datos adquirida de la plataforma *Kaggle* (“Mobile Price Classification | Kaggle,” n.d.)*.* Esta proporciona dos archivos, **test.csv** y **train.csv**, con un total de 21 características que conforman un teléfono móvil.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Capacidad batería | Bluetooth | Velocidad del procesador |
| Dual Sim | Resolución cámara frontal | 4G |
| Memoria interna | Profundidad del teléfono móvil (cm) | Peso |
| Número de núcleos del procesador | Resolución de la cámara principal | Resolución de la pantalla, altura |
| Resolución de la pantalla, anchura | RAM | Altura |
| Anchura | Autonomía de la batería | 3G |
| Pantalla táctil | Wifi | Rango de precio / ID |

Hay una pequeña diferencia entre estos dos archivos, ambos tienen el mismo número de características, pero *train* tiene una columna con “price\_range” y *test* una con “id”. Posiblemente este último no tiene la información del precio porque en alguna ocasión se ha usado este conjunto de datos para alguna competición de **machine learning**. Esto hace que solo se pueda usar el archivo *train* porque es el que contiene lo que será la futura “Y”.

El conjunto de datos *train* está formado por 21 características y 2000 ejemplos. Esto hace que se pueda dividir en 3 tipos de conjuntos y aun así tener un gran número de ejemplos en cada uno. Las diferentes divisiones son: **train** (60%, 1200 ejemplos)**, validation** (20%, 400 ejemplos)y **test** (20%, 400 ejemplos). Esta división se ha realizado a través de código (ver [**Apéndice A**](#_Código_usado_para)).

De las 21 características mencionadas anteriormente, se cogerán 20 de ellas para estudiar la restante, el **rango de precio**. Esta característica puede adquirir un valor del 0 al 3, ambos incluidos, donde 0 corresponderá a la gama de teléfonos más baja y 3 a la gama más alta. Al tener estas características unos rangos numéricos tan diversos se han normalizado estos datos en todos los experimentos.

# Herramientas usadas

Para realizar este trabajo se han utilizado diversas librerías que se han estudiado durante el curso:

* **Numpy**. Es un paquete que permite manejar de forma eficiente contenedores multidimensionales de datos genéricos. (“NumPy — NumPy,” n.d.)
* **Matplotlib**. Permite trazar gráficas 2D. (“Matplotlib: Python plotting — Matplotlib 3.1.2 documentation,” n.d.)
* **SciPy**. Ecosistema basado en Python de código abierto para matemáticos, científicos e ingenieros. (“SciPy.org — SciPy.org,” n.d.)
* **Scikit-learn**. Librería de código abierto de aprendizaje automático que aporta herramientas para el aprendizaje supervisado y no supervisado.

# Regresión Logística

## Implementación

En primer lugar, se han preparado los siguientes datos y funciones para que los cálculos sean correctos:

* Con la función *num\_to\_vector* se ha creado un nuevo vector Y donde cada elemento está marcado como “0” o “1” dependiendo si coincide con el valor requerido, es decir, si se pide que se haga con el valor “2” pondrá todos los elementos a “0” excepto los que valen “2” en la Y, que los pondrá a “1”.

Además, se ha creado una función para averiguar el mejor valor para *lambda*, de los valores proporcionados en un vector ([0, 0.001, 0.003, 0.01, 0.03, 0.1, 0.3, 1, 3]), del algoritmo que se está aplicando en ese momento. Estos cálculos necesitan los dataset *train* y *validation.* El resultado final es la *lambda* que menor coste ha resultado tener con el dataset *validation*. Esto es debido a que si se elige el menor proporcionado por *train* habría una gran probabilidad de que se produjera sobreajuste.

A parte de estas funcionalidades que se han nombrado se encuentra la función *get\_optimize\_theta* al igual que en regresión, la cual devuelve los pesos óptimos según los valores proporcionados.

Se ha implementado también lo que se podría decir que es la función principal, *oneVsAll*. Esta entrena varios clasificadores por *regresión logística* con un determinado término de regularización y devuelve el resultado en una matriz, donde la fila i-ésima corresponde al clasificador de la etiqueta i-ésima. Con etiqueta se refiere a los valores que puede tomar Y ([0, 3]).

Queda añadir que se han usado un total de 5 algoritmos: BGFS, CG, L-BFGS-B, SLSQP y TNC. Se han excluido los demás algoritmos debido al tiempo que ocupa hacer tantos cada vez que se quiere mostrar una gráfica.

## Resultados

Se pueden observar tres tipos de gráficas distintas:

* El porcentaje de error que tienen los valores de las distintas *lambdas* de cada algoritmo (ver [**Apéndice B**](#_Redes_Neuronales._Error)). Lo más llamativo es que a medida que aumenta el valor de *lambda* más error de clasificación se obtiene.
* La precisión que tienen los algoritmos con cada una de las *lambdas* (ver [**Apéndice B**](#_Redes_Neuronales._Precisión)). Se puede observar que no hay mucha diferencia de precisión entre los distintos valores, pero destaca que, a mayor *lambda*, menor precisión.
* Precisión de los algoritmos con el mejor valor de *lambda* respectivamente. Las precisiones son muy similares, se podría descartar estas diferencias y escoger cualquiera.

Nota: Es posible que los resultados no coincidan entre las diversas gráficas debido a que son distintas ejecuciones.

# Redes Neuronales

## Implementación

En primer lugar, se han preparado los siguientes datos y funciones para que los cálculos sean correctos:

* Con la función *num\_to\_vector* se ha creado una nueva matriz Y donde cada vector está formado por “0” exceptuando el valor marcado en la Y del conjunto de datos, que se pone a “1”.
* La función ­*random\_weight(L\_in, L\_out)* crea dos matrices de pesos de manera aleatoria de tamaño (L\_out, L\_in +1).
* El tamaño de las capas, donde la primera es 20, número de características; la segunda se ha decidido que sea 8 y la tercera es 4, valor máximo + 1 que puede alcanzar la Y.

En segundo lugar, se ha implementado las funciones coste y gradiente de la red neuronal. Luego se ha creado la función *backprop* que utiliza la nueva matriz Y, las matrices de pesos dados aleatoriamente y la propagación hacia delante para calcular el coste regularizado y el gradiente.

Además, como en *regresión logística* se ha creado una función para averiguar el mejor valor para *lambda* del algoritmo que se está aplicando en ese momento. Estos cálculos necesitan los dataset *train* y *validation.*

A parte de estas funcionalidades que se han nombrado se encuentra la función *get\_optimize\_theta* al igual que en regresión, la cual devuelve los pesos óptimos según los valores proporcionados.

Una vez que se han implementado todo lo que se ha comentado (ver [**Apéndice A**](#_Código_usado_para_2)), los pasos a seguir son los siguientes:

1. Se usa la función *num\_vector* para crear las matrices de “Y” e “Y\_val”.
2. Se asignan valores aleatorios a dos matrices de pesos, para ello está *random\_weight.*
3. Se concatenan los pesos en un solo vector.
4. Se averigua el valor de *lambda* que proporciona la mejor precisión para respectivo algoritmo.
5. Se averiguan los pesos óptimos según la información que hay hasta el momento.
6. Por último, se averigua el coste correspondiente usando “X\_test” y los pesos óptimos. Además, se calcula la precisión de los cálculos mediante “Y\_test”.

Se han usado el mismo conjunto de algoritmos que en *regresión logística* para dar uniformidad a los resultados.

## Resultados

Se han extraído tres tipos de gráficas:

* El porcentaje de error que tienen los valores de las distintas *lambdas* de cada algoritmo (ver [**Apéndice B**](#_Redes_Neuronales._Error)). Lo más llamativo es que a medida que aumenta el valor de *lambda* más error de clasificación se obtiene.
* La precisión que tienen los algoritmos con cada una de las *lambdas* (ver [**Apéndice B**](#_Redes_Neuronales._Precisión)). Se puede observar que no hay mucha diferencia de precisión entre los distintos valores, las mayores fluctuaciones las sufre el algoritmo TNC.
* Precisión de los algoritmos con el mejor valor de *lambda* respectivamente, modificando el tamaño de la capa oculta (ver [**Apéndice B**](#_Redes_Neuronales._Precisión_1)). Las precisiones son muy similares, se podría descartar estas diferencias y escoger cualquiera, pero se puede observar que hay dos algoritmos que han resultado ser los mejores, BFGS y L-BFGS-B, ambos con un tamaño de capa 8.

Nota: Las gráficas, a excepción del último punto, han sido dibujadas con una capa oculta de tamaño 8 como se ha dicho previamente.

Nota: Es posible que los resultados no coincidan entre las diversas gráficas debido a que son distintas ejecuciones.

# Support Vector Machines

## Implementación

Se han utilizado los siguientes *kernels* para las SVM: Sigmoide, Gaussiano, Polinómico y Lineal. El proceso ha consistido en crear una máquina con cada *kernel* correspondiente para ajustar el entrenamiento a los parámetros que necesita cada una:

* **Sigmoide**: Se ha buscado el valor *C* más adecuado sin sobre ajustar ni tener sesgo en el modelo y hemos observado que el valor del grado no modificaba nuestros resultados.
* **Gaussiano**: De la misma manera se ha buscado el *C* más adecuado.
* **Polinómico**: En este caso se ha comprobado los resultados con diversos *grados* del polinomio.
* **Lineal**: Por último, en este modelo se ha aplicado el mismo procedimiento que en el sigmoide y el gaussiano para encontrar el valor *C* que mejor se ajusta al modelo.

En todos estos casos se ha comprobado el resultado de los distintos ajustes de las máquinas con el error que se obtiene prediciendo con dichas *SVM* a los ejemplos de validación y los de entrenamiento. Después de implementar todo esto (ver [**Apéndice A**](#_Código_usado_para_3)) se han ajustado las máquinas a los valores óptimos de cada *kernel* y se han probado frente a los ejemplos de entrenamiento para comprobar la efectividad de cada *SVM* en el modelo de datos.

## Resultados

Hay un total de cuatro tipos de gráficas:

* Matriz de confusión donde se puede ver el desempeño de cada *kernel* que se emplea ha empleado (ver [**Apéndice B**](#_Support_Vector_Machines.))
* Búsqueda de los valores de *C* que mejor se adecuan en cada caso (ver  [**Apéndice B**](#_Support_Vector_Machines._1)).
* Frontera de decisión para ver como se ajustan los valores del *kernel* a los ejemplos de entrenamiento, ya que se partía de 20 elementos se ha utilizado la función *f\_classif* de *scikit-learn* para reducir los atributos a los 2 más significativos obteniendo una visión aproximada de como se ajustan las fronteras de decisión para cada clasificador (ver  [**Apéndice B**](#_Support_Vector_Machines._2)).
* Desempeño general de las distintas *SVM* (ver  [**Apéndice B**](#_Support_Vector_Machines._3)).

Nota: Es posible que los resultados no coincidan entre las diversas gráficas debido a que son distintas ejecuciones.

# Phone CompluHouse

## Funcionalidad

Como se nombró al principio del documento, se ha intentado crear una aplicación web para darle un uso a estos conocimientos que han sido aplicados en los apartados anteriores.

Tiene una funcionalidad muy básica, simplemente el usuario tiene que elegir las características del móvil que quiere comprar y la aplicación le dirá en qué gama de precios se encuentra: *GAMA BAJA, BAMA MEDIA, GAMA ALTA* y *GAMA SUPERIOR*.

## Implementación

Los datos a tener en cuenta para comprender su implementación es que se ha usado *redes neuronales* debido a que como se puede observar en sus gráficas, es la técnica de aprendizaje automático que mejores resultados ha ofrecido. Además, se ha elegido el algoritmo *TNC* debido a la velocidad de ejecución, su uso constante durante la asignatura y la poca diferencia de precisión con los demás.

Teniendo en cuenta estas decisiones solo queda nombrar los pasos seguidos (ver [**Apéndice A**](#_Código_usado_para_4)):

1. Se guardan los pesos óptimos que se calculan con el algoritmo TNC en redes neuronales.
2. Se cargan los datos de un dataset ya creado anteriormente, en este caso se ha decidido usar *test* de forma aleatoria. Luego se extrae la supuesta X.
3. Una vez que el usuario introduce las características de su teléfono deseado, se guarda en un array y luego se añade como nueva fila al dataset del punto anterior. Esto se hace para poder tener una gran variedad de ejemplos con los que poder normalizar la matriz X.
4. Una vez que se tienen los datos preparados se hace una pasada hacia delante para calcular la solución que espera el usuario.
5. Por último, se almacena en un archivo de texto la gama a la que pertenece dependiendo del valor calculado.

Nota: No se ha explicado la implementación de la aplicación web debido a que no está en las competencias de la asignatura. De todas formas, se proporcionará el código por si se quiere probar.

## Lanzar la aplicación

Para probar el funcionamiento de esta aplicación es necesario extraer los pesos óptimos; organizar la estructura de ficheros y directorios correctamente, y lanzar la aplicación desde la consola de comandos.

1. Para extraer los pesos óptimos hay que descomentar la línea de *savemat* que se puede ver en el código de *redes neuronales*. Se pueden los pesos de cualquier algoritmo, pero para la implementación se ha usado los del *TNC*.
2. La estructura de directorios y ficheros es algo especial debido a que se están usando servidores para poder lanzar la aplicación (ver [**Apéndice C**](#_Estructura_de_directorios)).
3. Para lanzar la aplicación es necesario ejecutar el archivo *run.py*. Después de esto, se podrá ver en consola una URL, la cual hay que usar en el navegador para poder acceder a la aplicación.

# Conclusiones

# Bibliografía

La paradoja de la elección: por qué nos cuesta decidir. (n.d.). Retrieved December 24, 2019, from https://hipertextual.com/2015/07/paradoja-eleccion

Matplotlib: Python plotting — Matplotlib 3.1.2 documentation. (n.d.). Retrieved January 10, 2020, from https://matplotlib.org/

Mobile Price Classification | Kaggle. (n.d.). Retrieved December 24, 2019, from https://www.kaggle.com/iabhishekofficial/mobile-price-classification

NumPy — NumPy. (n.d.). Retrieved January 10, 2020, from https://numpy.org/

SciPy.org — SciPy.org. (n.d.). Retrieved January 10, 2020, from https://www.scipy.org/

# Apéndices

## Apéndice A. Código utilizado

##### Código usado para dividir el dataset principal

*datasetPreparation.py*

from pandas.io.parsers import read\_csv

import csv

import numpy as np

def carga\_csv(file\_name):

    valores = read\_csv(file\_name, header=None).values

    # suponemos que siempre trabajaremos con float

    return valores[1:]

def main():

    datos = carga\_csv("train.csv")

    # Eliminamos la primera fila con los atributos del dataset

    datosLen = len(datos)  # 2001 casos de entrenamiento

    # Cogemos el 60% de los datos set de entrenamiento

    n\_training = int(datosLen\*0.6)

    training\_set = datos[:n\_training]

    # Por otro lado el 20% para el set de validacion

    n\_validation = int(datosLen\*0.2)

    validation\_set = datos[n\_training:n\_training+n\_validation]

    # Por ultimo el 20% restante para el conjunto de prueba

    n\_test = datosLen - n\_training - n\_validation

    test\_set = datos[-n\_test:]

    with open('ProcessedDataSet/train.csv', mode='w', newline='') as processedTraining:

        processedTrainingWriter = csv.writer(

            processedTraining, delimiter=',')

        processedTrainingWriter.writerows(training\_set)

    with open('ProcessedDataSet/validation.csv', mode='w', newline='') as processedValidation:

        processedValidationWriter = csv.writer(

            processedValidation, delimiter=',')

        processedValidationWriter.writerows(validation\_set)

    with open('ProcessedDataSet/test.csv', mode='w', newline='') as processedTest:

        processedTestWriter = csv.writer(processedTest, delimiter=',')

        processedTestWriter.writerows(test\_set)

main()

##### Código usado para Regresión Logística

*reg\_logistica.py*

import numpy as np

import matplotlib.pyplot as plt

from scipy.optimize import minimize

import math

########################################################################

###############             FUNCIONES BASICAS          #################

########################################################################

""" Sigmoide """

def sigmoid(z):

    sigmoid = 1 / (1 + np.exp(-z))

    return sigmoid

""" Calcula el coste de un determinado conjunto de ejemplos """

def f\_cost(Theta, X, Y, reg):

    m = X.shape[0]

    h\_theta = sigmoid(np.dot(X, Theta))

    # Calculo del coste sin el termino de regularizacion

    term1 = np.dot(-Y.T, np.log(h\_theta))

    term2 = np.dot((1 - Y).T, np.log(1 - h\_theta))

    # Calculo del termino de regularizacion

    reg\_term = (reg / (2 \* m)) \* np.sum(np.square(Theta[1:]))

    # Calculo del coste

    cost = (np.sum(term1 - term2) / m) + reg\_term

    return cost

""" Calcula el gradiente de un determinado conjunto de ejemplos """

def f\_gradient(Theta, X, Y, reg):

    m = X.shape[0]

    h\_theta = sigmoid(np.dot(X, Theta))

    # Calculo del gradiente sin el termino de regularizacion

    reg\_term = (reg / m) \* (Theta[1:])

    # Calculo del termino de regularizacion

    gradient = (1 / m) \* np.dot(X.T, (h\_theta - Y))

    # Calculo del gradiente

    gradient[1:] = gradient[1:] + reg\_term

    return gradient

""" Devuelve el coste y el gradiente """

def f\_opt(Theta, X, Y, reg):

    return f\_cost(Theta, X, Y, reg), f\_gradient(Theta, X, Y, reg)

########################################################################

#############   FUNCIONES USADAS PARA EL ENTRENAMIENTO   ###############

########################################################################

def num\_to\_vector(Y, n):

    newY = np.array((Y == n) \* 1)

    newY = newY[:None]

    return newY

""" Calcula el Theta optimo """

def get\_optimize\_theta(X, Y, reg, comp\_method, use\_jac):

    initial\_theta = np.zeros((X.shape[1], 1))

    if use\_jac:

        optTheta = minimize(fun=f\_cost, x0=initial\_theta,

                            args=(X, Y, reg), method=comp\_method, jac=f\_gradient)

    else:

        optTheta = minimize(fun=f\_cost, x0=initial\_theta,

                            args=(X, Y, reg), method=comp\_method)

    return optTheta.x

""" Selecciona el mejor termino de regularizacion de una tupla de posibles valores """

def lambda\_term\_selection(X, Y, X\_val, Y\_val, comp\_method, use\_jac):

    lambda\_vec = np.array([0, 0.001, 0.003, 0.01, 0.03, 0.1, 0.3, 1, 3])

    error\_train = np.zeros((len(lambda\_vec), 1))

    error\_val = np.zeros((len(lambda\_vec), 1))

    for i in range(len(lambda\_vec)):

        reg = lambda\_vec[i]

        for n in range(4):

            newY = num\_to\_vector(Y, n)

            newY\_val = num\_to\_vector(Y\_val, n)

            Theta = get\_optimize\_theta(X, newY, reg, comp\_method, use\_jac)

            error\_train[i] += f\_opt(Theta, X, newY, reg)[0]

            error\_val[i] += f\_opt(Theta, X\_val, newY\_val, reg)[0]

    draw\_lambda\_values(lambda\_vec, error\_train, error\_val, method=comp\_method)

    best\_lambda = 0

    min\_error = float("inf")

    for i in range(len(lambda\_vec)):

        if not math.isnan(error\_val[i]) and error\_val[i] < min\_error:

            min\_error = error\_val[i]

            best\_lambda = lambda\_vec[i]

    return best\_lambda

""" Entrena los clasificadores de cada clase """

def oneVsAll(X, Y, num\_of\_price\_range, reg, comp\_method, use\_jac):

    # Numero de propiedades de los ejemplos

    n = X.shape[1]

    matResult = np.zeros((num\_of\_price\_range, n))  # (4, 21)

    for i in range(num\_of\_price\_range):

