

Anexo C

Polietileno de alta densidad (HDPE) 256 puntos

Coeficiente de fricción

```
In[117]:= (*Para poder importar los datos a Mathematica,
           es necesario seleccionar la dirección de la carpeta que los contiene*)

In[118]:= SetDirectory[
           |establece directorio
           "C:\\Users\\Daniela Sánchez C\\Desktop\\Respaldo\\TT\\NMfriction\\Práctica
           |constante |constante
           X_NanoScope & data\\HDPE_Práctica X\\CSV"];
LatFWR = Flatten[Import["LatFWR.csv"]];
           |aplana |importa
LatBWR = Flatten[Import["LatBWR.csv"]];
           |aplana |importa
TopFWR = Flatten[Import["TopFWR.csv"]];
           |aplana |importa
TopBWR = Flatten[Import["TopBWR.csv"]];
           |aplana |importa

(*Será necesario corroborar que el número de elementos en las listas
de datos sea el mismo para poder efectuar operaciones entre ellos*)
Dimensions[LatFWR]
           |dimensiones
Dimensions[LatBWR]
           |dimensiones
Dimensions[TopFWR]
           |dimensiones
Dimensions[TopBWR]
           |dimensiones

(*Pendiente obtenida por espectroscopia de fuerza*)
Pend = 2.4257 * 10^-6
(*Módulo de Young del Si*)
MY = 112.4 * 10^9
(*Relación de Poisson de Si dopado con Antimonio*)
v = 0.28

(*Módulo de rigidez a corte*)
G = 
$$\frac{MY}{2 * (1 + v)}$$


(*Especificaciones del cantiléver*)
(*Espesor*)
t = 0.6 * 10^-6
(*Ancho*)
w = 40 * 10^-6
(*Posición de la punta a partir del final del cantiléver*)
```

```

TSB = 15 * 10^-6
(*Longitud del cantiléver*)
l = (125 * 10^-6) - TSB
(*Altura de la punta*)
h = 17.5 * 10^-6
(*Constante lateral del resorte*)
KL =  $\frac{G * (t^3) * (w)}{3 * (h^2) * l}$ 

(*Fuerza lateral*)
FL = KL *  $\left(\frac{\text{LatFWR} + \text{LatBWR}}{2}\right) * \text{Pend}$ 
(*Constante normal del resorte*)
KN = 200

(*Fuerza normal*)
FN = KN *  $\left(\frac{\text{TopFWR} + \text{TopBWR}}{2}\right) * 10^{-9}$ 

(*Coeficiente de fricción a lo largo de la superficie*)
 $\mu = \frac{FL}{FN}$ 

(*Desviación estándar de  $\mu$ *)
ds = StandardDeviation[ $\mu$ ]
  |desviación estándar

(*Coeficiente de fricción promedio*)
me = Mean[ $\mu$ ]
  |media

(*Evolución del coeficiente de fricción*)
ListLinePlot[ $\mu$ , PlotRange -> All,
  |gráfico de línea de ... |rango de rep... |todo
  PlotLabel -> Style["Variación del coeficiente de fricción", Magenta, Bold, 17],
  |etiqueta de r... |estilo |magenta |negrita
  AxesLabel -> {Style["Puntos", 14], Style["Desviación", 14]}]
  |etiqueta de ejes |estilo |estilo

Abs[me]
  |valor absoluto

(*Rango*)
Rango = me + ds
(*Eliminación de datos por encima del rango*)
Evol = DeleteCases[ $\mu$ , x_ /; -Rango > x  $\vee$  Rango < x]
  |elimina casos

Dimensions[Evol]
  |dimensiones

(*Promedio de la evolución del coeficiente de fricción, coeficiente resultante*)
Cf = Mean[Evol]
  |media

(*Representación gráfica de la evolución
del coeficiente de fricción dentro del rango*)
ListLinePlot[Evol, PlotRange -> All, PlotLabel -> Style[
  |gráfico de línea de una li... |rango de rep... |todo |etiqueta de r... |estilo
  "Variación del coeficiente de fricción (después del ajuste)", Magenta, Bold, 13],
  |magenta |negrita

```

[Imagen](#) [Preyria](#)

AxesLabel → {Style["Puntos", 12], Style["Desviación", 12]}
etiqueta de ejes estilo estilo

Abs [
valor absoluto

Cf]

Out[123]= {65 536}

Out[124]= {65 536}

Out[125]= {65 536}

Out[126]= {65 536}

Out[127]= 2.4257×10^{-6}

Out[128]= 1.124×10^{11}

Out[129]= 0.28

Out[130]= 4.39063×10^{10}

Out[131]= $6. \times 10^{-7}$

Out[132]= $\frac{1}{25000}$

Out[133]= $\frac{3}{200000}$

Out[134]= $\frac{11}{100000}$

Out[135]= 0.0000175

Out[136]= 3.75362

Out[137]= { 3.8498×10^{-6} , 4.38058×10^{-6} , 4.39039×10^{-6} , 4.45894×10^{-6} ,
 4.23732×10^{-6} , 4.6724×10^{-6} , 4.96308×10^{-6} , 4.51516×10^{-6} , 3.91089×10^{-6} ,
 4.49887×10^{-6} , 4.32294×10^{-6} , 4.6917×10^{-6} , 3.87072×10^{-6} , 4.28637×10^{-6} ,
 ... 65 509 ... , 7.23463×10^{-6} , 7.60676×10^{-6} , 7.69472×10^{-6} , 7.71634×10^{-6} ,
 8.20206×10^{-6} , 7.7356×10^{-6} , 7.67787×10^{-6} , 7.45471×10^{-6} , 7.10129×10^{-6} ,
 8.08041×10^{-6} , 8.21312×10^{-6} , 7.86576×10^{-6} , 8.07914×10^{-6} }

salida grande **Mostrar menos** **Mostrar más** **Mostrar salida completa** **Establecer límite de tamaño**

Out[138]= 200

Out[139]= {0.00009076, 0.000092162, 0.00009227, 0.000092323, 0.000092717, 0.000092674,
 0.000092721, 0.000093393, 0.000094272, 0.000095158, 0.000096304,
 0.000097675, 0.00009831, 0.000099492, 0.000100658, 0.000101705, 0.000102145,
 0.000102473, ... 65 500 ... , 0.000168868, 0.000168622, 0.000169276,
 0.000171296, 0.000171989, 0.000172488, 0.000174464, 0.000175636,
 0.000175867, 0.000177098, 0.000179399, 0.000180577, 0.000180356,
 0.000181903, 0.000184609, 0.000186342, 0.000187142, 0.000187481}

salida grande **Mostrar menos** **Mostrar más** **Mostrar salida completa** **Establecer límite de tamaño**

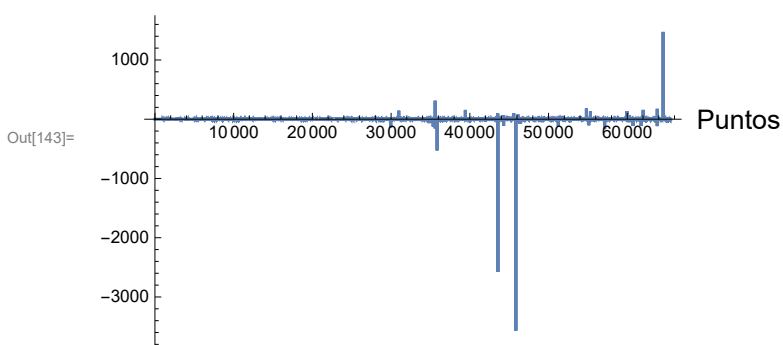
```
Out[140]= {0.0424174, 0.0475313, 0.047582, 0.0482972, 0.0457016, 0.0504176,
0.053527, 0.0483458, 0.0414852, 0.0472779, 0.0448885, 0.0480338,
0.0393726, 0.0430826, 0.0400626, ... 65 507 ..., 0.0498483, 0.0419428,
0.0436008, 0.0438106, 0.043876, 0.0463137, 0.0431195, 0.0425186,
0.0413333, 0.0390389, 0.0437704, 0.0440755, 0.042031, 0.0430931}
```