        # Se obtiene una nueva "y" donde se indica si el ejemplo

        # j-esimo pertence a dicha clase o no.

        newY = num\_to\_vector(Y, i)

        matResult[i] = get\_optimize\_theta(

            X, newY, reg, comp\_method, use\_jac).ravel()

    return matResult

""" Calcula la precision """

def testClassificator(Theta, X, Y):

    aciertos = 0

    for m in range(X.shape[0]):  # Para cada ejemplo de entrenamiento

        bestClassificator = -1

        index = 0

        for j in range(Theta.shape[0]):  # Ponemos a prueba cada clasificador

            result = sigmoid(np.dot(Theta[j], X[m]))

            if(result > bestClassificator):

                bestClassificator = result

                index = j

        if(index == Y[m]):

            aciertos += 1

    precission = round((aciertos / X.shape[0]) \* 100, 1)

    return precission

def draw\_lambda\_values(lambda\_values, error\_train, error\_val, method):

    plt.figure(figsize=(8, 5))

    plt.plot(lambda\_values, error\_val, 'or--', label='Validation Set Error')

    plt.plot(lambda\_values, error\_train, 'bo--', label='Training Set Error')

    plt.xlabel('$\lambda$ value', fontsize=16)

    plt.ylabel('Classification Error [%]', fontsize=14)

    plt.title(f'Finding Best $\lambda$ value for method {method}', fontsize=18)

    plt.xscale('log')

    plt.legend()

    plt.show()

def logistic\_regression(X, Y, X\_val, Y\_val, X\_test, Y\_test, method, jac):

    best\_lambda = lambda\_term\_selection(X, Y, X\_val, Y\_val, method, jac)

    optTheta = oneVsAll(X, Y, 4, best\_lambda, method, jac)

    print(f'método {method} terminado con éxito!')

    return testClassificator(optTheta, X\_test, Y\_test)

*main.py*

from matplotlib.ticker import FuncFormatter

import matplotlib.pyplot as plt

import numpy as np

from pandas.io.parsers import read\_csv

import reg\_logistica

'''

    Theta: (n + 1, 1)

    X: (m, n + 1)

    Y: (m, 1)

'''

def draw\_precission(precission):

    plt.figure(figsize=(14, 6))

    plt.title('Regularized Logistic Regression with $\lambda$ = 1')

    plt.xlabel('Algorithm method')

    plt.ylabel('Precission')

    plt.ylim(0, 100)

    x = np.arange(len(precission))

    rects = plt.bar(x, precission, color='red')

    plt.xticks(x, ('CG', 'BFGS', 'L-BFGS-B', 'TNC', 'SLSQP'))

    for rect in rects:

        height = rect.get\_height()

        plt.annotate('{}%'.format(height),

                     xy=(rect.get\_x() + rect.get\_width() / 2, height / 2),

                     xytext=(0, 3),  # 3 points vertical offset

                     textcoords="offset points",

                     ha='center', va='bottom', color=(1.0, 1.0, 1.0, 1.0),

                    fontsize=20, weight='bold')

    plt.show()

# Carga un fichero ".csv" y devuelve los datos

def load\_data(file\_name):

    values = read\_csv(file\_name, header=None).values

    return values.astype(float)

def normalize\_matrix(X):

    mu = np.mean(X, axis=0)

    X\_norm = X - mu

    sigma = np.std(X\_norm, axis=0)

    X\_norm = X\_norm / sigma

    return X\_norm

def get\_data\_matrix(data):

    X = np.delete(data, data.shape[1] - 1, axis=1)  # (1200, 20)

    X = normalize\_matrix(X)

    X = np.insert(X, 0, 1, axis=1)  # (1200, 21)

    Y = data[:, data.shape[1] - 1]  # (1200,)

    return X, Y

def main():

    train\_data = load\_data("../ProcessedDataSet/train.csv")

    validation\_data = load\_data("../ProcessedDataSet/validation.csv")

    test\_data = load\_data("../ProcessedDataSet/test.csv")

    X, Y = get\_data\_matrix(train\_data)

    X\_val, Y\_val = get\_data\_matrix(validation\_data)

    X\_test, Y\_test = get\_data\_matrix(test\_data)

    cg\_precission = reg\_logistica.logistic\_regression(

        X, Y, X\_val, Y\_val, X\_test, Y\_test, 'CG', True)

    bfgs\_precission = reg\_logistica.logistic\_regression(

        X, Y, X\_val, Y\_val, X\_test, Y\_test, 'BFGS', True)

    l\_bfgs\_b\_precission = reg\_logistica.logistic\_regression(

        X, Y, X\_val, Y\_val, X\_test, Y\_test, 'L-BFGS-B', True)

    tnc\_precission = reg\_logistica.logistic\_regression(

        X, Y, X\_val, Y\_val, X\_test, Y\_test, 'TNC', True)

    slsqp\_precission = reg\_logistica.logistic\_regression(

        X, Y, X\_val, Y\_val, X\_test, Y\_test, 'SLSQP', True)

    precission = [cg\_precission, bfgs\_precission, l\_bfgs\_b\_precission, tnc\_precission, slsqp\_precission]

    draw\_precission(precission)

main()

##### Código usado para Redes Neuronales

*neural\_network.py*

import numpy as np

import scipy.optimize as opt

import matplotlib.pyplot as plt

import math

from scipy.io import savemat

# Función sigmoide

def sigmoid(z):

    return 1 / (1 + np.exp(-z))

# Cálculo de la derivada de la función sigmoide

def der\_sigmoid(z):

    return (sigmoid(z) \* (1.0 - sigmoid(z)))

# Cáculo del coste no regularizado

def coste\_no\_reg(m, h, y):

    J = 0

    for i in range(m):

        J += np.sum(-y[i] \* np.log(h[i]) \

             - (1 - y[i]) \* np.log(1 - h[i]))

    return (J / m)

# Cálculo del coste regularizado

def f\_cost(m, h, Y, reg, theta1, theta2):

    return (coste\_no\_reg(m, h, Y) +

        ((reg / (2 \* m)) \*

        (np.sum(np.square(theta1[:, 1:])) +

        np.sum(np.square(theta2[:, 1:])))))

# Inicializa una matriz de pesos aleatorios

def random\_weight(L\_in, L\_out):

    ini = 0.12

    theta = np.random.uniform(low=-ini, high=ini, size=(L\_out, L\_in))

    theta = np.hstack((np.ones((theta.shape[0], 1)), theta))

    return theta

def num\_to\_vector(n, output\_layer):

    lenN = len(n)

    n = n.ravel()

    n\_onehot = np.zeros((lenN, output\_layer))

    for i in range(lenN):

        n\_onehot[i][int(n[i])] = 1

    return n\_onehot

""" Selecciona el mejor termino de regularizacion de una tupla de posibles valores """

def lambda\_term\_selection(nn\_params, input\_layer, hidden\_layer , output\_layer, X, Y\_onehot, \

    X\_val, Y\_val\_onehot, comp\_method, use\_jac):

    lambda\_vec = np.array([0, 0.001, 0.003, 0.01, 0.03, 0.1, 0.3, 1, 3, 10])

    error\_train = np.zeros((len(lambda\_vec), 1))

    error\_val = np.zeros((len(lambda\_vec), 1))

    for i in range(len(lambda\_vec)):

        reg = lambda\_vec[i]

        Theta = get\_optimize\_theta(nn\_params, input\_layer, hidden\_layer, \

        output\_layer, X, Y\_onehot, reg, comp\_method, use\_jac)

        # Despliegue de params\_rn para sacar las Thetas

        theta1 = np.reshape(Theta.x[:hidden\_layer \* (input\_layer + 1)],

                (hidden\_layer, (input\_layer + 1)))

        theta2 = np.reshape(Theta.x[hidden\_layer \* (input\_layer + 1): ],

            (output\_layer, (hidden\_layer + 1)))

        a1, z2, a2, z3, h = forward\_propagate(X, theta1, theta2)

        error\_train[i] = f\_cost(X.shape[0], h, Y\_onehot, reg, theta1, theta2)

        a1, z2, a2, z3, h\_val = forward\_propagate(X\_val, theta1, theta2)

        error\_val[i] = f\_cost(X\_val.shape[0], h\_val, Y\_val\_onehot, reg, theta1, theta2)

    #draw\_lambda\_values(lambda\_vec, error\_train, error\_val, method=comp\_method)

    best\_lambda = 0

    min\_error = float("inf")

    for i in range(len(lambda\_vec)):

        if not math.isnan(error\_val[i]) and error\_val[i] < min\_error:

            min\_error = error\_val[i]

            best\_lambda = lambda\_vec[i]

    return best\_lambda

def get\_optimize\_theta(nn\_params, input\_layer, hidden\_layer , output\_layer, X, Y\_onehot, reg, comp\_method, use\_jac):

    initial\_theta = np.zeros((X.shape[1], 1))

    # Obtención de los pesos óptimos entrenando una red con los pesos aleatorios

    if use\_jac:

        optTheta = opt.minimize(

            fun=backprop,

            x0=nn\_params,

            args=(input\_layer, hidden\_layer, output\_layer, X, Y\_onehot, reg),

            method=comp\_method,

            jac=True,

            options={'maxiter': 70})

    else:

        optTheta = opt.minimize(

            fun=backprop,

            x0=nn\_params,

            args=(input\_layer, hidden\_layer, output\_layer, X, Y\_onehot, reg),

            method=comp\_method,

            options={'maxiter': 70})

    return optTheta

# Devuelve "Y" a partir de una X y no unos pesos determinados

def forward\_propagate(X, theta1, theta2):

    m = X.shape[0]

    a1 = np.hstack([np.ones([m, 1]), X])    # (5000, 401)

    z2 = np.dot(a1, theta1.T)   # (5000, 25)

    a2 = np.hstack([np.ones([m, 1]), sigmoid(z2)])  # (5000, 26)

    z3 = np.dot(a2, theta2.T)   # (5000, 10)

    h = sigmoid(z3) # (5000, 10)

    return a1, z2, a2, z3, h

# Devuelve el coste y el gradiente de una red neuronal de dos capas

def backprop(params\_rn, input\_layer, hidden\_layer, output\_layer, X, y, reg):

    m = X.shape[0]

    # Despliegue de params\_rn para sacar las Thetas

    theta1 = np.reshape(params\_rn[:hidden\_layer \* (input\_layer + 1)],

            (hidden\_layer, (input\_layer + 1)))

    theta2 = np.reshape(params\_rn[hidden\_layer \* (input\_layer + 1): ],

        (output\_layer, (hidden\_layer + 1)))

    a1, z2, a2, z3, h = forward\_propagate(X, theta1, theta2)

    coste = f\_cost(m, h, y, reg, theta1, theta2) # Coste regularizado

    # Inicialización de dos matrices "delta" a 0 con el tamaño de los thethas respectivos

    delta1 = np.zeros\_like(theta1)

    delta2 = np.zeros\_like(theta2)

    # Por cada ejemplo

    for t in range(m):

        a1t = a1[t, :] # (1, 401)

        a2t = a2[t, :] # (1, 26)

        ht = h[t, :] # (1, 10)

        yt = y[t]

        d3t = ht - yt

        d2t = np.dot(theta2.T, d3t) \* (a2t \* (1 - a2t)) # (1, 26)

        delta1 = delta1 + np.dot(d2t[1:, np.newaxis], a1t[np.newaxis, :])

        delta2 = delta2 + np.dot(d3t[:, np.newaxis], a2t[np.newaxis, :])

    delta1 = delta1 / m

    delta2 = delta2 / m

    # Gradiente perteneciente a cada delta

    delta1[:, 1:] = delta1[:, 1:] + (reg \* theta1[:, 1:]) / m

    delta2[:, 1:] = delta2[:, 1:] + (reg \* theta2[:, 1:]) / m

    # Concatenación de los gradientes

    grad = np.concatenate((np.ravel(delta1), np.ravel(delta2)))

    return coste, grad

# Cálculo de la precisión

def testClassificator(h, Y):

    aciertos = 0

    for i in range (h.shape[0]):

        max = np.argmax(h[i])

        if max == Y[i]:

            aciertos += 1

    precision = round((aciertos / h.shape[0]) \* 100, 1)

    return precision

def training\_neural\_network(X, Y, X\_val, Y\_val, X\_test, Y\_test, input\_layer, hidden\_layer, output\_layer, \

    comp\_method, use\_jac):

    # Transforma Y en un vector

    Y\_onehot = num\_to\_vector(Y, output\_layer)

    Y\_val\_onehot = num\_to\_vector(Y\_val, output\_layer)

    # Inicialización de dos matrices de pesos de manera aleatoria

    Theta1 = random\_weight(input\_layer, hidden\_layer)

    Theta2 = random\_weight(hidden\_layer, output\_layer)

    # Crea una lista de Thetas

    Thetas = [Theta1, Theta2]

    # Concatenación de las matrices de pesos en un solo vector

    unrolled\_Thetas = [Thetas[i].ravel() for i,\_ in enumerate(Thetas)]

    nn\_params = np.concatenate(unrolled\_Thetas)

    reg = lambda\_term\_selection(nn\_params, input\_layer, hidden\_layer, output\_layer, \

        X, Y\_onehot, X\_val, Y\_val\_onehot, comp\_method, use\_jac)

    optTheta = get\_optimize\_theta(nn\_params, input\_layer, hidden\_layer, \

        output\_layer, X, Y\_onehot, reg, comp\_method, use\_jac)

    # Desglose de los pesos óptimos en dos matrices

    newTheta1 = np.reshape(optTheta.x[:hidden\_layer \* (input\_layer + 1)],

        (hidden\_layer, (input\_layer + 1)))

    newTheta2 = np.reshape(optTheta.x[hidden\_layer \* (input\_layer + 1): ],

        (output\_layer, (hidden\_layer + 1)))

    #savemat("weights.mat", {'Theta1': newTheta1, 'Theta2': newTheta2})

    # H, resultado de la red al usar los pesos óptimos

    a1, z2, a2, z3, h = forward\_propagate(X\_test, newTheta1, newTheta2)

    # Cálculo de la precisión

    return testClassificator(h, Y\_test)

def draw\_lambda\_values(lambda\_values, error\_train, error\_val, method):

    plt.figure(figsize=(8, 5))

    plt.plot(lambda\_values, error\_val, 'or--', label='Validation Set Error')

    plt.plot(lambda\_values, error\_train, 'bo--', label='Training Set Error')

    plt.xlabel('$\lambda$ value', fontsize=16)

    plt.ylabel('Classification Error [%]', fontsize=14)

    plt.title(f'Finding Best $\lambda$ value for method {method}', fontsize=18)

    plt.xscale('log')

    plt.legend()

    plt.show()

*main.py*

import numpy as np

from pandas.io.parsers import read\_csv

import matplotlib.pyplot as plt

import scipy.optimize as opt

import neural\_network

'''

3 capas:

    + 20 en la primera capa (la primera siempre fijada +1)

    + 8 en la capa oculta

    + 4 en la de salida

Theta1 de dimension (8 x 21)

Theta2 de dimension (4 x 9)

'''

def draw\_precission(precission):

    plt.figure(figsize=(14, 6))

    plt.title('Neural Network Precission with the best $\lambda$ for each method')

    plt.xlabel('Algorithm method')

    plt.ylabel('Precission')

    plt.ylim(0, 100)

    x = np.arange(len(precission))

    rects = plt.bar(x, precission)

    plt.xticks(x, ('CG', 'BFGS', 'L-BFGS-B', 'TNC', 'SLSQP'))

    for rect in rects:

        height = rect.get\_height()

        plt.annotate('{}%'.format(height),

                    xy=(rect.get\_x() + rect.get\_width() / 2,

                    height / 2),

                    xytext=(0, 0),  # 3 points vertical offset

                    textcoords="offset points",

                    ha='center', va='bottom', color=(0.0, 0.0, 0.0, 1.0),

                    fontsize=20, weight='bold')

    plt.show()

# Carga un fichero ".csv" y devuelve los datos

def load\_data(file\_name):

    values = read\_csv(file\_name, header=None).values

    return values.astype(float)

def normalize\_matrix(X):

    mu = np.mean(X, axis=0)

    X\_norm = X - mu

    sigma = np.std(X\_norm, axis=0)

    X\_norm = X\_norm / sigma

    return X\_norm

def get\_data\_matrix(data):

    X = np.delete(data, data.shape[1] - 1, axis=1) # (1200, 20)

    X = normalize\_matrix(X)

    Y = data[:, data.shape[1] - 1] # (1200,)

    return X, Y

def main():

    train\_data = load\_data("../ProcessedDataSet/train.csv")

    validation\_data = load\_data("../ProcessedDataSet/validation.csv")

    test\_data = load\_data("../ProcessedDataSet/test.csv")

    X, Y = get\_data\_matrix(train\_data)

    X\_val, Y\_val = get\_data\_matrix(validation\_data)

    X\_test, Y\_test = get\_data\_matrix(test\_data)

    input\_layer = X.shape[1]

    hidden\_layer = 16

    output\_layer = 4

    cg\_precission = neural\_network.training\_neural\_network(X, Y, X\_val, Y\_val, X\_test, Y\_test, input\_layer, \

        hidden\_layer, output\_layer, 'CG', True)

    bfgs\_precission = neural\_network.training\_neural\_network(X, Y, X\_val, Y\_val, X\_test, Y\_test, input\_layer, \

        hidden\_layer, output\_layer, 'BFGS', True)

    l\_bfgs\_b\_precission = neural\_network.training\_neural\_network(X, Y, X\_val, Y\_val, X\_test, Y\_test, input\_layer, \

        hidden\_layer, output\_layer, 'L-BFGS-B', True)

    tnc\_precission = neural\_network.training\_neural\_network(X, Y, X\_val, Y\_val, X\_test, Y\_test, input\_layer, \

        hidden\_layer, output\_layer, 'TNC', True)

    slsqp\_precission = neural\_network.training\_neural\_network(X, Y, X\_val, Y\_val, X\_test, Y\_test, input\_layer, \

        hidden\_layer, output\_layer, 'SLSQP', True)

    precission = [cg\_precission, bfgs\_precission, l\_bfgs\_b\_precission, tnc\_precission, slsqp\_precission]

    draw\_precission(precission)

main()

##### Código usado para Support Vector Machines

*svm.py*

import numpy as np

from sklearn.metrics import classification\_report, confusion\_matrix

from sklearn import svm

from sklearn.metrics import precision\_score

import math

import matplotlib.pyplot as plt

from sklearn.metrics import precision\_recall\_curve

from sklearn.metrics import plot\_precision\_recall\_curve

from sklearn.metrics import plot\_confusion\_matrix

from sklearn.feature\_selection import SelectKBest, f\_classif, chi2, mutual\_info\_classif

def getSampleError(Xval, yval, Xtrain, ytrain, classificator, testingValue):

    '''

    Funcion para calcular el error dados unos ejemplos de entrenamiento, ejemplos de validadion, un clasificador

    y unos valores a probar

    '''

    # calculamos el error con los ejemplos de validacion

    predictedValY = classificator.predict(Xval)

    validation\_error = 100.0 \* \

        float(sum(predictedValY != yval))/yval.shape[0]

    # calculamos el error con los ejemplos de entrenamiento

    predictedTrainY = classificator.predict(Xtrain)

    train\_error = 100.0 \* \

        float(sum(predictedTrainY != ytrain))/ytrain.shape[0]

   # print('{}\t{}\t{}\n'.format(testingValue, train\_error, validation\_error))

    return train\_error, validation\_error

def trainSigmoidSVM(X\_train, y\_train, Xval, yval, X\_test, y\_test):

     # Despues de haber calculado los errores con distintos grados, hemos visto que el resultado variaba en funcion

    # del valor de C, y no el grado, asi que calculamos directamente el mejor C

    C\_test\_values = [0.0001, 0.001, 0.01, 0.03, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0,

                     5.0, 7.0, 10.0, 15.0, 18.0, 21.0, 25.0, 27.0, 30.0, 35.0, 37.0, 40.0]

    error\_train = []

    error\_val = []

    for testing\_c in C\_test\_values:

        svclassifier = svm.SVC(

            kernel='sigmoid', C=testing\_c)

        svclassifier.fit(X\_train, y\_train)

        train\_error, val\_error = getSampleError(

            Xval, yval, X\_train, y\_train, svclassifier, testing\_c)

        error\_train.append(train\_error)

        error\_val.append(val\_error)

        print(

            f'C{testing\_c}:\t {train\_error}\t {val\_error}')

    # Vemos que el mejor valor es con C = 0.6

def trainGaussianSVM(X\_train, y\_train, Xval, yval, X\_test, y\_test):

    # Despues de haber calculado los errores con distintos grados, hemos visto que el resultado variaba en funcion

    # del valor de C, y no el grado, asi que calculamos directamente el mejor C

    C\_test\_values = [0.0001, 0.001, 0.01, 0.03, 0.1, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0,

                     5.0, 7.0, 10.0, 15.0, 18.0, 21.0, 25.0, 27.0, 30.0, 35.0, 37.0, 40.0]

    error\_train = []

    error\_val = []

    print('degree and C \tTrain Error\tValidation Error\n')

    for testing\_c in C\_test\_values:

        svclassifier = svm.SVC(

            kernel='rbf', C=float(testing\_c))

        svclassifier.fit(X\_train, y\_train)

        train\_error, val\_error = getSampleError(

            Xval, yval, X\_train, y\_train, svclassifier, testing\_c)

        error\_train.append(train\_error)

        error\_val.append(val\_error)

        print(f'C{testing\_c}:\t {train\_error}\t {val\_error}')

    draw\_findingBestValue(C\_test\_values, error\_val, error\_train,

                          'Finding Best C for gaussian kernel', 'C')

def draw\_findingBestValue(test\_values, error\_val, error\_train, title, xLabelText):

    plt.figure(figsize=(8, 5))

    plt.plot(test\_values, error\_val, 'or--', label='Validation Set Error')

    plt.plot(test\_values, error\_train, 'bo--', label='Training Set Error')

    plt.xlabel(f'${xLabelText}$ Value', fontsize=16)

    plt.ylabel('Classification Error [%]', fontsize=14)

    plt.title(title, fontsize=18)

    plt.legend()

    plt.show()

def trainPolynomialSVM(X\_train, y\_train, Xval, yval, X\_test, y\_test):

    test\_degrees = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]

    error\_train = []

    error\_val = []

    print('Degree\tTrain Error\tValidation Error\n')

    for tDegree in test\_degrees:

        svclassifier = svm.SVC(kernel='poly', degree=tDegree)

        svclassifier.fit(X\_train, y\_train)

        train\_error, val\_error = getSampleError(

            Xval, yval, X\_train, y\_train, svclassifier, tDegree)

        error\_train.append(train\_error)

        error\_val.append(val\_error)

    draw\_findingBestValue(test\_degrees, error\_val, error\_train,

                          'Finding Best polynomial degree value', 'Degree')

    # Parece que el mejor grado es un grado 3

def findBetterCForLinear(Xtrain, ytrain, Xval, yval):

    C\_test\_values = [0.0001, 0.001, 0.01, 0.03, 0.1, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0,

                     5.0, 7.0, 10.0, 15.0, 18.0, 21.0, 25.0, 27.0, 30.0, 35.0, 37.0, 40.0]

    error\_train = []

    error\_val = []

    print('C\tTrain Error\tValidation Error\n')

    for testing\_c in C\_test\_values:

        linear\_svm = svm.SVC(C=testing\_c, kernel='linear')

        # Ajustamos el kernel a los ejemplos de entrenamiento

        linear\_svm.fit(Xtrain, ytrain)

        train\_error, val\_error = getSampleError(

            Xval, yval, Xtrain, ytrain, linear\_svm, testing\_c)

        error\_train.append(train\_error)

        error\_val.append(val\_error)

    #draw\_findingBestValue(C\_test\_values, error\_train,error\_val, 'Finding Best C Value', 'C')

    # De la grafica podemos observar que los mejores valores se encuentrar alrededor de utilizar una C con un

    # valor de  37.0

def trainSVMForLinear(X\_train, y\_train, X\_test, y\_test, yval, Xval):

    findBetterCForLinear(X\_train, y\_train, Xval, yval)

def testLinearSVM(X\_train, y\_train, X\_test, y\_test):

    svclassifier = svm.SVC(kernel='linear', C=37.0)

    svclassifier.fit(X\_train, y\_train)

    # Ahora que hemos encontrado un buen valor de C, lo comprobamos contra los ejemplos

    # de prueba

    y\_pred = svclassifier.predict(X\_test)

    linearSVMAccuracy = precision\_score(y\_test, y\_pred, average='micro')\*100.

    print(confusion\_matrix(y\_test, y\_pred))

    print(classification\_report(y\_test, y\_pred))

    print(

        f"La precisión del kernel lineal con un valor C = 37.0 es del {linearSVMAccuracy}%")

    plotConfusionMatrix(svclassifier, X\_test,

                        y\_test, 'true', "Linear")

    return linearSVMAccuracy, svclassifier

def testSigmoidSVM(X\_train, y\_train, X\_test, y\_test):

    bestC = 0.6

    finalSigmoidClassifier = svm.SVC(kernel='sigmoid', C=bestC)

    finalSigmoidClassifier.fit(X\_train, y\_train)

    y\_pred = finalSigmoidClassifier.predict(X\_test)

    sigmoidSVMAccuracy = precision\_score(y\_test, y\_pred, average='micro')\*100.

    print(

        f"La precisión del kernel sigmoide con un valor de C = {bestC} es del {sigmoidSVMAccuracy}%")

    plotConfusionMatrix(finalSigmoidClassifier, X\_test,

                        y\_test, 'true', "Sigmoid")

    return sigmoidSVMAccuracy, finalSigmoidClassifier

def testGaussianSVM(X\_train, y\_train, X\_test, y\_test):

    bestC = 2.8

    finalGaussianClassifier = svm.SVC(kernel='rbf', C=bestC)

    finalGaussianClassifier.fit(X\_train, y\_train)

    y\_pred = finalGaussianClassifier.predict(X\_test)

    gaussianSVMAccuracy = precision\_score(y\_test, y\_pred, average='micro')\*100.

    print(

        f"La precisión del kernel gaussiano con un valor de C = {bestC} es del {gaussianSVMAccuracy}%")

    plotConfusionMatrix(finalGaussianClassifier, X\_test,

                        y\_test, 'true', "Gaussian")

    return gaussianSVMAccuracy, finalGaussianClassifier

def testPolynomialSVM(X\_train, y\_train, X\_test, y\_test):

    finalPolyClassifier = svm.SVC(kernel='poly', degree=3)

    finalPolyClassifier.fit(X\_train, y\_train)

    y\_pred = finalPolyClassifier.predict(X\_test)

    polySVMAccuracy = precision\_score(y\_test, y\_pred, average='micro')\*100.

    print(

        f"La precisión del kernel polinómico con un grado = 3 es del {polySVMAccuracy}%")

    plotConfusionMatrix(finalPolyClassifier, X\_test,

                        y\_test, 'true', "Polynomial")

    return polySVMAccuracy, finalPolyClassifier

def show\_global\_accuracy(X\_train, y\_train, X\_test, y\_test):

    preccision = [testSigmoidSVM(X\_train, y\_train, X\_test, y\_test), testGaussianSVM(X\_train, y\_train, X\_test, y\_test),

                  testPolynomialSVM(X\_train, y\_train, X\_test, y\_test),  testLinearSVM(X\_train, y\_train, X\_test, y\_test)]

    draw\_different\_kernels\_accuracy(preccision)

def draw\_different\_kernels\_accuracy(precission):

    plt.figure(figsize=(30, 20))

    plt.title('SVM kernels accuracy ')

    plt.xlabel('Kernel')

    plt.ylabel('Precission[%]')

    plt.ylim(0, 110)

    x = np.arange(len(precission))

    rects = plt.bar(x, precission, color='red')

    plt.xticks(x, ('Sigmoid', 'Gaussian', 'Polynomial', 'Linear',))

    for rect in rects:

        height = rect.get\_height()

        plt.annotate('{}%'.format(height),

                     xy=(rect.get\_x() + rect.get\_width() / 2, height),

                     xytext=(0, 3),  # 3 points vertical offset

                     textcoords="offset points",

                     ha='center', va='bottom')

    plt.show()

def plotConfusionMatrix(classifier, X\_test, y\_test, normalize, classifierName):

    disp = plot\_confusion\_matrix(classifier, X\_test, y\_test,

                                 display\_labels=[

                                     'low cost', 'medium cost', 'high cost', 'very high cost'],

                                 cmap=plt.cm.Blues,

                                 normalize=normalize)

    disp.ax\_.set\_title(f'Normalized confusion matrix for {classifierName}')

    plt.show()

'''

    Univariate feature selection works by selecting the best features based on

    univariate statistical tests. It can be seen as a preprocessing step to an estimator.

    Scikit-learn exposes feature selection routines as objects that implement the transform method:

    Para clasificacion se puede usar:

       chi2, f\_classif, mutual\_info\_classif

'''

def univariate\_feature\_selection(X\_train, y\_train):

    selector = SelectKBest(f\_classif,

                           k=2).fit\_transform(X\_train, y\_train)

    return selector

def make\_meshgrid(x, y, h=.02):

    x\_min, x\_max = x.min() - 1, x.max() + 1

    y\_min, y\_max = y.min() - 1, y.max() + 1

    xx, yy = np.meshgrid(np.arange(x\_min, x\_max, h),

                         np.arange(y\_min, y\_max, h))

    return xx, yy

def plot\_contours(ax, clf, xx, yy, \*\*params):

    Z = clf.predict(np.c\_[xx.ravel(), yy.ravel()])

    Z = Z.reshape(xx.shape)

    out = ax.contourf(xx, yy, Z, \*\*params)

    return out

def draw\_sets(X\_train, y\_train, classifier, name):

    X = univariate\_feature\_selection(X\_train, y\_train)

    clf = classifier.fit(X, y\_train)

    fig, ax = plt.subplots()

    title = (f'Decision surface for kernel {name}')

    X0, X1 = X[:, 0], X[:, 1]

    xx, yy = make\_meshgrid(X0, X1)

    plot\_contours(ax, clf, xx, yy, cmap=plt.cm.coolwarm, alpha=0.8)

    ax.scatter(X0, X1, c=y\_train, cmap=plt.cm.coolwarm, s=20, edgecolors='k')

    ax.set\_ylabel('Mobile spectrum')

    ax.set\_xlabel('2 Most significant attributes using f\_classif method')

    ax.set\_xticks(())

    ax.set\_yticks(())

    ax.set\_title(title)

    ax.legend()

    plt.show()

*main.py*

import numpy as np

from pandas.io.parsers import read\_csv

import svm as ourSVM

def load\_data(file\_name):

    values = read\_csv(file\_name, header=None).values

    return values.astype(float)

def normalize\_matrix(X):

    mu = np.mean(X, axis=0)

    X\_norm = X - mu

    sigma = np.std(X\_norm, axis=0)

    X\_norm = X\_norm / sigma

    return X\_norm

def get\_data\_matrix(data):

    X = np.delete(data, data.shape[1] - 1, axis=1)

    X = normalize\_matrix(X)

    X = np.insert(X, 0, 1, axis=1)

    Y = data[:, data.shape[1] - 1]

    return X, Y

def main():

    train\_data = load\_data("../ProcessedDataSet/train.csv")

    validation\_data = load\_data("../ProcessedDataSet/validation.csv")

    test\_data = load\_data("../ProcessedDataSet/test.csv")

    X, Y = get\_data\_matrix(train\_data)

    X\_val, Y\_val = get\_data\_matrix(validation\_data)

    X\_test, Y\_test = get\_data\_matrix(test\_data)

    '''Training Support Vector Machines '''

    #ourSVM.trainSVMForLinear(X, Y, X\_test, Y\_test, Y\_val, X\_val)

    #ourSVM.trainPolynomialSVM(X, Y, X\_val, Y\_val, X\_test, Y\_test)

    #ourSVM.trainGaussianSVM(X, Y, X\_val, Y\_val, X\_test, Y\_test)

    #ourSVM.trainSigmoidSVM(X, Y, X\_val, Y\_val, X\_test, Y\_test)

    '''Testing SVM'''

    sigmoidClassifier = ourSVM.testSigmoidSVM(X, Y, X\_test, Y\_test)[1]

    gaussianClassifier = ourSVM.testGaussianSVM(X, Y, X\_test, Y\_test)[1]

    polynomialClassifier = ourSVM.testPolynomialSVM(X, Y, X\_test, Y\_test)[1]

    linearClassifier = ourSVM.testLinearSVM(X, Y, X\_test, Y\_test)[1]

    classifiers = [sigmoidClassifier, gaussianClassifier,

                   polynomialClassifier, linearClassifier]

    names = ["Sigmoid", "Gaussian", "Polynomial", "Linear"]

    # Draw global accuracy plot

    #ourSVM.show\_global\_accuracy(X, Y, X\_test, Y\_test)

    for i in range(len(classifiers)):

        ourSVM.draw\_sets(X\_test, Y\_test, classifiers[i], names[i])

main()

##### Código usado para Phone CompluHouse

*run.py*

import numpy as np

from flask import Flask, render\_template, request, jsonify

import mobile\_price

app = Flask(\_\_name\_\_, static\_url\_path='')

num = 0

@app.route('/')

@app.route('/index.html')

def index():

    return render\_template('index.html')

@app.route('/main', methods=['GET', 'POST'])

def main():

    bateria\_val = request.args.get('bateria\_val', 0, type=float)

    blue\_val = request.args.get('blue\_val', 0, type=float)

    procesador\_val = request.args.get('procesador\_val', 0, type=float)

    sim\_val = request.args.get('sim\_val', 0, type=float)

    cam\_fron\_val = request.args.get('cam\_fron\_val', 0, type=float)

    cuatrog\_val = request.args.get('cuatrog\_val', 0, type=float)

    memoria\_val = request.args.get('memoria\_val', 0, type=float)

    profundidad\_val = request.args.get('profundidad\_val', 0, type=float)

    peso\_val = request.args.get('peso\_val', 0, type=float)

    nucleos\_val = request.args.get('nucleos\_val', 0, type=float)

    cam\_prin\_val = request.args.get('cam\_prin\_val', 0, type=float)

    res\_alto\_val = request.args.get('res\_alto\_val', 0, type=float)

    res\_ancho\_val = request.args.get('res\_ancho\_val', 0, type=float)

    ram\_val = request.args.get('ram\_val', 0, type=float)

    altura\_val = request.args.get('altura\_val', 0, type=float)

    anchura\_val = request.args.get('anchura\_val', 0, type=float)

    autonomia\_val = request.args.get('autonomia\_val', 0, type=float)

    tresg\_val = request.args.get('tresg\_val', 0, type=float)

    tactil\_val = request.args.get('tactil\_val', 0, type=float)

    wifi\_val = request.args.get('wifi\_val', 0, type=float)

    file\_num = request.args.get('file\_num', 0, type=int)

    a = np.array([[

        bateria\_val,

        blue\_val,

        procesador\_val,

        sim\_val,

        cam\_fron\_val,

        cuatrog\_val,

        memoria\_val,

        profundidad\_val,

        peso\_val,

        nucleos\_val,

        cam\_prin\_val,

        res\_alto\_val,

        res\_ancho\_val,

        ram\_val,

        altura\_val,

        anchura\_val,

        autonomia\_val,

        tresg\_val,

        tactil\_val,

        wifi\_val

        ]])

    np.savetxt('../ProcessedDataSet/user.csv', (a), delimiter=',')

    res = mobile\_price.calculate\_range\_price()

    f= open("static/result" + str(file\_num) + ".txt", "w+")

    if res == 0:

        f.write("GAMA BAJA")

    elif res == 1:

        f.write("GAMA MEDIA")

    elif res == 2:

        f.write("GAMA ALTA")

    elif res == 3:

        f.write("GAMA SUPERIOR")

    f.close

    return jsonify(result=0)

if \_\_name\_\_ == "\_\_main\_\_":

    app.run(debug=True)

*mobile\_price.py*

import numpy as np

from pandas.io.parsers import read\_csv

from scipy.io import loadmat

def load\_data(file\_name):

    values = read\_csv(file\_name, header=None).values

    return values.astype(float)

# Función sigmoide

def sigmoid(z):

    return 1 / (1 + np.exp(-z))

def normalize\_matrix(X):

    mu = np.mean(X, axis=0)

    X\_norm = X - mu

    sigma = np.std(X\_norm, axis=0)

    X\_norm = X\_norm / sigma

    return X\_norm

def get\_data\_matrix(data, X\_toAdd):

    X = np.delete(data, data.shape[1] - 1, axis=1) # (1200, 20)

    X = np.vstack((X, X\_toAdd))

    X = normalize\_matrix(X)

    return X

# Devuelve "Y" a partir de una X y no unos pesos determinados

def forward\_propagate(X, theta1, theta2):

    m = X.shape[0]

    a1 = np.hstack([np.ones([m, 1]), X])    # (5000, 401)

    z2 = np.dot(a1, theta1.T)   # (5000, 25)

    a2 = np.hstack([np.ones([m, 1]), sigmoid(z2)])  # (5000, 26)

    z3 = np.dot(a2, theta2.T)   # (5000, 10)

    h = sigmoid(z3) # (5000, 10)

    return a1, z2, a2, z3, h

def calculate\_range\_price():

    values = read\_csv("../ProcessedDataSet/user.csv", header=None).values

    X\_user = values.astype(float)

    data = load\_data("../ProcessedDataSet/test.csv")

    X = get\_data\_matrix(data, X\_user)

    weights = loadmat("weights.mat")

    theta1 = weights["Theta1"] # (8 x 21)

    theta2 = weights["Theta2"] # (4 x 9)

    a1, z2, a2, z3, h = forward\_propagate(X, theta1, theta2)

    res = np.argmax(h[h.shape[0] - 1])

    return res

*index.html*

<!DOCTYPE html>

<html>

<head>

    <title>Phone CompluHouse</title>

    <link rel="stylesheet" type="text/css" href="style.css">

    <link href="https://stackpath.bootstrapcdn.com/font-awesome/4.7.0/css/font-awesome.min.css" rel="stylesheet">

    <script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/3.4.1/jquery.min.js"></script>

    <script>

        function rangeSlider(value, name){

            document.getElementsByName(name)[0].innerHTML = value;

        }

    </script>

    <script>

        function initStorage(){

            if (typeof(Storage) !== "undefined") {

                if(typeof(localStorage.getItem("file\_num")) == undefined){

                    localStorage.setItem("file\_num", "0");

                }

            }

        }

        function goPython(){

            ajax1();

            ajax2();

        }

        function ajax1(){

            var frm = $("#id\_form");

            var datos = frm.serialize();

            if (typeof(Storage) !== "undefined") {

                localStorage.setItem("file\_num", Number(localStorage.getItem("file\_num")) + 1);

                console.log(localStorage.getItem("file\_num"));

            }

            else{

                console.log("Po no existe");

            }

            $.ajax({

                url: '/main',

                method: frm.prop('method'),

                timeout: 5000,

                async: false,

                data:{

                    'bateria\_val': $("#bateria\_val").val(),

                    'blue\_val': $("#blue\_val").val(),

                    'procesador\_val': $("#procesador\_val").val(),

                    'sim\_val': $("#sim\_val").val(),

                    'cam\_fron\_val': $("#cam\_fron\_val").val(),

                    'cuatrog\_val': $("#cuatrog\_val").val(),

                    'memoria\_val': $("#memoria\_val").val(),

                    'profundidad\_val': $("#profundidad\_val").val(),

                    'peso\_val': $("#peso\_val").val(),

                    'nucleos\_val': $("#nucleos\_val").val(),

                    'cam\_prin\_val': $("#cam\_prin\_val").val(),

                    'res\_alto\_val': $("#res\_alto\_val").val(),

                    'res\_ancho\_val': $("#res\_ancho\_val").val(),

                    'ram\_val': $("#ram\_val").val(),

                    'altura\_val': $("#altura\_val").val(),

                    'anchura\_val': $("#anchura\_val").val(),

                    'autonomia\_val': $("#autonomia\_val").val(),

                    'tresg\_val': $("#tresg\_val").val(),

                    'tactil\_val': $("#tactil\_val").val(),

                    'wifi\_val': $("#wifi\_val").val(),

                    'file\_num': localStorage.getItem("file\_num")

                },

                dataType: 'JSON',

                success : function(e) {

                    console.log("Success");

                },

                error : function(e) {

                    console.info("Error");

                },

                done : function(e) {

                    console.info("DONE");

                }

            });

        }

        function ajax2(){

            $.ajax({

                url: "result" + localStorage.getItem("file\_num") + ".txt",

                dataType: "text",

                success: function(result, response){

                    alert("El teléfono móvil que has elegido es de " + result);

                },

                error: function(e){

                    $.ajax(this);

                }

            });