Out[141]= 18.5032

Out[142]= -0.00663739

Variación del coeficiente de fricción

Desviación



Out[143]= 0.00663739

Out[144]= 18.4966

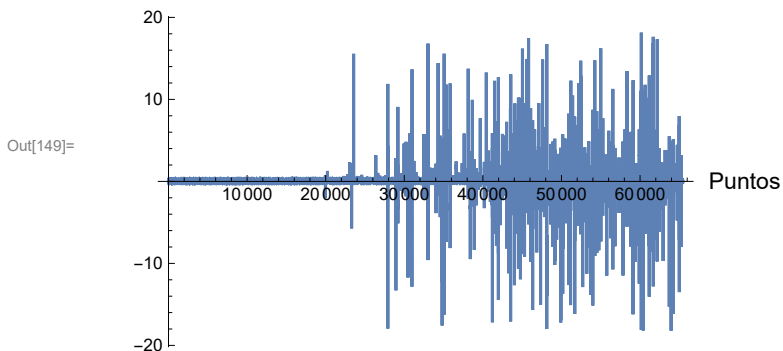
```
Out[146]= {0.0424174, 0.0475313, 0.047582, 0.0482972, 0.0457016, 0.0504176,
0.053527, 0.0483458, 0.0414852, 0.0472779, 0.0448885, 0.0480338,
0.0393726, 0.0430826, 0.0400626, ... 65 413 ..., 0.0498483, 0.0419428,
0.0436008, 0.0438106, 0.043876, 0.0463137, 0.0431195, 0.0425186,
0.0413333, 0.0390389, 0.0437704, 0.0440755, 0.042031, 0.0430931}
```

Out[147]= { 65 442 }

Out[148]= 0.0704852

Variación del coeficiente de fricción (después del ajuste)

Desviación



Out[150]= 0.0704852

In[151]= me

Out[151]= -0.00663739

In[152]= Cf

Out[152]= 0.0704852

Funciones de probabilidad

In[153]= (*Perfil de rugosidad*)

```
Perfil = Import["Profile.csv"];
```

[importa]

(*Separación de columnas y normalización de las alturas*)

```
Alturas = Normalize[Perfil[[All, 2]]];
```

[normaliza]

[todo]

```
Sección = Perfil[[All, 1]];
```

[todo]

(*Obtención de coordenadas de los puntos (Sección, Alturas) *)

```
Puntos = Table[{Sección[[i]], Alturas[[i]]}, {i, 1, Length[Sección]}];
```

[tabla]

[longitud]

In[157]= (*Representación gráfica del perfil de rugosidad*)

```
GraficaP = ListLinePlot[Puntos, AxesLabel -> {Style["μm", Large], Style["nm", Large]},
```

[gráfico de línea de una lista] [etiqueta de ejes] [estilo]

[grande]

[estilo]

[grande]

```
ImageSize -> Medium, PlotLabel -> Style["Perfil de rugosidad", Magenta, Bold, 17],
```

[tamaño de i...] [tamaño...] [etiqueta de r...] [estilo]

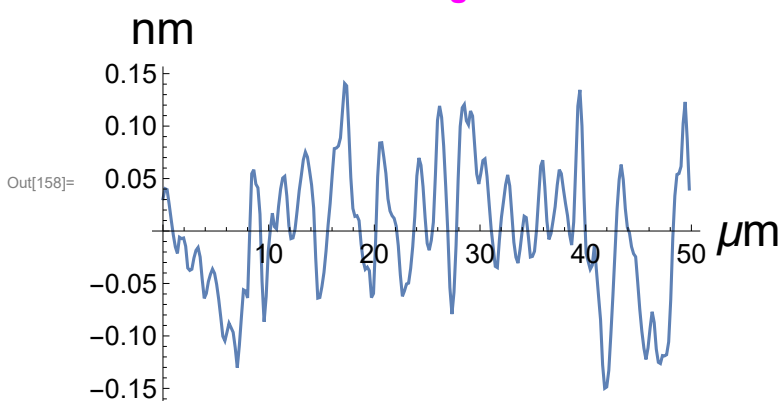
[magenta] [negrita]

```
LabelStyle -> (FontSize -> 14
```

[estilo de etiqueta] [tamaño de tipo de letra]

)])