        }

    </script>

</head>

<body onload="initStorage()">

    <div class="content">

        <div class="title">

            <h1 id="div1">PHONE COMPLUHOUSE</h1>

        </div>

        <div class="filter\_user">

            <form id="id\_form" method="get">

                <div class="filter">

                    <div class=range\_box>

                        <a>BATERÍA</a>

                        <input id="bateria\_val" type="range" class="range" name=""

                        value="0" min="0" max="2000"

                        onmousemove="rangeSlider(this.value, 'bateria\_range')"

                        onChange="rangeSlider(this.value, 'bateria\_range')">

                        <span id="rangeValue" name="bateria\_range">0</span>

                    </div>

                </div>

                <div class="filter">

                    <a>BLUETOOTH</a>

                    <select id="blue\_val" required>

                        <option value="">Seleccionar ...</option>

                        <option value="0">No</option>

                        <option value="1">Sí</option>

                    </select>

                </div>

                <div class="filter">

                    <div class=range\_box>

                        <a>VELOCIDAD DEL PROCESADOR</a>

                        <input id="procesador\_val" type="range" class="range" name=""

                        value="0" min="0" max="3" step="0.1"

                        onmousemove="rangeSlider(this.value, 'procesador\_range')"

                        onChange="rangeSlider(this.value, 'procesador\_range')">

                        <span id="rangeValue" name="procesador\_range">0</span>

                    </div>

                </div>

                <div class="filter">

                    <a>DUAL SIM</a>

                    <select id="sim\_val" required>

                        <option value="">Seleccionar ...</option>

                        <option value="0">No</option>

                        <option value="1">Sí</option>

                    </select>

                </div>

                <div class="filter">

                    <div class=range\_box>

                        <a>CÁMARA FRONTAL, MP</a>

                        <input id="cam\_fron\_val" type="range" class="range" name=""

                        value="0" min="0" max="20"

                        onmousemove="rangeSlider(this.value, 'cam\_frontal\_range')"

                        onChange="rangeSlider(this.value, 'cam\_frontal\_range')">

                        <span id="rangeValue" name="cam\_frontal\_range">0</span>

                    </div>

                </div>

                <div class="filter">

                    <a>4G</a>

                    <select id="cuatrog\_val" required>

                        <option value="">Seleccionar ...</option>

                        <option value="0">No</option>

                        <option value="1">Sí</option>

                    </select>

                </div>

                <div class="filter">

                    <div class=range\_box>

                        <a>MEMORIA INTERNA</a>

                        <input id="memoria\_val" type="range" class="range" name=""

                        value="0" min="0" max="64"

                        onmousemove="rangeSlider(this.value, 'memoria\_range')"

                        onChange="rangeSlider(this.value, 'memoria\_range')">

                        <span id="rangeValue" name="memoria\_range">0</span>

                    </div>

                </div>

                <div class="filter">

                    <div class=range\_box>

                        <a>PROFUNDIDAD DEL TELÉFONO, CM</a>

                        <input id="profundidad\_val" type="range" class="range" name=""

                        value="0" min="0" max="1" step="0.1"

                        onmousemove="rangeSlider(this.value, 'profundidad\_range')"

                        onChange="rangeSlider(this.value, 'profundidad\_range')">

                        <span id="rangeValue" name="profundidad\_range">0</span>

                    </div>

                </div>

                <div class="filter">

                    <div class=range\_box>

                        <a>PESO</a>

                        <input id="peso\_val" type="range" class="range" name=""

                        value="0" min="80" max="200"

                        onmousemove="rangeSlider(this.value, 'peso\_range')"

                        onChange="rangeSlider(this.value, 'peso\_range')">

                        <span id="rangeValue" name="peso\_range">0</span>

                    </div>

                </div>

                <div class="filter">

                    <div class=range\_box>

                        <a>NÚMERO DE NÚCLEOS DEL PROCESADOR</a>

                        <input id="nucleos\_val" type="range" class="range" name=""

                        value="0" min="1" max="8"

                        onmousemove="rangeSlider(this.value, 'nucleos\_range')"

                        onChange="rangeSlider(this.value, 'nucleos\_range')">

                        <span id="rangeValue" name="nucleos\_range">0</span>

                    </div>

                </div>

                <div class="filter">

                    <div class=range\_box>

                        <a>CÁMARA PRINCIPAL, MP</a>

                        <input id="cam\_prin\_val" type="range" class="range" name=""

                        value="0" min="0" max="20"

                        onmousemove="rangeSlider(this.value, 'cam\_prin\_range')"

                        onChange="rangeSlider(this.value, 'cam\_prin\_range')">

                        <span id="rangeValue" name="cam\_prin\_range">0</span>

                    </div>

                </div>

                <div class="filter">

                    <div class=range\_box>

                        <a>RESOLUCIÓN DEL ALTO DE LA PANTALLA</a>

                        <input id="res\_alto\_val" type="range" class="range" name=""

                        value="0" min="1" max="1980"

                        onmousemove="rangeSlider(this.value, 'res\_alto\_range')"

                        onChange="rangeSlider(this.value, 'res\_alto\_range')">

                        <span id="rangeValue" name="res\_alto\_range">0</span>

                    </div>

                </div>

                <div class="filter">

                    <div class=range\_box>

                        <a>RESOLUCIÓN DEL ANCHO DE LA PANTALLA</a>

                        <input id="res\_ancho\_val" type="range" class="range" name=""

                        value="0" min="1" max="1980"

                        onmousemove="rangeSlider(this.value, 'res\_ancho\_range')"

                        onChange="rangeSlider(this.value, 'res\_ancho\_range')">

                        <span id="rangeValue" name="res\_ancho\_range">0</span>

                    </div>

                </div>

                <div class="filter">

                    <div class=range\_box>

                        <a>RAM</a>

                        <input id="ram\_val" type="range" class="range" name=""

                        value="0" min="0" max="4000"

                        onmousemove="rangeSlider(this.value, 'ram\_range')"

                        onChange="rangeSlider(this.value, 'ram\_range')">

                        <span id="rangeValue" name="ram\_range">0</span>

                    </div>

                </div>

                <div class="filter">

                    <div class=range\_box>

                        <a>ALTURA, CM</a>

                        <input id="altura\_val" type="range" class="range" name=""

                        value="0" min="0" max="20"

                        onmousemove="rangeSlider(this.value, 'altura\_range')"

                        onChange="rangeSlider(this.value, 'altura\_range')">

                        <span id="rangeValue" name="altura\_range">0</span>

                    </div>

                </div>

                <div class="filter">

                    <div class=range\_box>

                        <a>ANCHURA, CM</a>

                        <input id="anchura\_val" type="range" class="range" name=""

                        value="0" min="0" max="20"

                        onmousemove="rangeSlider(this.value, 'anchura\_range')"

                        onChange="rangeSlider(this.value, 'anchura\_range')">

                        <span id="rangeValue" name="anchura\_range">0</span>

                    </div>

                </div>

                <div class="filter">

                    <div class=range\_box>

                        <a>AUTONOMÍA</a>

                        <input id="autonomia\_val" type="range" class="range" name=""

                        value="0" min="0" max="20"

                        onmousemove="rangeSlider(this.value, 'autonomia\_range')"

                        onChange="rangeSlider(this.value, 'autonomia\_range')">

                        <span id="rangeValue" name="autonomia\_range">0</span>

                    </div>

                </div>

                <div class="filter">

                    <a>3G</a>

                    <select id="tresg\_val" required>

                        <option value="">Seleccionar ...</option>

                        <option value="0">No</option>

                        <option value="1">Sí</option>

                    </select>

                </div>

                <div class="filter">

                    <a>PANTALLA TÁCTIL</a>

                    <select id="tactil\_val" required>

                        <option value="">Seleccionar ...</option>

                        <option value="0">No</option>

                        <option value="1">Sí</option>

                    </select>

                </div>

                <div class="filter">

                    <a>WIFI</a>

                    <select id="wifi\_val" required>

                        <option value="">Seleccionar ...</option>

                        <option value="0">No</option>

                        <option value="1">Sí</option>

                    </select>

                </div>

                <input class="submit\_button" type="button" onclick="goPython()" value="Aplicar flitros">

            </form>

        </div>

    </div>

</body>

</html>

*style.css*

body{

    position: absolute;

    width: 100%;

    margin: 0;

    padding: 0;

    background: rgb(44, 44, 44);

    font-family: sans-serif;

}

.title{

    position: relative;

    margin: 0;

    margin-bottom: 20px;

    padding: 10px;

    width: 100%;

    background-image: linear-gradient(to top, rgba(0, 0, 0, 0), rgb(33, 137, 255), rgb(33, 137, 255));

    color: rgb(44, 44, 44);

    font-size: 24px;

    font-weight: bold;

    text-align: center;

}

.filter{

    position: relative;

    width: 100%;

    margin: 0;

    padding: 30px;

    border-bottom: solid 1px;

    border-image-source:

        linear-gradient(

            45deg,

            rgb(148, 148, 148),

            rgba(0, 0, 0, 0),

            rgba(0, 0, 0, 0)

        );

    border-image-slice: 1;

}

.filter:nth-child(20){

    border: none;

}

.filter a{

    font-size: 22px;

    font-weight: bold;

    color: #eee;

}

.filter select{

    width: 250px;

    height: 50px;

    font-size: 20px;

    margin-left: 20px;

    background: #0563af;

    color: #fff;

    padding: 10px;

    border: none;

    box-shadow: 0 5px 25px rgba(0, 0, 0, 0.5);

    outline: none;

    border-radius: 5px;

}

.submit\_button{

    position: relative;

    left: 50%;

    transform: translate(-50%, 0);

    margin: 50px;

    cursor: pointer;

    width: 300px;

    height: 80px;

    font-size: 36px;

    color: #0563af;

    font-weight: bold;

    border: 3px #0563af solid;

    background: #fff;

    border-radius: 20px;

    box-shadow: 0 5px 25px rgba(0, 0, 0, 0.5);

}

.submit\_button:hover{

    color: rgb(44, 44, 44);

    border: 3px rgb(44, 44, 44) solid;

    background: #fff;

}

.range\_box{

    position: relative;

    display: flex;

    font-size: 20px;

}

.range{

    position: relative;

    width: 300px;

    height: 2px;

    margin-top: 13px;

    margin-left: 30px;

    outline: none;

}

.range::-webkit-slider-runnable-track{

    background: #111;

    height: 2px;

}

.range::-webkit-slider-thumb{

    cursor: pointer;

    -webkit-appearance: none;

    box-sizing: content-box;

    transform: translateY(-10px);

    background: #0563af;

}

span{

    position: relative;

    top: 0px;

    left: 0;

    margin-left: 10px;

    padding: 2px;

    width: 50px;

    box-sizing: border-box;

    background: #fff;

    text-align: center;

    border-radius: 2px;

}

span:before{

    content: '';

    position: absolute;

    top: 50%;

    transform: translateY(-50%) rotate(45deg);

    left: -5px;

    width: 10px;

    height: 10px;

    background: #fff;

}

## Apéndice B. Gráficas

##### Regresión Logística. Error de clasificación según el valor de *lambda.*

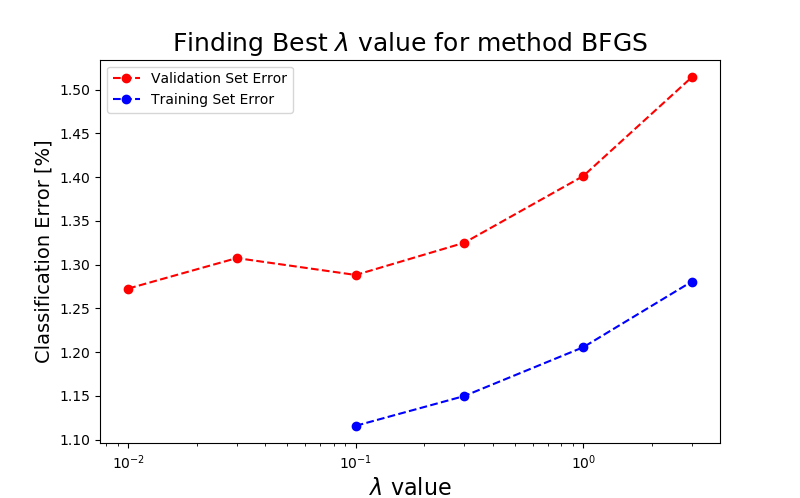


Ilustración 1. Error de clasificación para los distintos valores de lambda usando el algoritmo BFGS

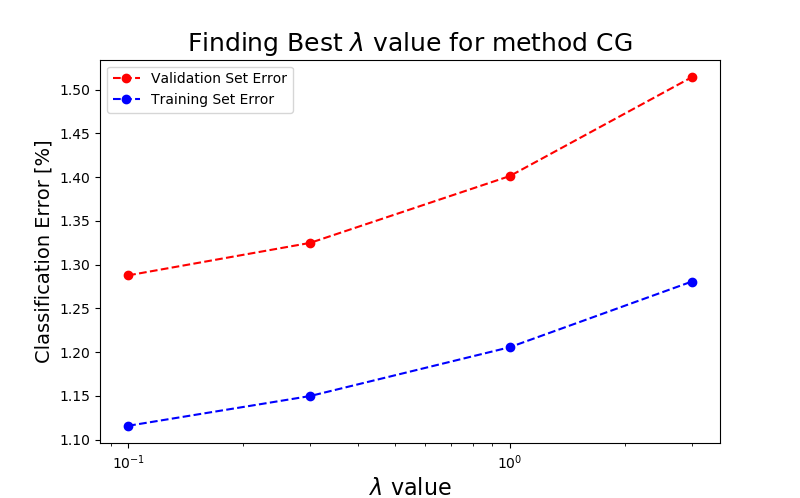


Ilustración 2. Error de clasificación para los distintos valores de lambda usando el algoritmo CG

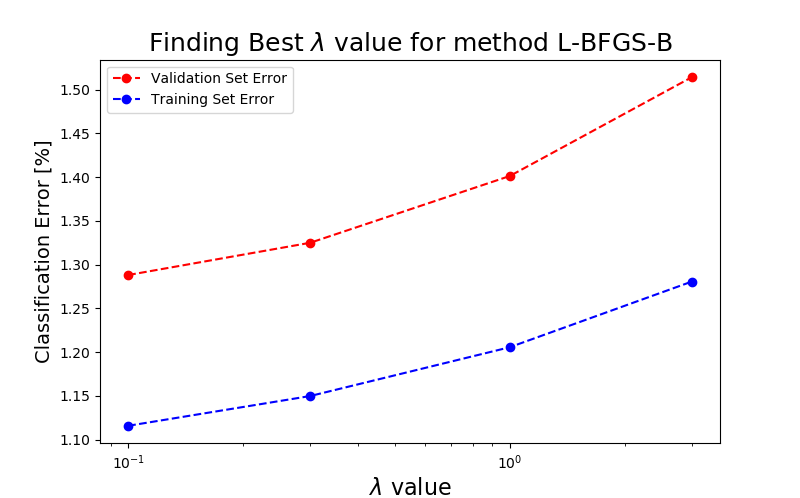


Ilustración 3. Error de clasificación para los distintos valores de lambda usando el algoritmo L-BFGS-B

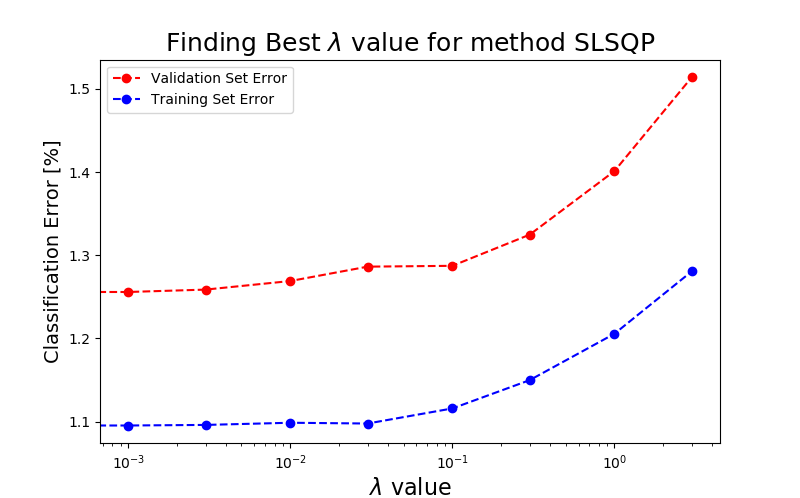


Ilustración 4. Error de clasificación para los distintos valores de lambda usando el algoritmo SLSQP

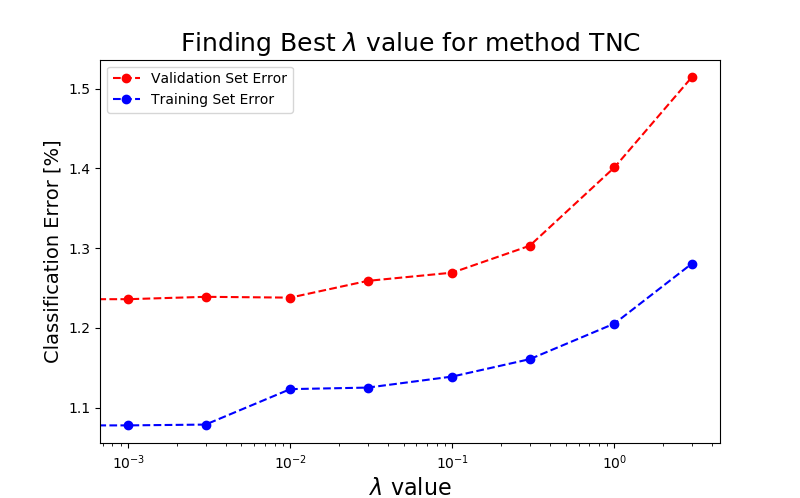


Ilustración 5. Error de clasificación para los distintos valores de lambda usando el algoritmo TNC

##### Regresión Logística. Precisión de los algoritmos con cada una de las *lambdas*.

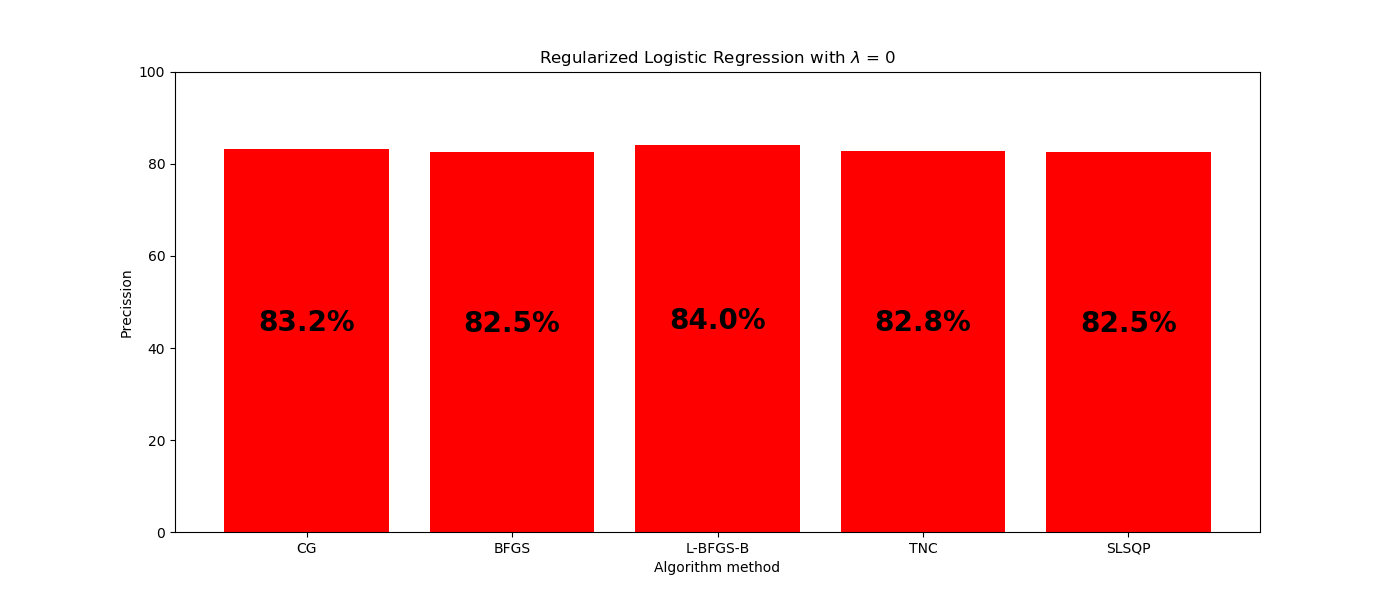


Ilustración 6. Precisión de la regresión logística regularizada para lambda 0

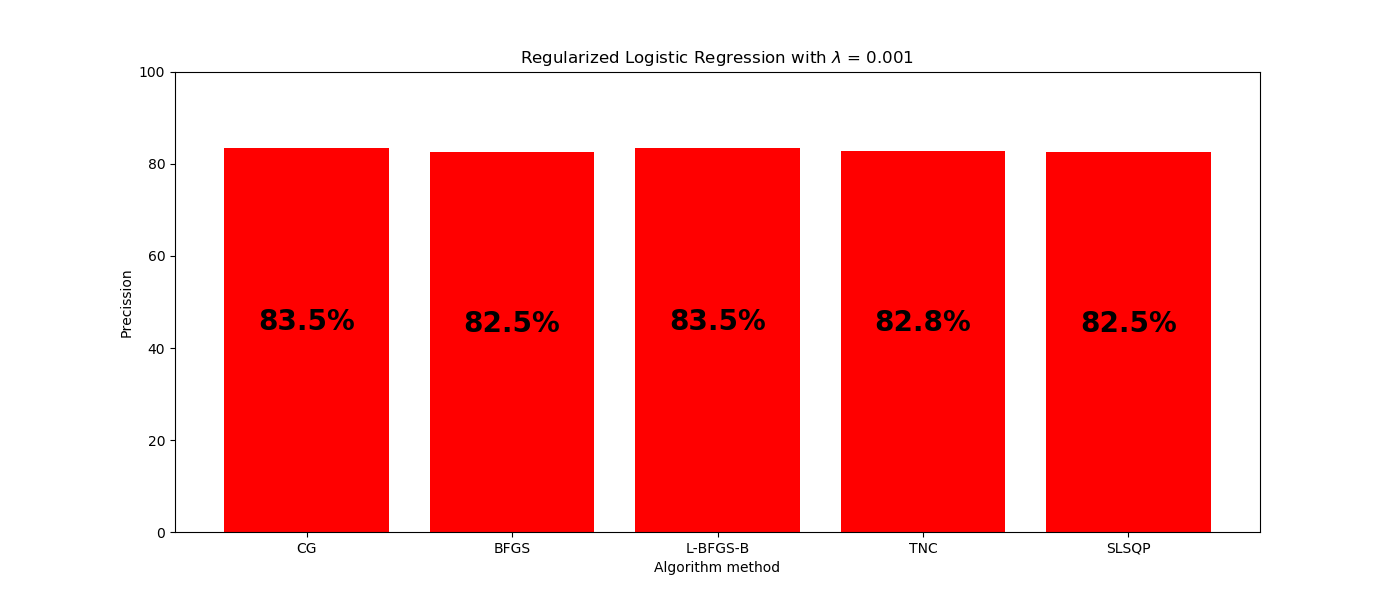


Ilustración 7. Precisión de la regresión logística regularizada para lambda 0.001

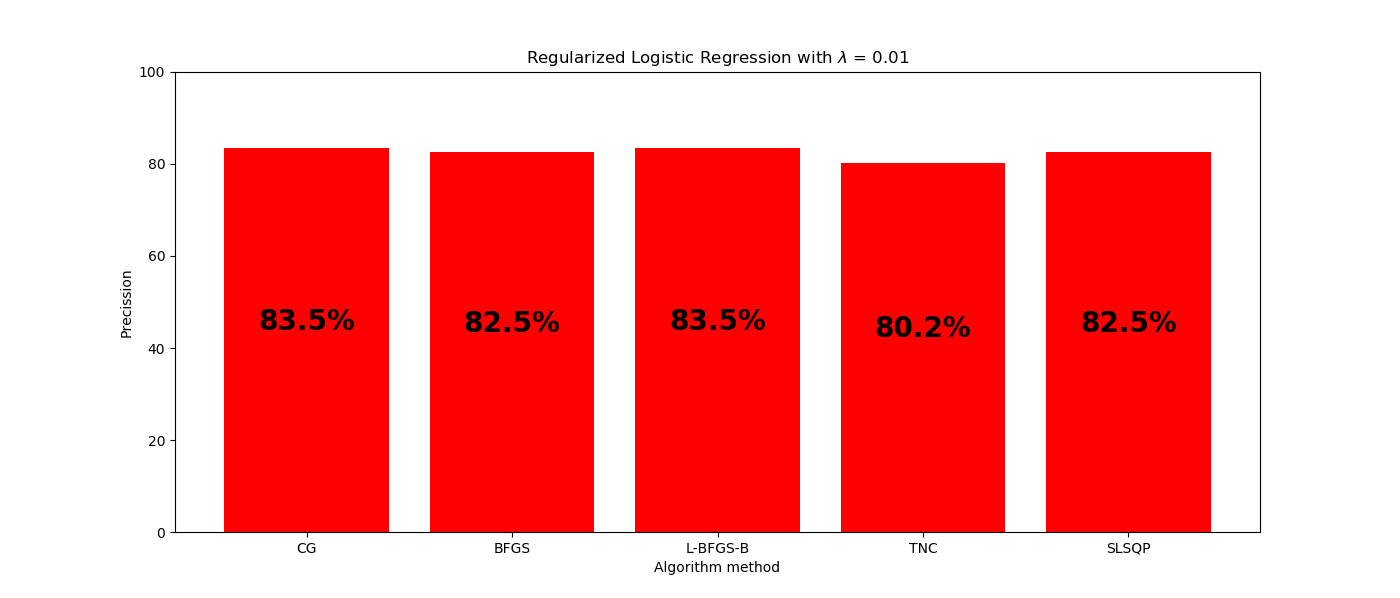


Ilustración 8. Precisión de la regresión logística regularizada para lambda 0.01

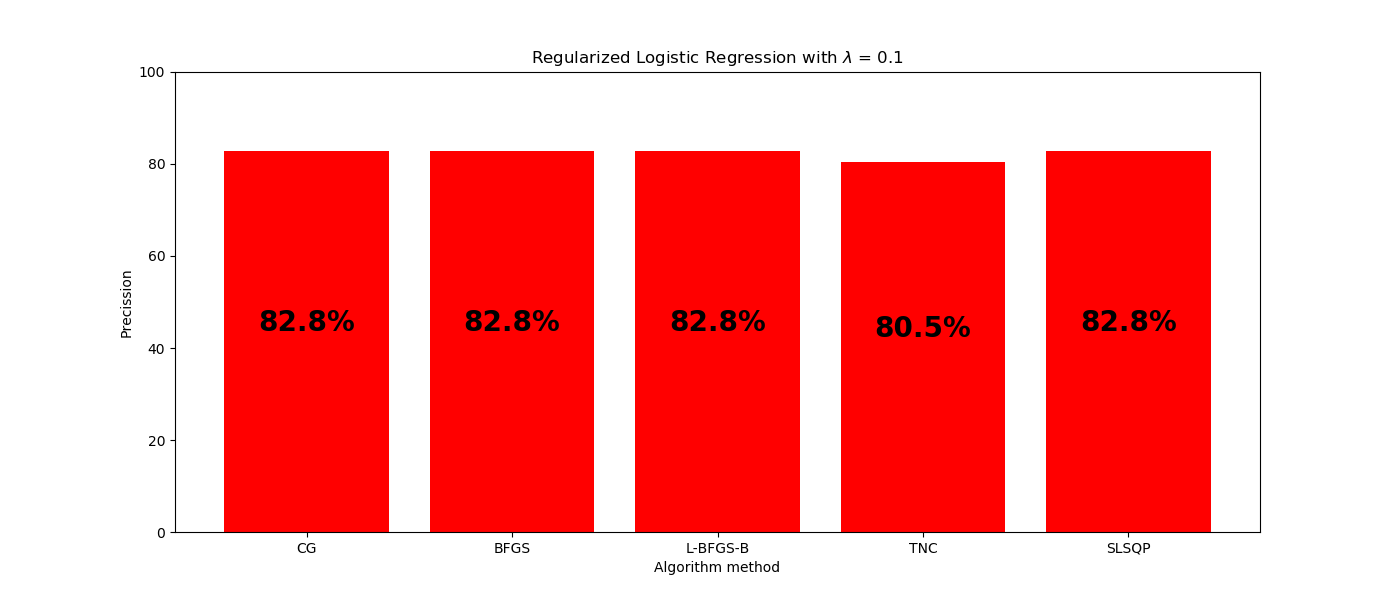


Ilustración 9. Precisión de la regresión logística regularizada para lambda 0.1

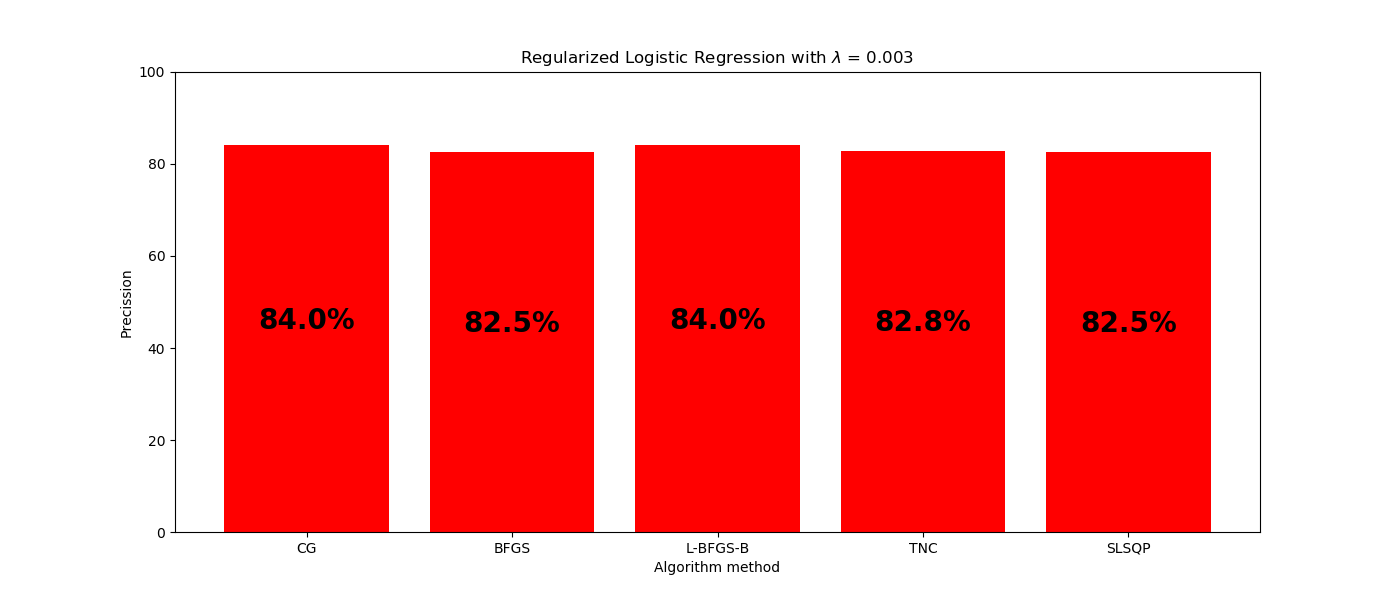


Ilustración 10. Precisión de la regresión logística regularizada para lambda 0.003

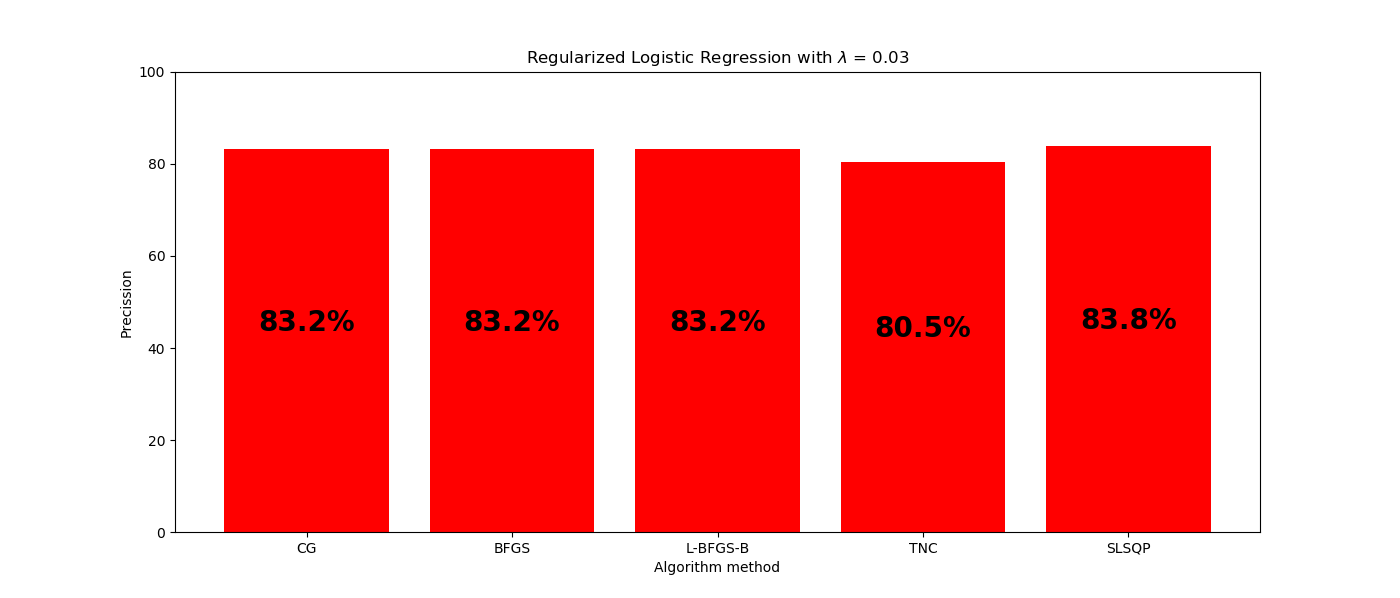


Ilustración 11. Precisión de la regresión logística regularizada para lambda 0.03