Perfil de rugosidad



In[159]= (*Raíz cuadrada de la media aritmética y desviación estándar de las Alturas*)

```
In[160]:= Rrms = RootMeanSquare[Alturas]
           |media cuadrática
           σ = StandardDeviation[Alturas]
           |desviación estándar
```

```
Out[160]:= 0.0625
```

```
Out[161]:= 0.0626224
```

```
In[162]:= (*Función de densidad de probabilidad y su representación gráfica*)
```

```
In[163]:= ADF = Table[{PDF[NormalDistribution[Rrms, σ], Alturas], Alturas}, {Alturas, -2, 2}];
           |tabla |fun··|distribución normal
           (*Función de distribución acumulada y su representación gráfica*)
           BAC = Table[{CDF[NormalDistribution[Rrms, σ], Alturas], Alturas}, {Alturas, -2, 2}];
           |tabla |fun··|distribución normal
```

```
In[165]:= (*Para conocer los extremos del perfil, pico máximo (M) y valle mínimo(m)*)
```

```
In[166]:= m = Min[Alturas]
           |mínimo
```

```
Out[166]:= -0.149932
```

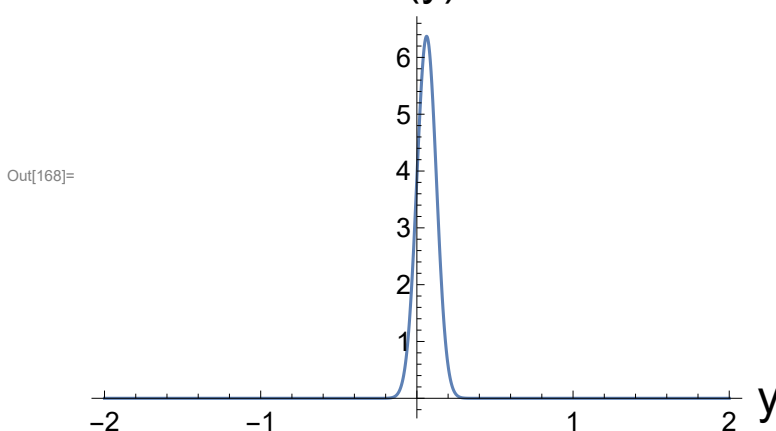
```
In[167]:= M = Max[Alturas]
           |máximo
```

```
Out[167]:= 0.1407
```

```
In[168]:= Plot[PDF[NormalDistribution[Rrms, σ], Alturas], {Alturas, -2, 2},
           |repr··|fun··|distribución normal
           PlotRange → All, AxesLabel → {Style["y", Large], Style["P(y)", Large]},
           |rango de repr··|todo |etiqueta de ejes |estilo |grande |estilo |grande
           PlotLabel → Style["Función de densidad de probabilidad ADF", Magenta, Bold, 17],
           |etiqueta de r··|estilo |magenta |negrita
           LabelStyle → {FontSize → 14
           |estilo de etiqueta |tamaño de tipo de letra
           )}]
```

Función de densidad de probabilidad ADF

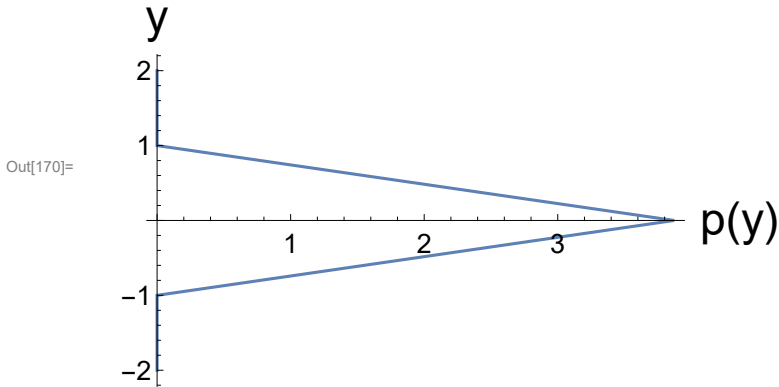
P(y)



```
In[169]:= (*Intercambio de ejes*)
```

```
In[170]:= GraficaADF = ListLinePlot[ADF,
    gráfico de línea de una lista
    AxesLabel → {Style["p(y)", Large], Style["y", Large]}, PlotRange → All,
    etiqueta de ejes estilo grande estilo grande rango de rep... todo
    PlotLabel → Style["Función de densidad de probabilidad ADF", Magenta, Bold, 17],
    etiqueta de r... estilo magenta negrita
    LabelStyle → (FontSize → 14)]
    estilo de etiqueta tamaño de tipo de letra
```