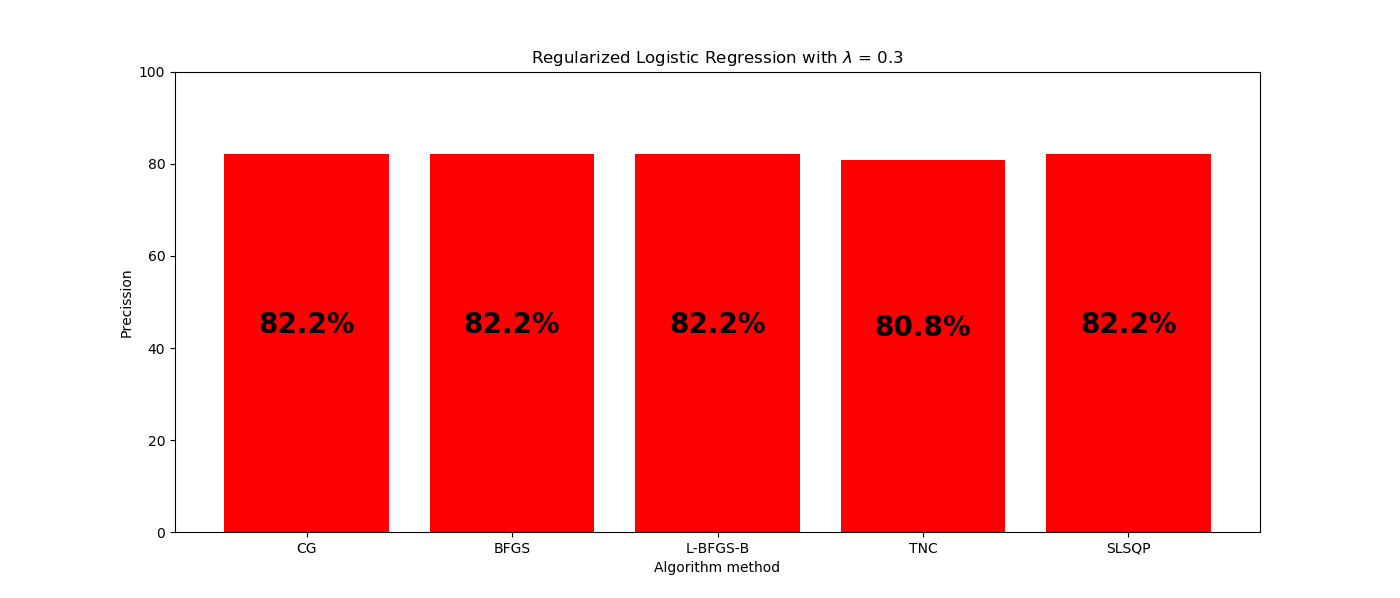


Ilustración 12. Precisión de la regresión logística regularizada para lambda 0.3

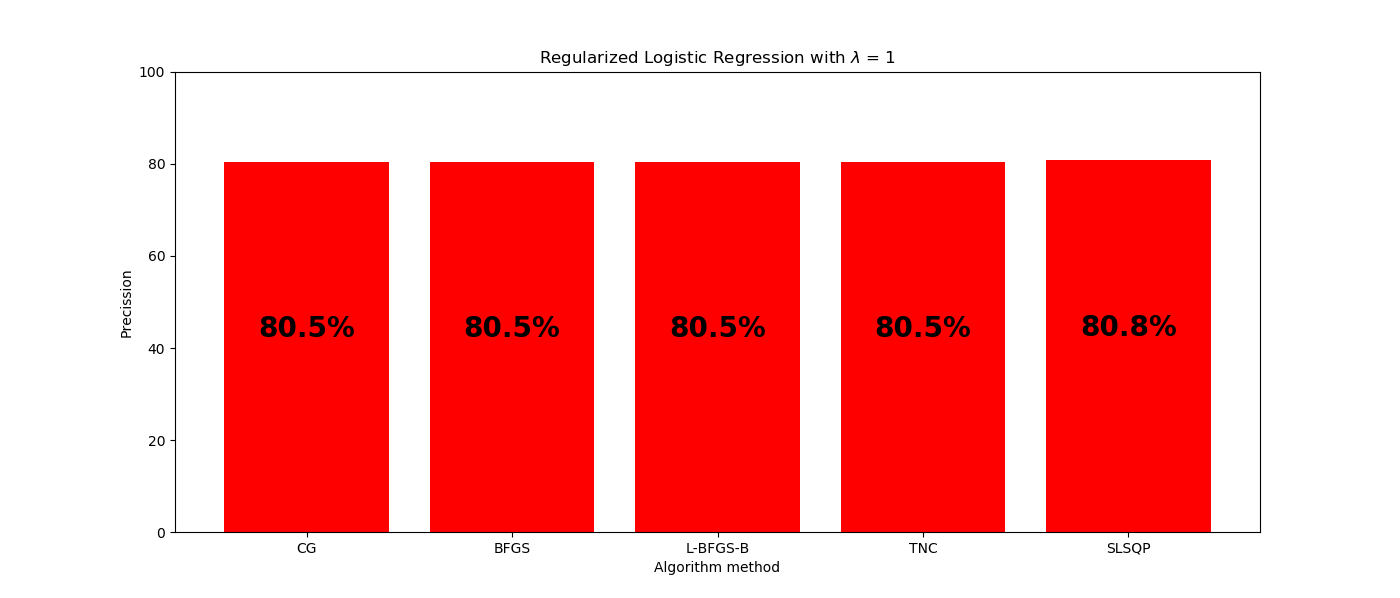


Ilustración 13. Precisión de la regresión logística regularizada para lambda 1

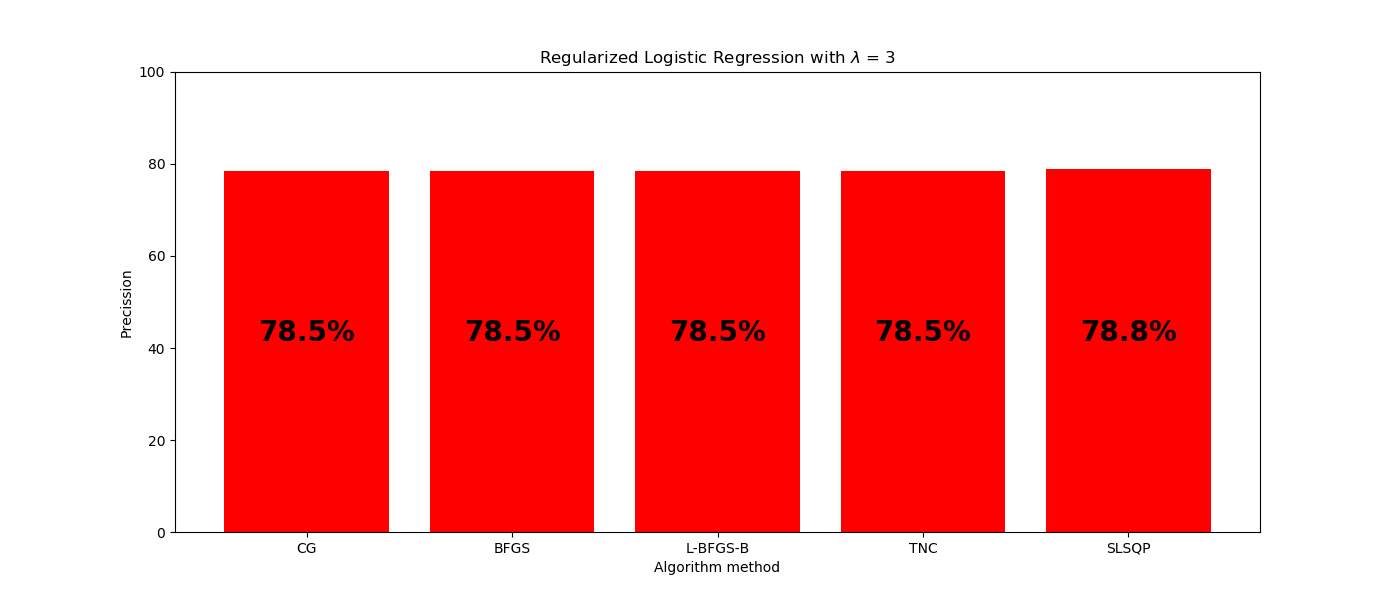


Ilustración 14. Precisión de la regresión logística regularizada para lambda 3

##### Regresión Logística. Precisión de los algoritmos con el mejor valor de *lambda* para cada uno de ellos.

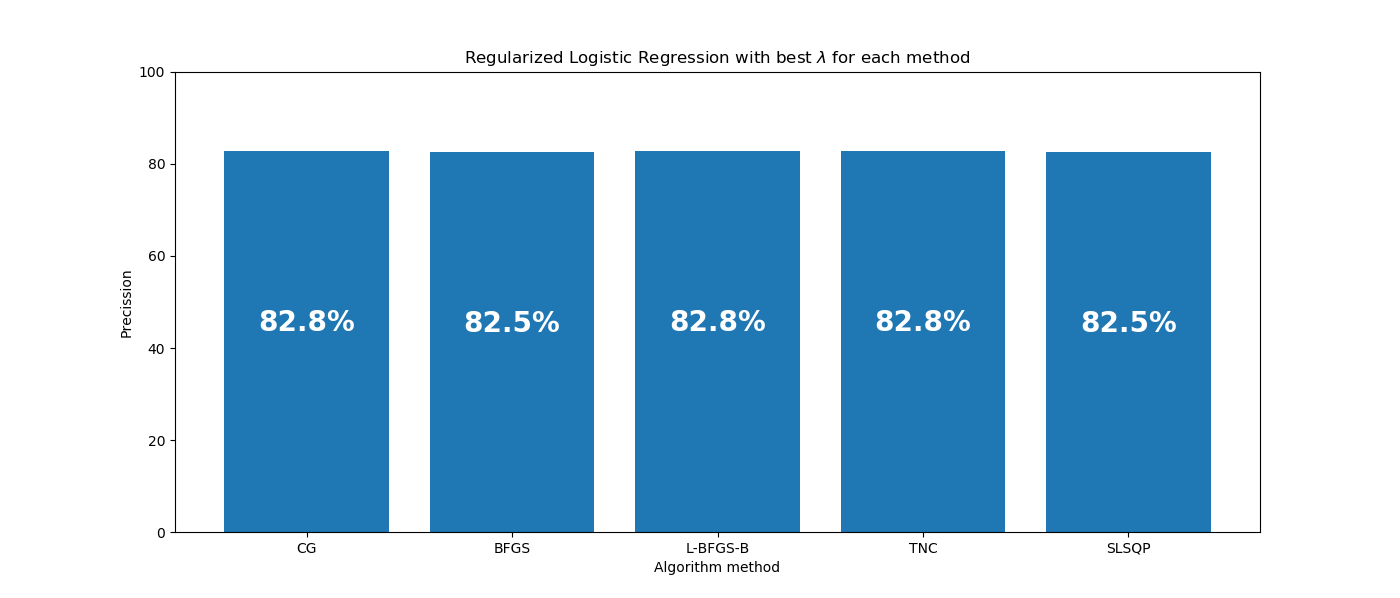


Ilustración 15. Precisión de la regresión logística regularizada con cada algoritmo

##### Redes Neuronales. Error de clasificación según el valor de *lambda.*

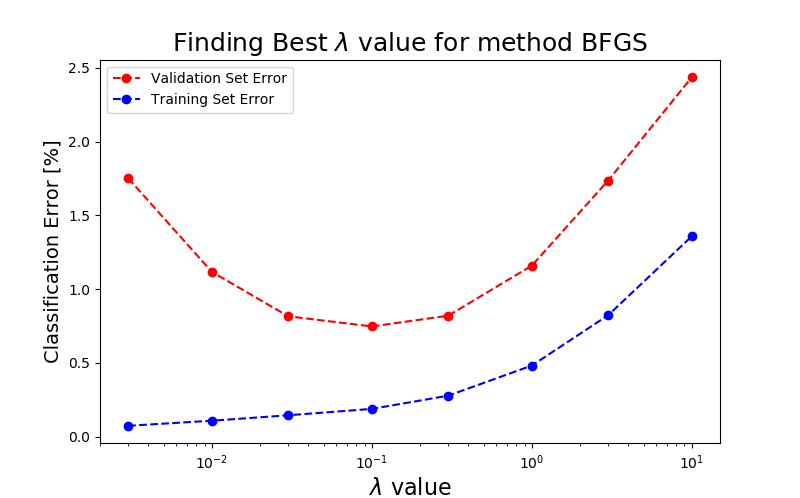


Ilustración 16. Error de clasificación para los distintos valores de lambda usando el algoritmo BFGS

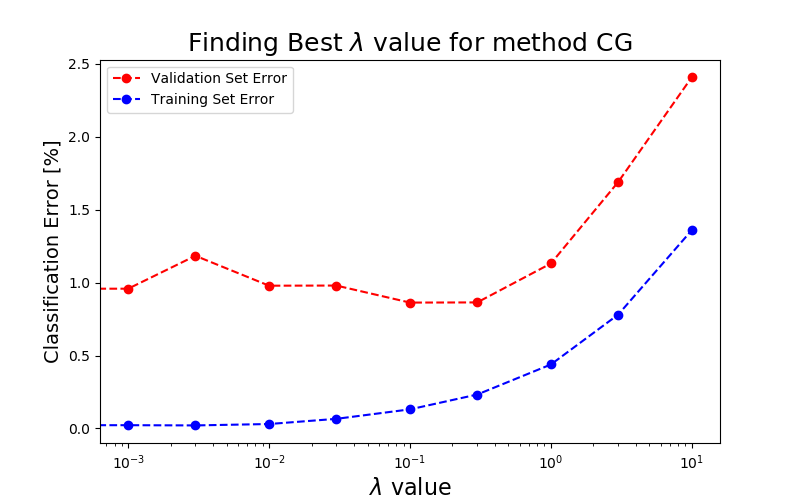


Ilustración 17. Error de clasificación para los distintos valores de lambda usando el algoritmo CG

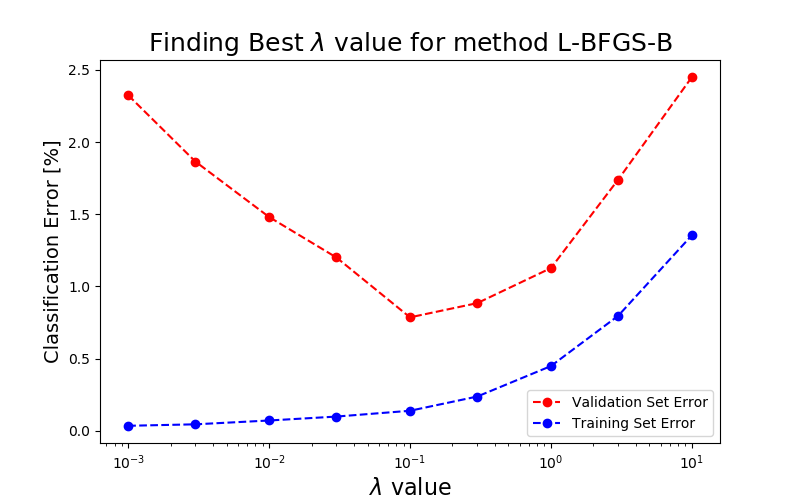


Ilustración 18. Error de clasificación para los distintos valores de lambda usando el algoritmo L-BFGS-B

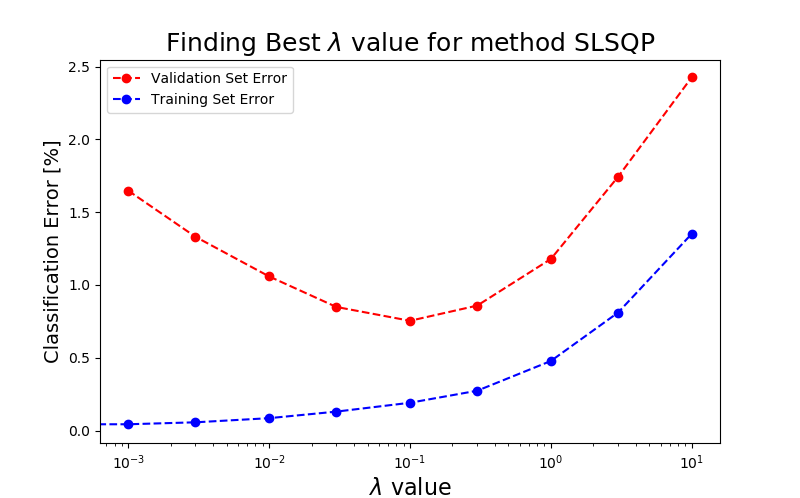


Ilustración 19. Error de clasificación para los distintos valores de lambda usando el algoritmo SLSQP

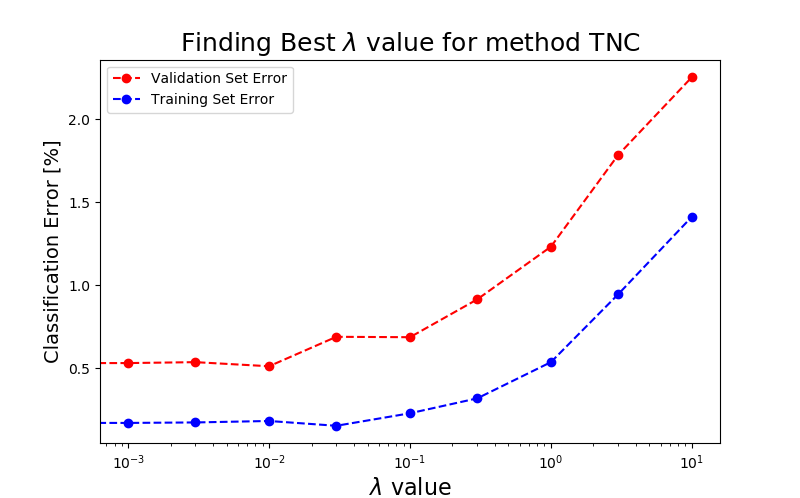


Ilustración 20. Error de clasificación para los distintos valores de lambda usando el algoritmo TNC

##### Redes Neuronales. Precisión de los algoritmos con cada una de las *lambdas*.

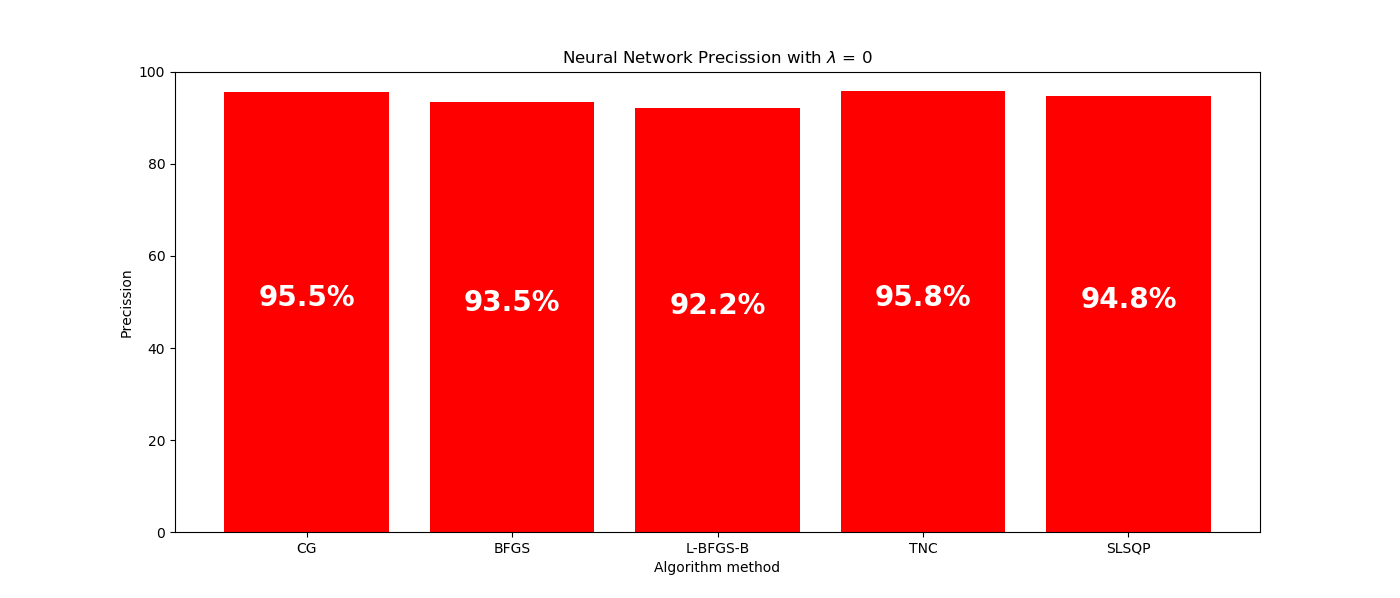


Ilustración 21. Precisión de la red neuronal para lambda 0

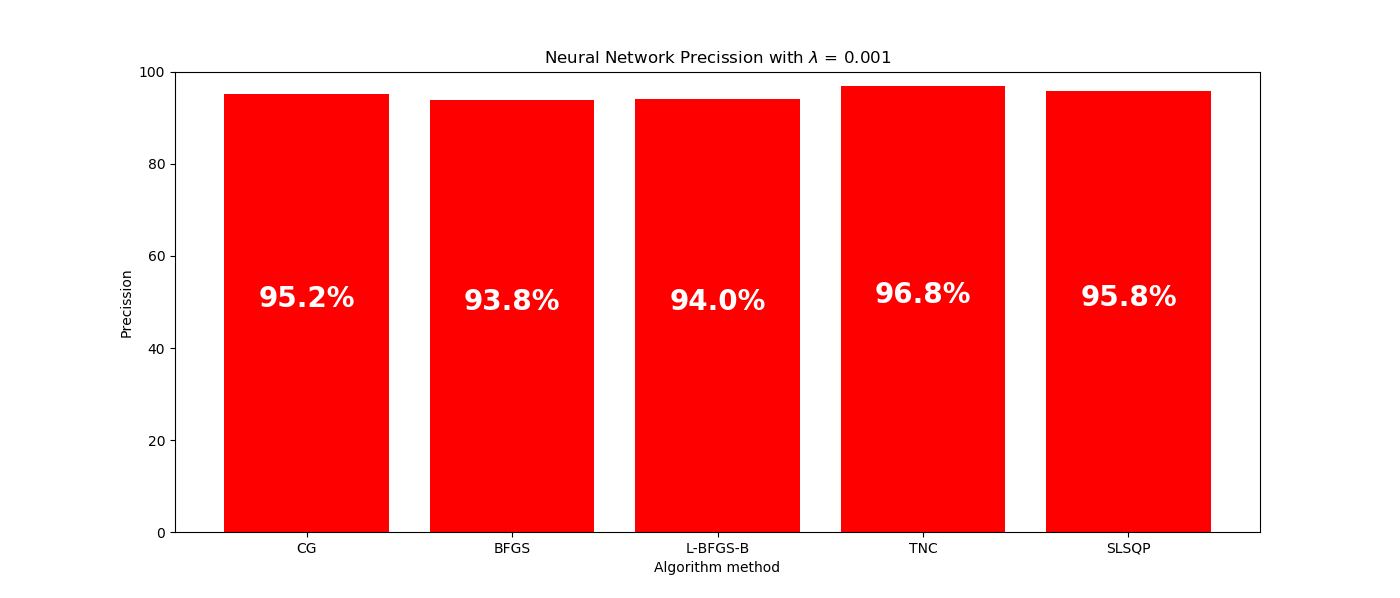


Ilustración 22. Precisión de la red neuronal para lambda 0.001

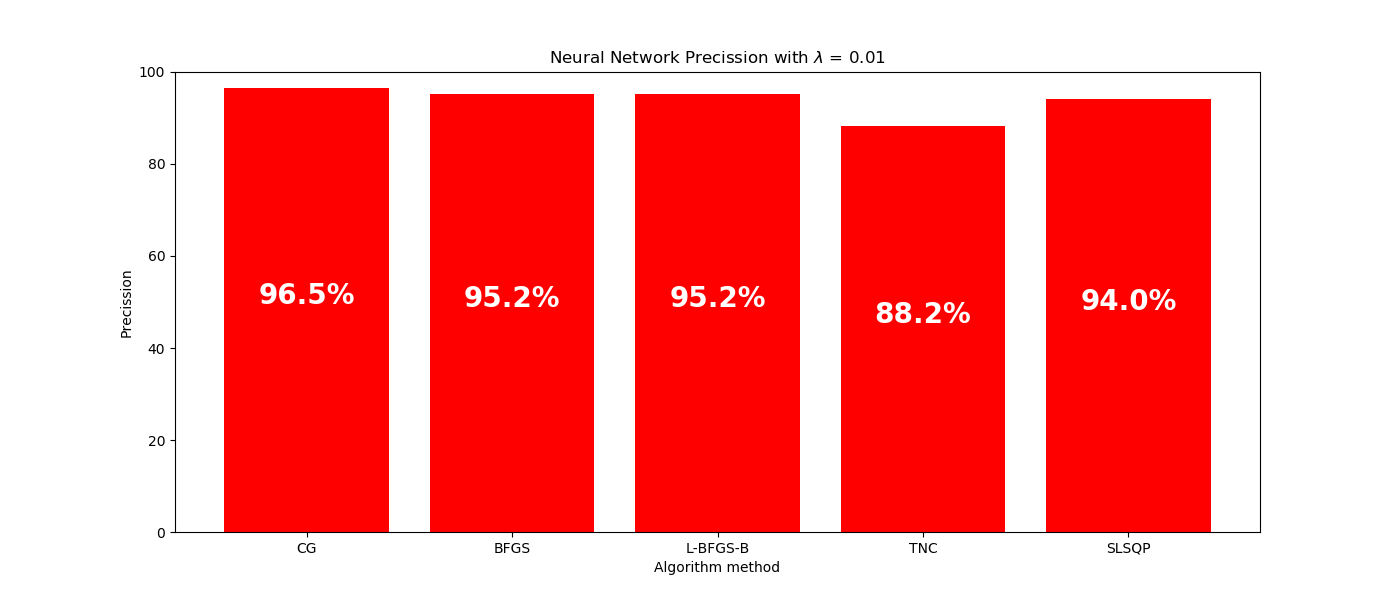


Ilustración 23. Precisión de la red neuronal para lambda 0.01

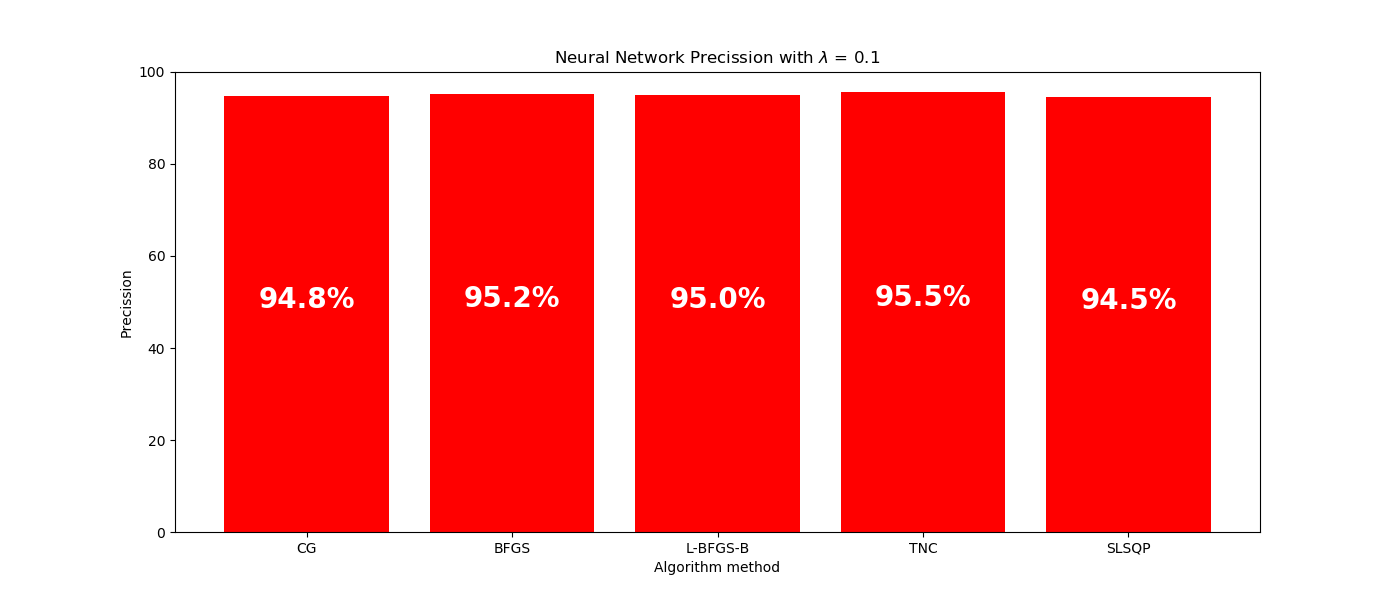


Ilustración 24. Precisión de la red neuronal para lambda 0.1

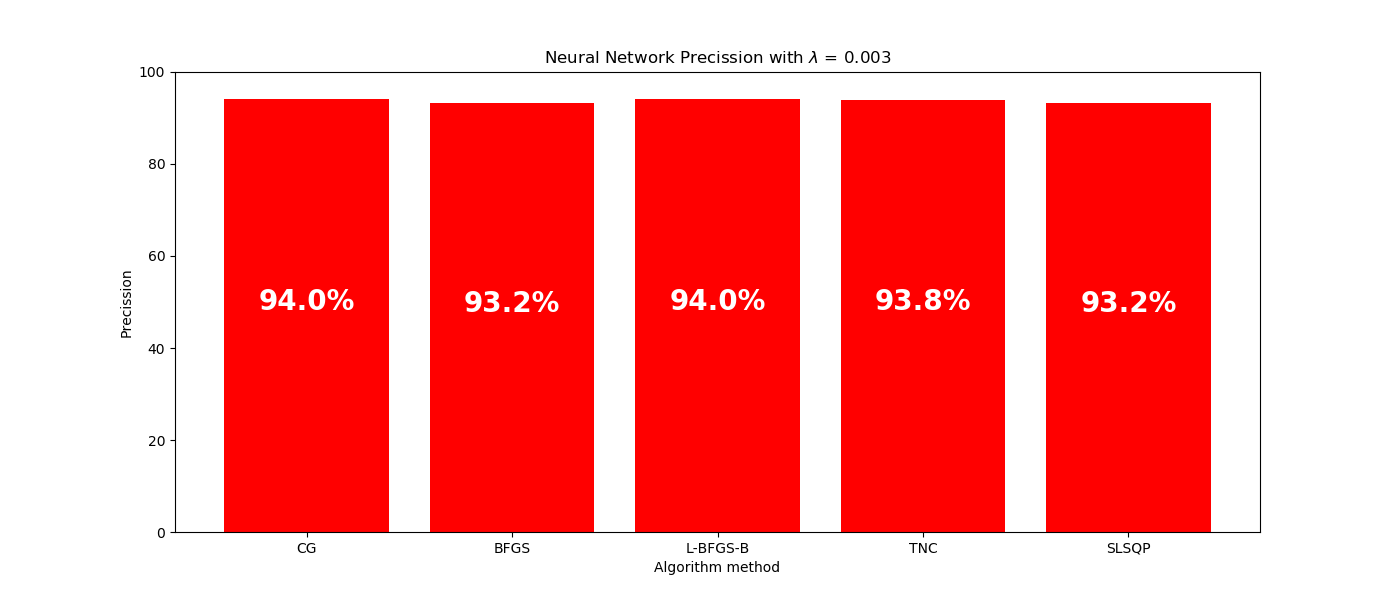


Ilustración 25. Precisión de la red neuronal para lambda 0.003

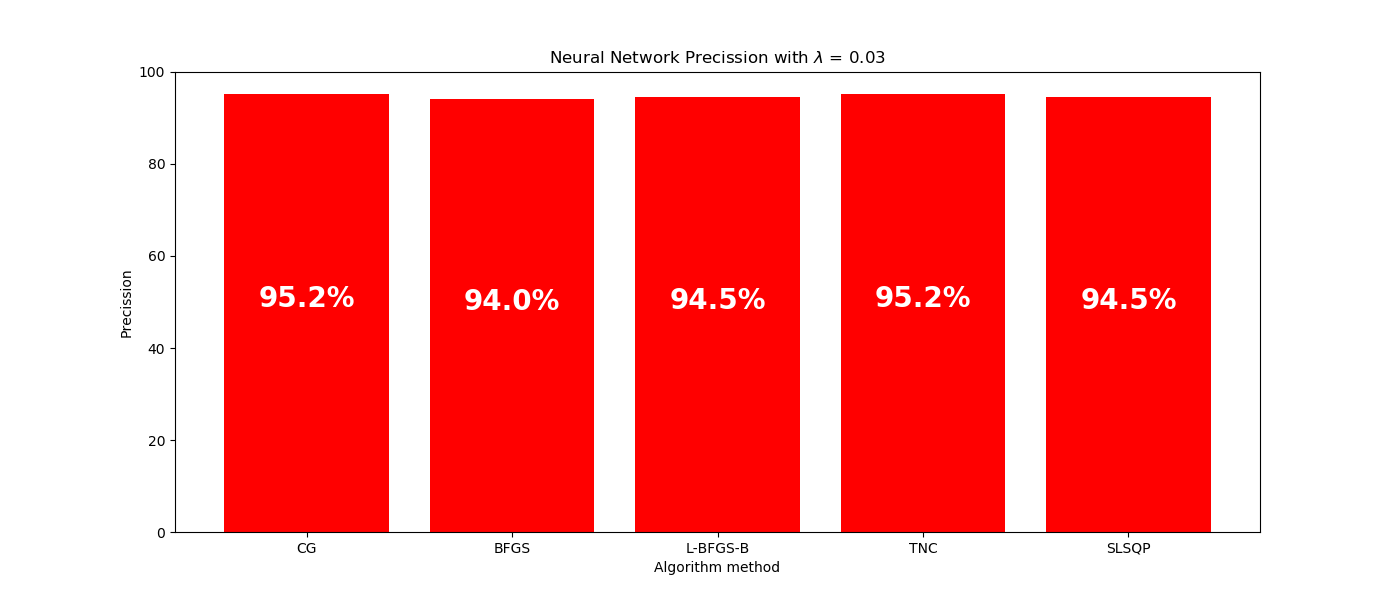


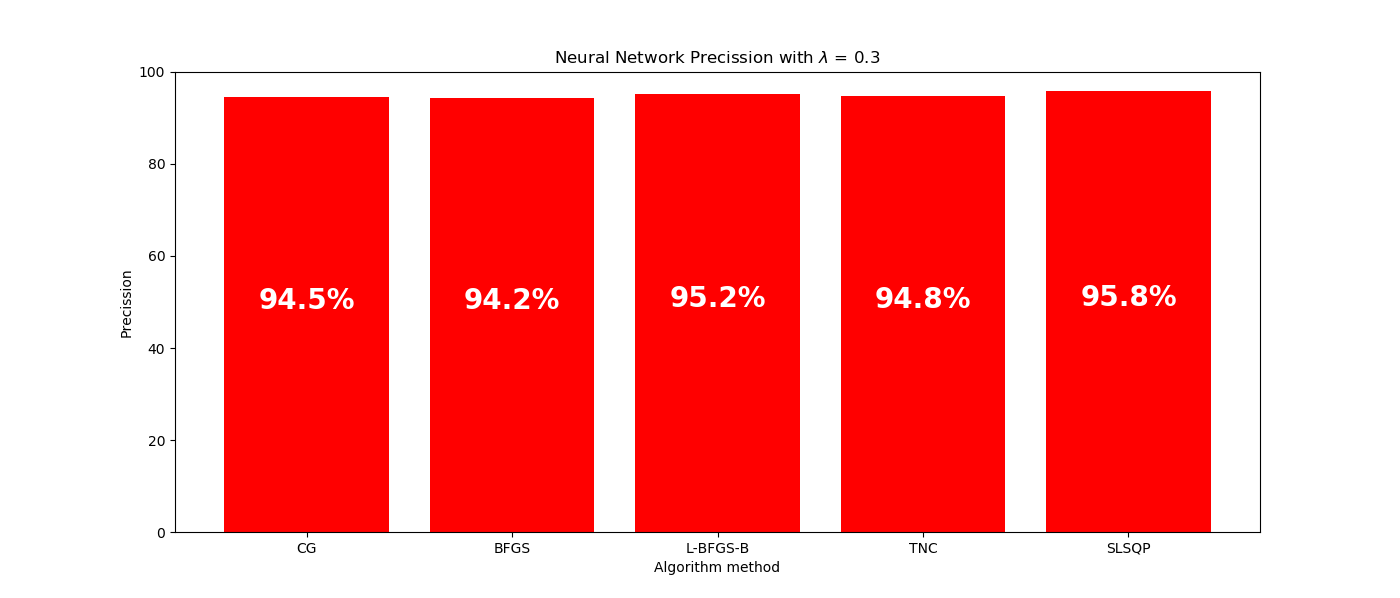
Ilustración 26. Precisión de la red neuronal para lambda 0.03

Ilustración 27. Precisión de la red neuronal para lambda 0.3

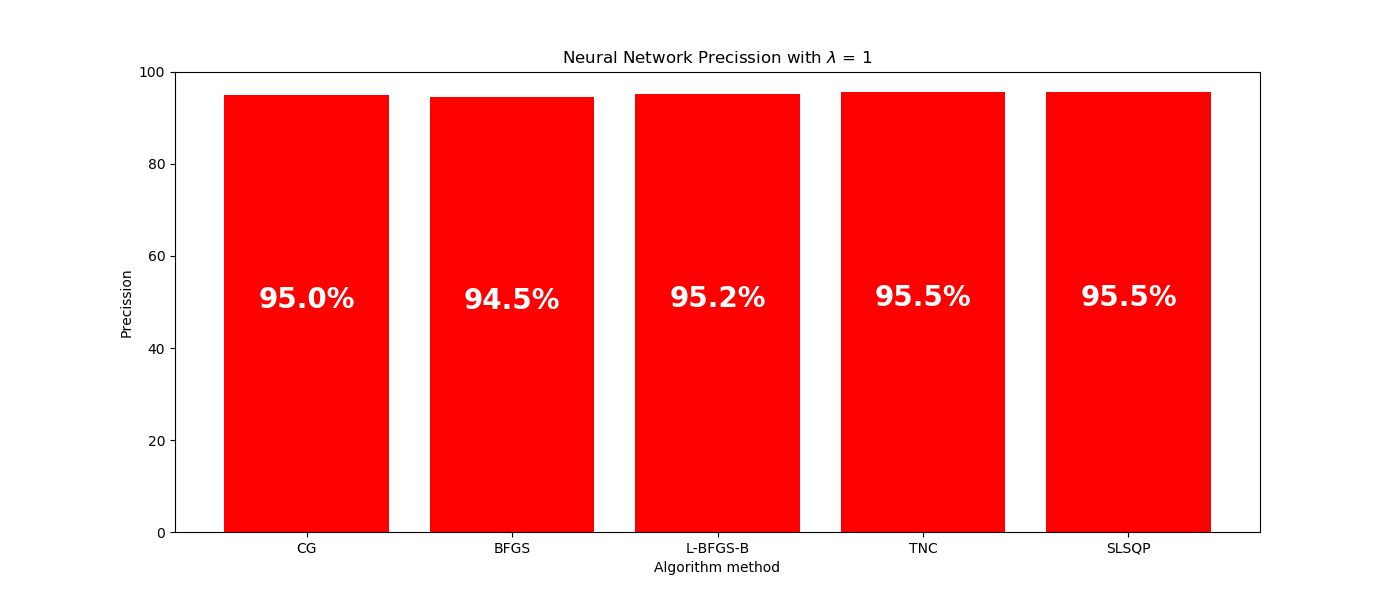


Ilustración 28. Precisión de la red neuronal para lambda 1

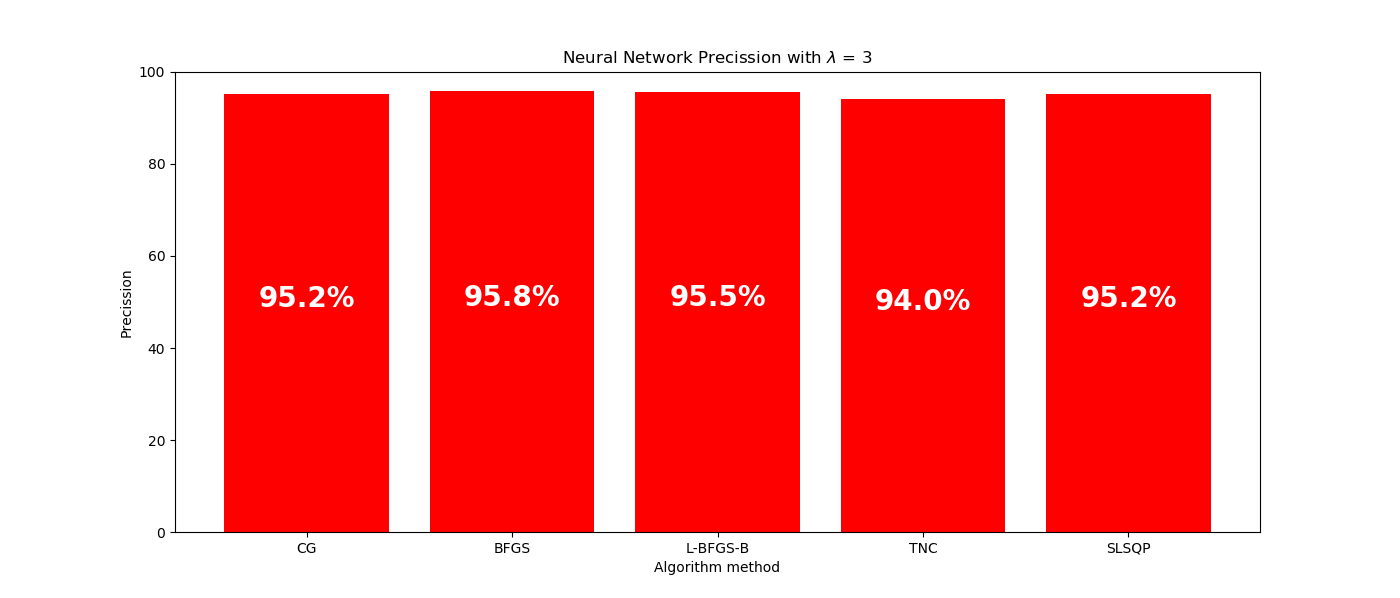


Ilustración 29. Precisión de la red neuronal para lambda 3

##### Redes Neuronales. Precisión de los algoritmos con el mejor valor de *lambda* para cada uno de ellos. Modificando el tamaño de la capa oculta.