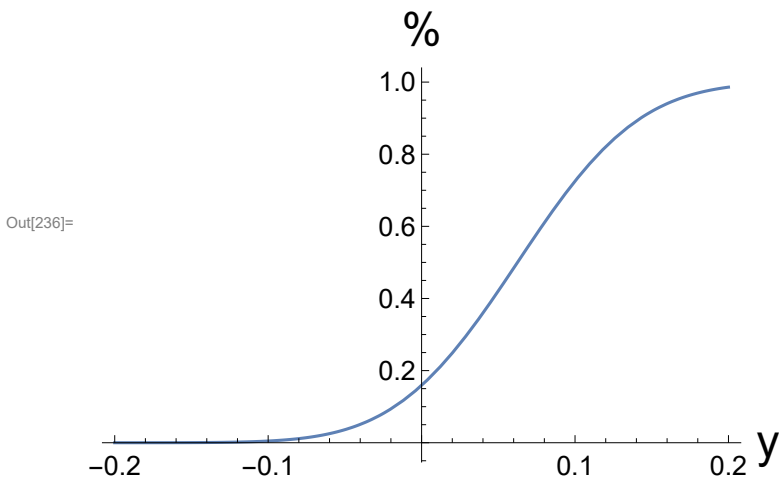
Función de densidad de probabilidad ADF



```
In[171]:= (*Representación gráfica de la función de distribución*)
```

```
In[236]:= Plot[CDF[NormalDistribution[Rrms, σ], Alturas], {Alturas, -0.2, 0.2},
    repr... fun... distribución normal
    PlotRange → All, AxesLabel → {Style["y", Large], Style["%", Large]},
    rango de rep... todo etiqueta de ejes estilo grande estilo grande
    PlotLabel → Style["Función de distribución acumulada BAC", Magenta, Bold, 17],
    etiqueta de r... estilo magenta negrita
    LabelStyle → (FontSize → 14
    estilo de etiqueta tamaño de tipo de letra
    )]
```

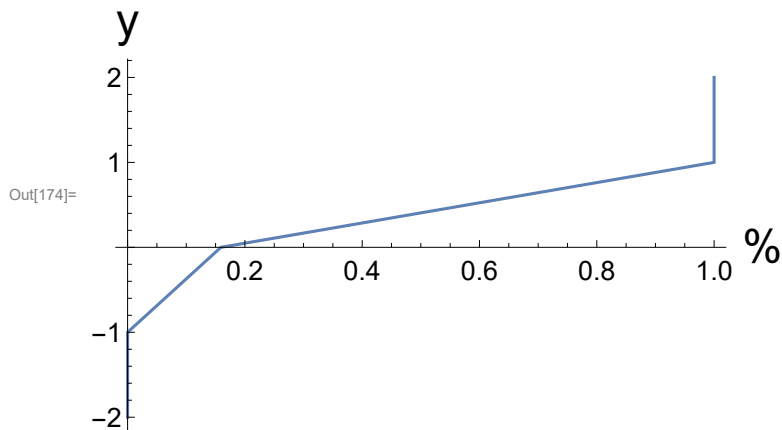
Función de distribución acumulada BAC



```
In[173]:= (*Intercambio de ejes*)
```

```
In[174]:= GraficaBAC = ListLinePlot[BAC, AxesLabel -> {Style["%", Large], Style["y", Large]},
    [gráfico de línea de una [etiqueta de ejes [estilo [grande [estilo [grande
    AxesOrigin -> Automatic, PlotRange -> All,
    [origen de ejes [automático [rango de rep... [todo
    PlotLabel -> Style["Función de distribución acumulada BAC", Magenta, Bold, 17],
    [etiqueta de r... [estilo [magenta [negrita
    LabelStyle -> (FontSize -> 14
    [estilo de etiqueta [tamaño de tipo de letra
    )]
```

Función de distribución acumulada BAC



```
In[175]:= (*ADF y BAC para el perfil de rugosidad de la sección a partir de la Rrms*)
```

```
In[176]:= GraphicsRow[{GraficaP, GraficaADF, GraficaBAC}, ImageSize -> {Full}]
    [fila de gráficos [tamaño de im... [completo
```

Perfil de rugosidad de densidad de probabili de distribución acumulada