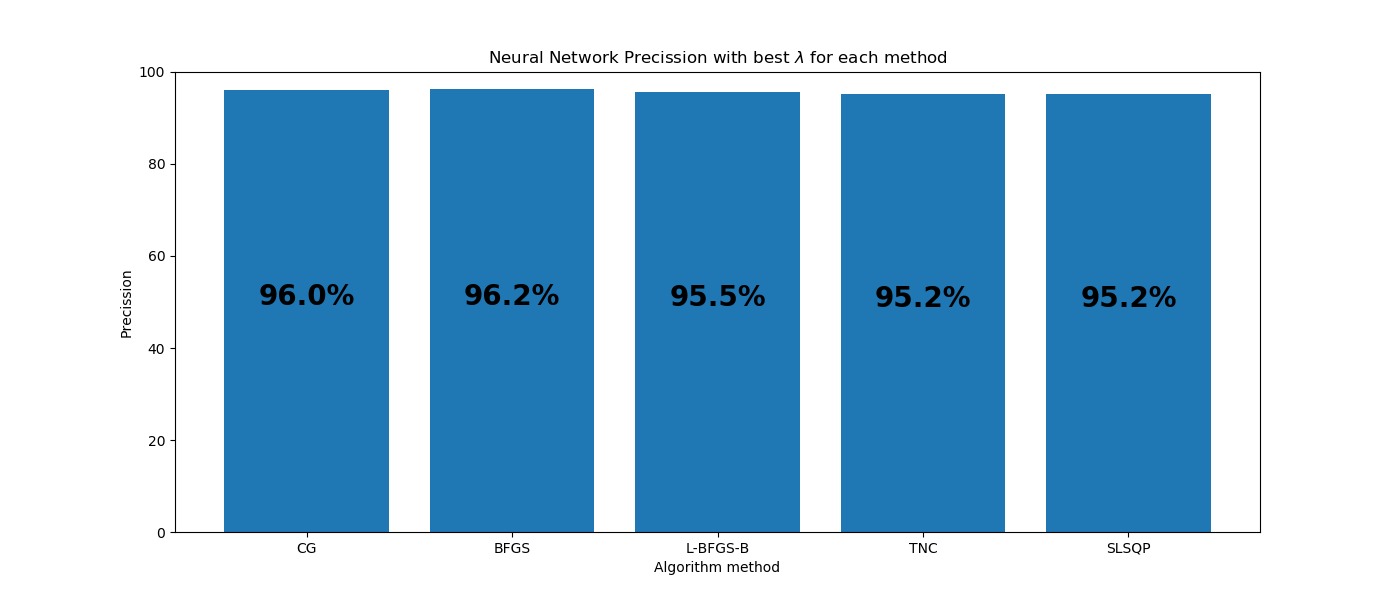


Ilustración 30. Precisión de los algoritmos con una capa oculta de tamaño 8

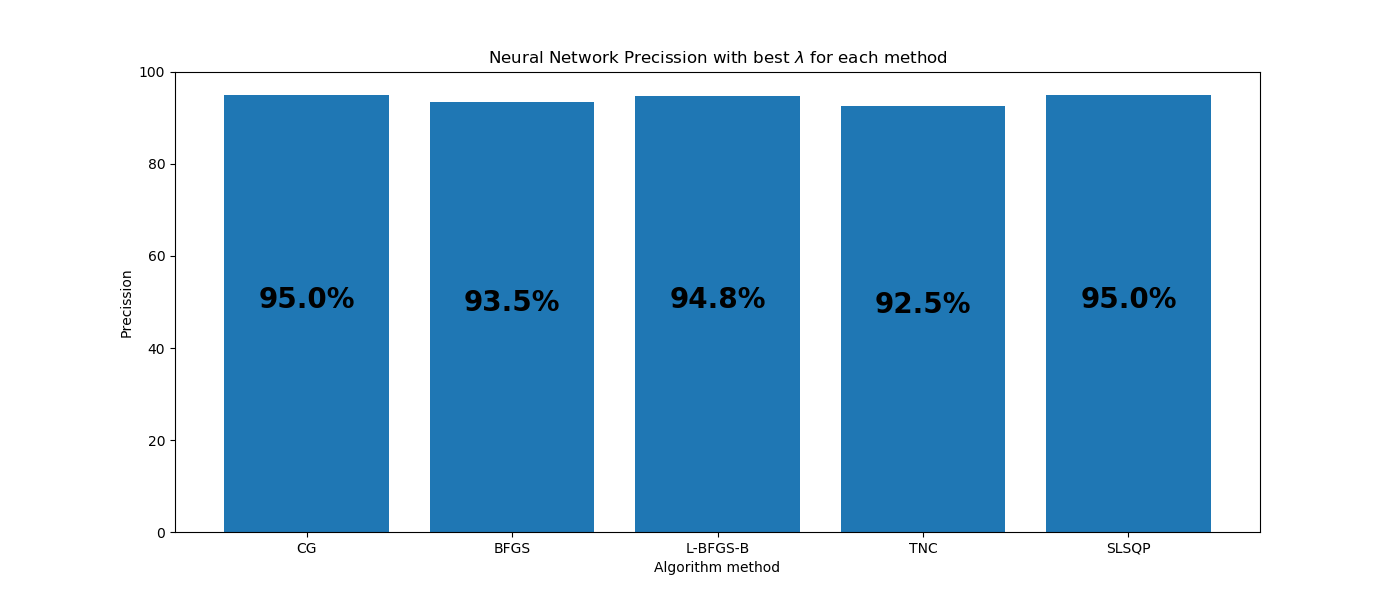


Ilustración 31. Precisión de los algoritmos con una capa oculta de tamaño 16

##### Support Vector Machines. Matrices de confusión.

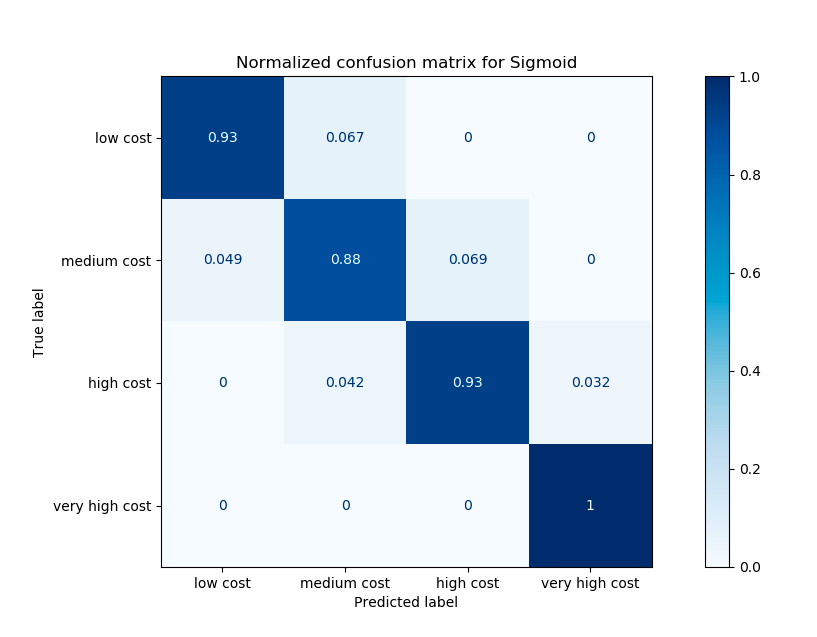


Ilustración 33. Matriz de confusión, Sigmoide

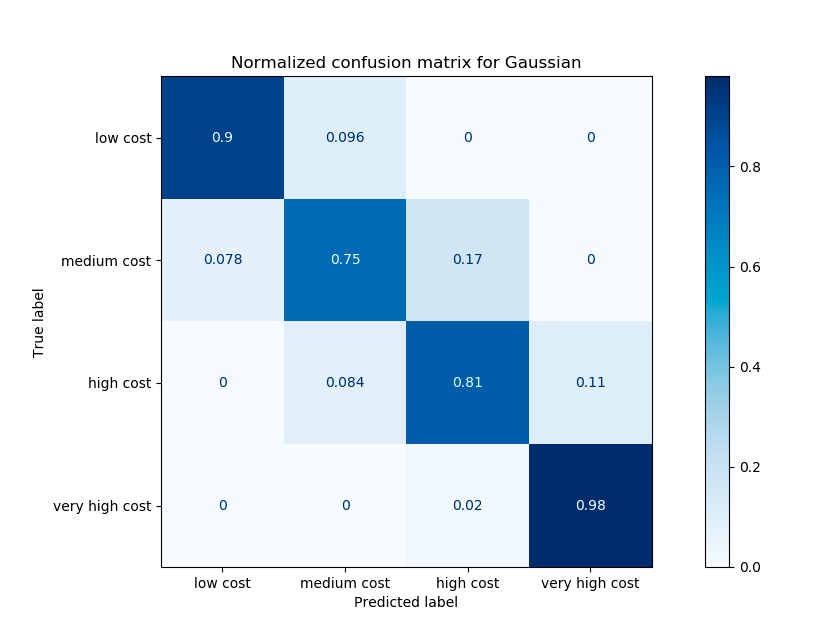


Ilustración 34. Matriz de confusión, Gaussiano

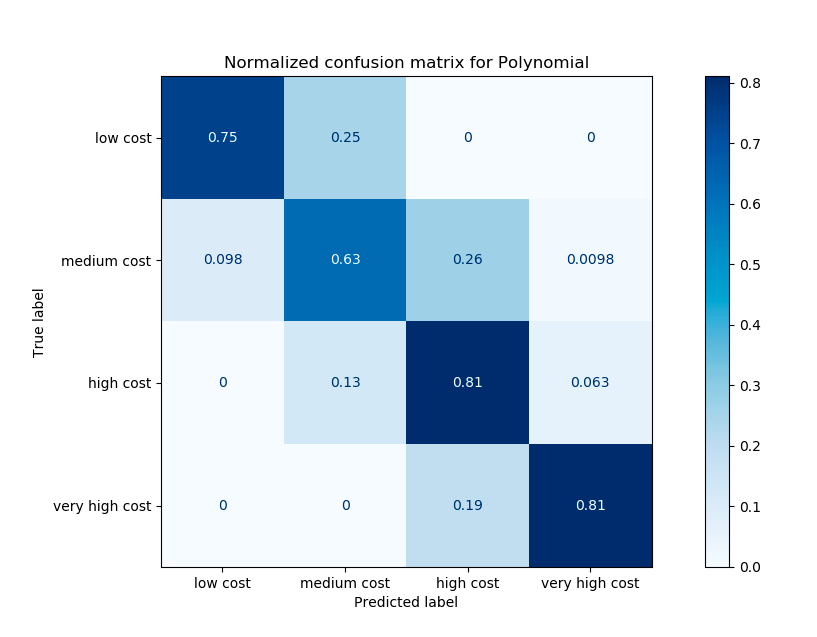


Ilustración 35. Matriz de confusión, Polinómico

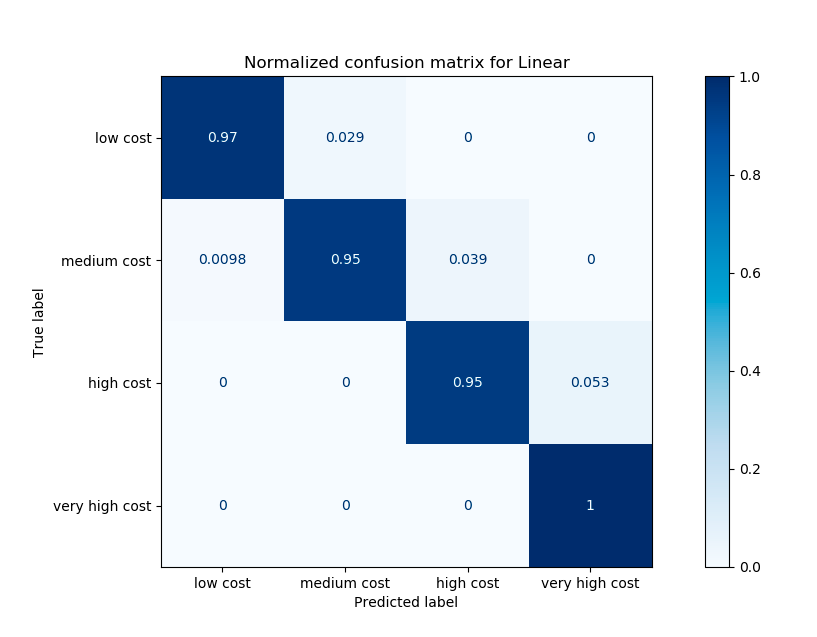


Ilustración 36. Matriz de confusión, Lineal

##### Support Vector Machines. Búsqueda del valor óptimo de C.

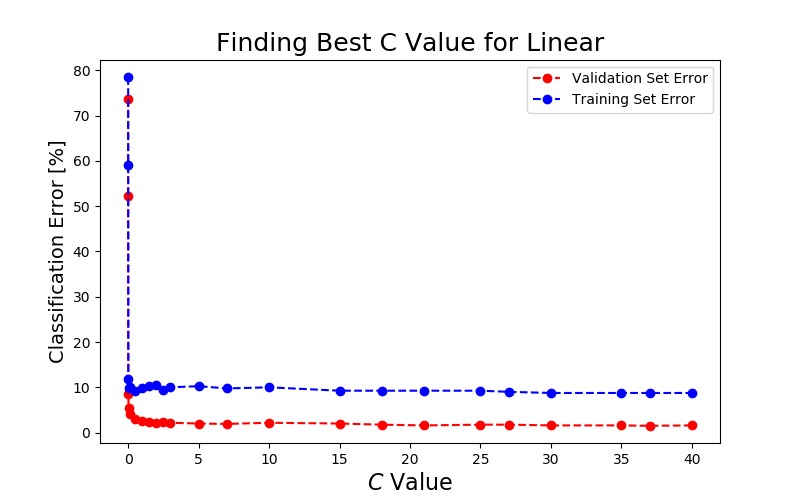


Ilustración 37. Mejor valor de C para el kernel Lineal

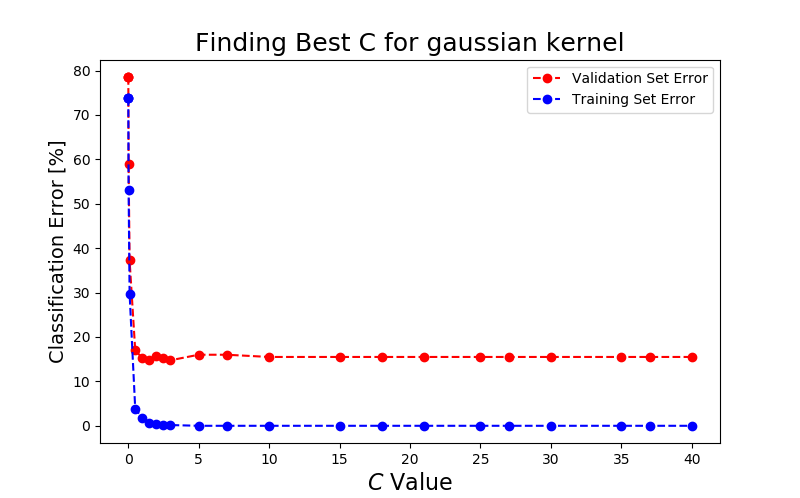


Ilustración 38. Mejor valor de C para el kernel Gaussiano

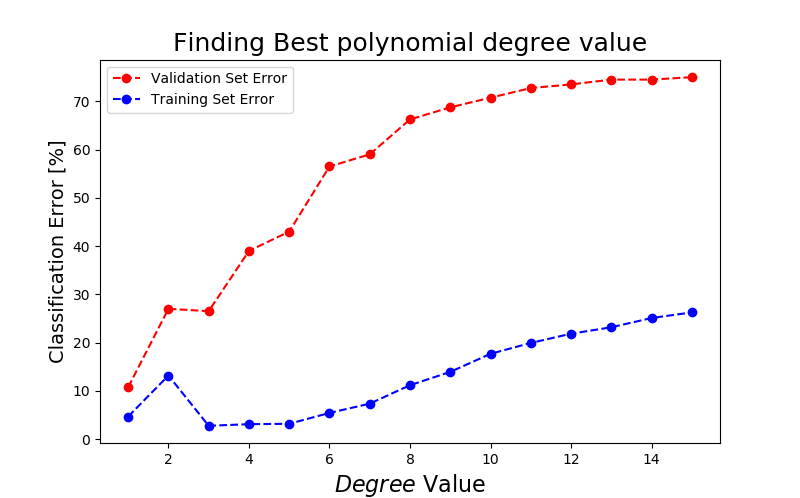


Ilustración 39. Mejor valor de C para el kernel Polinómico

##### Support Vector Machines. Fronteras de decisión.

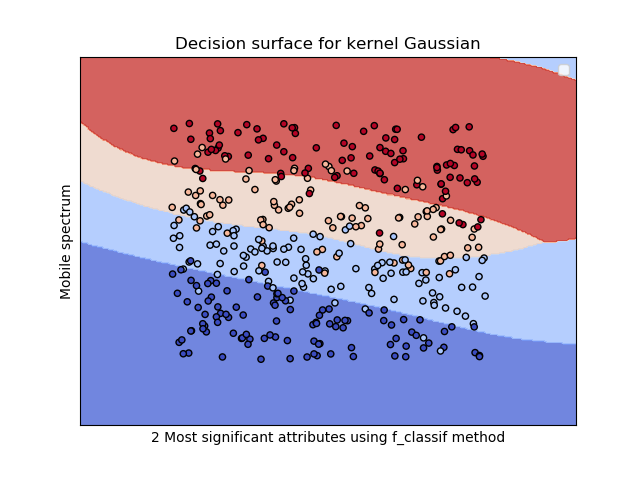


Ilustración 40. Frontera de decisión para el kernel Gaussiano

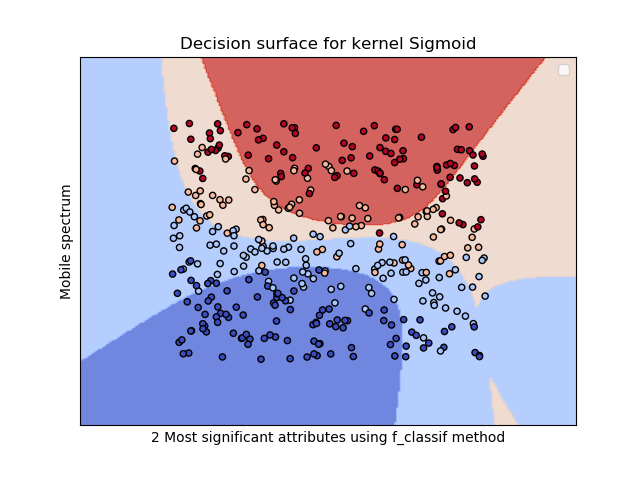


Ilustración 41. Frontera de decisión para el kernel Sigmoide

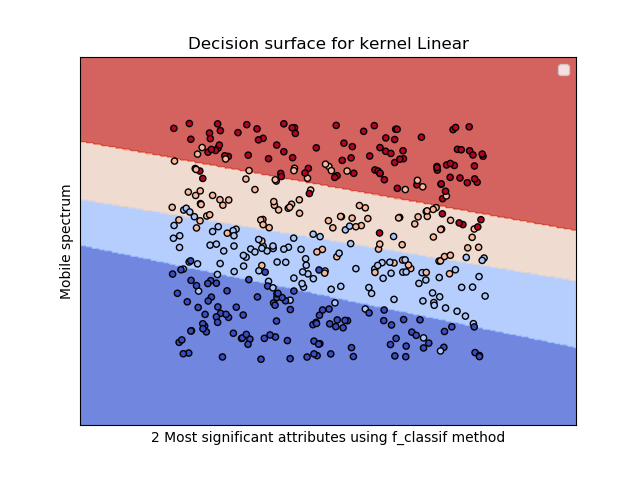


Ilustración 42. Frontera de decisión para el kernel Lineal

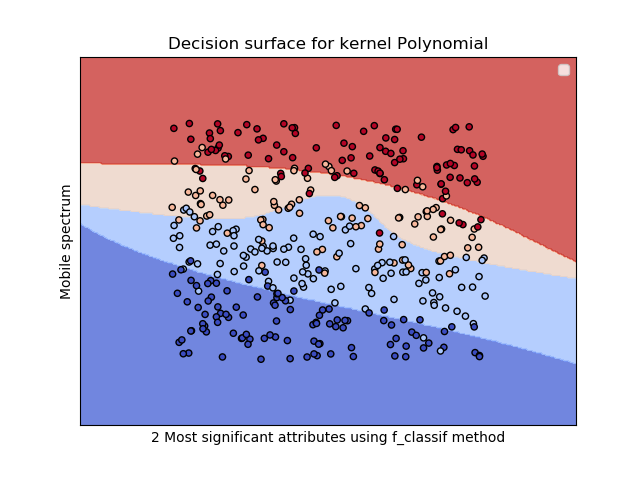


Ilustración 43. Frontera de decisión para el kernel Polinómico

##### Support Vector Machines. Porcentaje de efectividad de cada kernel.

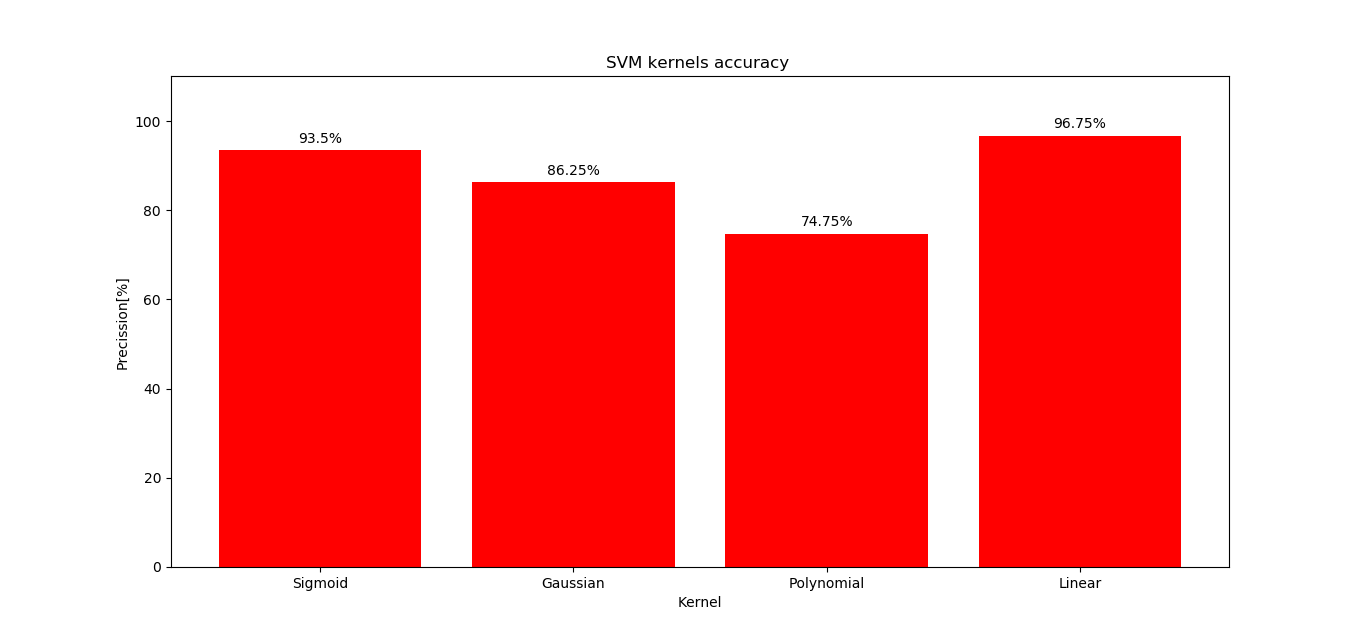


Ilustración 44. Precisión de cada kernel

# Apéndice C. Imágenes

##### Estructura de directorios y ficheros principal

##### Estructura de directorios y ficheros de Phone CompluHouse

