

Anexo A

Polietileno de baja densidad (LDPE) 256 puntos

Coeficiente de fricción

```
In[177]:= (*Para poder importar los datos a Mathematica,
           es necesario seleccionar la dirección de la carpeta que los contiene*)

In[178]:= SetDirectory[
           |establece directorio
           "C:\\Users\\Daniela Sánchez C\\Desktop\\Respaldo\\TT\\NMfriction\\Práctica
           |constante |constante
           X_NanoScope & data\\LDPE_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 = 4.5505 * 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 *  $\left(\frac{\text{TopFWR} + \text{TopBWR}}{2}\right) * (1 * 10^-9)$ 

(*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*)

(*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*)
AxesLabel -> {Style["Puntos", 12], Style["Desviación", 12]}]
(*etiqueta de ejes*) (*estilo*) (*estilo*)

```

Etiqueta de ejes **Estilo****Estilo****Abs [**

valor absoluto

Cf]

Out[183]= { 65 536 }

Out[184]= { 65 536 }

Out[185]= { 65 536 }

Out[186]= { 65 536 }

Out[187]= 4.5505×10^{-6} Out[188]= 1.124×10^{11}

Out[189]= 0.28

Out[190]= 4.39063×10^{10} Out[191]= $6. \times 10^{-7}$ Out[192]= $\frac{1}{25000}$ Out[193]= $\frac{3}{200000}$ Out[194]= $\frac{11}{100000}$

Out[195]= 0.0000175

Out[196]= 3.75362

Out[197]= { 7.63505×10^{-7} , 9.26063×10^{-7} , -4.973×10^{-7} , -6.50131×10^{-7} ,
 -6.25645×10^{-7} , -7.33125×10^{-7} , -5.73299×10^{-7} , -1.77931×10^{-7} ,
 -5.72054×10^{-7} , -3.64207×10^{-7} , -5.78776×10^{-7} , -2.6712×10^{-7} ,
 -3.32796×10^{-7} , ... 65 510 ..., 6.10947×10^{-6} , 5.42214×10^{-6} , 8.78288×10^{-6} ,
 7.48303×10^{-6} , 6.33793×10^{-6} , 8.20657×10^{-6} , 9.03397×10^{-6} , 8.58321×10^{-6} ,
 8.27011×10^{-6} , 9.07821×10^{-6} , 8.38242×10^{-6} , 8.79945×10^{-6} , 7.44767×10^{-6} }

salida grande

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

Out[198]= 200

Out[199]= { 0.00024306, 0.00024314, 0.00024317, 0.0002413, 0.00024038, 0.00024211, 0.00024199,
0.00024165, 0.00024216, 0.00024054, 0.0002387, 0.0002368, 0.00023524,
0.00023322, 0.00023, 0.0002291, 0.00023166, 0.00023365, ... 65 500 ...,
0.00029985, 0.0002991, 0.00029888, 0.00029904, 0.00029943, 0.00030009,
0.00030101, 0.00030255, 0.00030404, 0.00030488, 0.00030533, 0.00030455,
0.00030304, 0.00030122, 0.00029896, 0.00029671, 0.00029457, 0.00029447 }

salida grande

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

Out[200]= {0.00314122, 0.00380877, -0.00204507, -0.00269428, -0.00260274, -0.00302807, -0.0023691, -0.000736317, -0.0023623, -0.00151412, -0.0024247, -0.00112804, -0.00141471, -0.000382492, ... 65 508 ..., 0.00939609, 0.0203588, 0.0180132, 0.0290295, 0.024612, 0.0207883, 0.0268777, 0.0296633, 0.0283237, 0.0274554, 0.030366, 0.0282512, 0.0298722, 0.0252918}

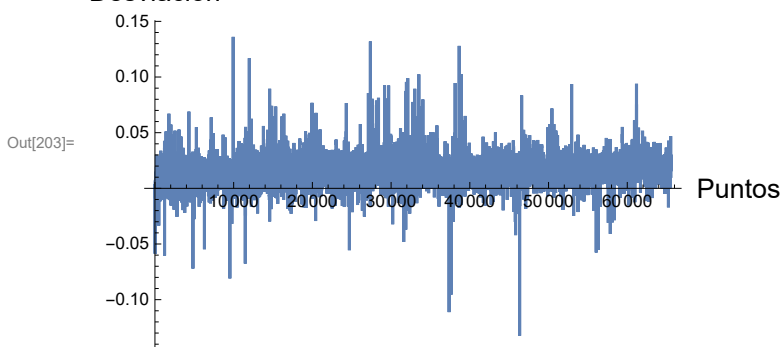
salida grande **Mostrar menos** **Mostrar más** **Mostrar salida completa** **Establecer límite de tamaño**

Out[201]= 0.00803537

Out[202]= 0.0125743

Variación del coeficiente de fricción

Desviación



Out[203]= 0.0125743

Out[204]= 0.0206097

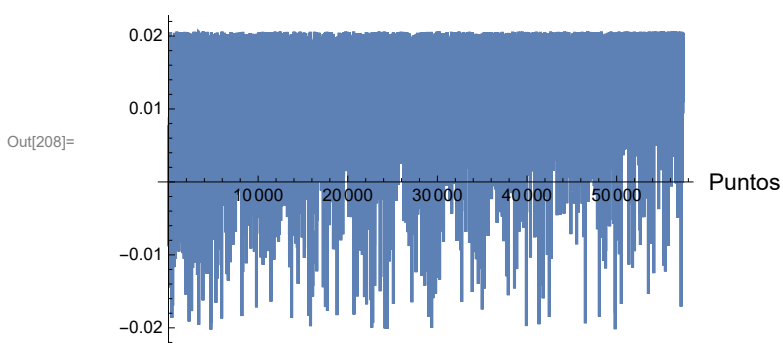
Out[206]= {0.00314122, 0.00380877, -0.00204507, -0.00269428, -0.00260274, -0.00302807, -0.0023691, -0.000736317, -0.0023623, -0.00151412, -0.0024247, -0.00112804, -0.00141471, ... 57 356 ..., 0.0185636, 0.0199079, 0.0204041, 0.0204227, 0.0197696, 0.0179027, 0.0155885, 0.0152407, 0.0128703, 0.0120035, 0.00939609, 0.0203588, 0.0180132}

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

Out[207]= 0.0106957

Variación del coeficiente de fricción (después del ajuste)

Desviación



Out[209]= 0.0106957

In[210]:= **me**

Out[210]= 0.0125743

In[211]:= **Cf**

Out[211]= 0.0106957

Funciones de probabilidad

In[212]:= **(*Perfil de rugosidad*)**

Perfil = Import["Profile.csv"];
↳ importa

(*Separación de columnas*)

Alturas = Normalize[Perfil[[All, 2]]];
↳ normaliza ↳ todo

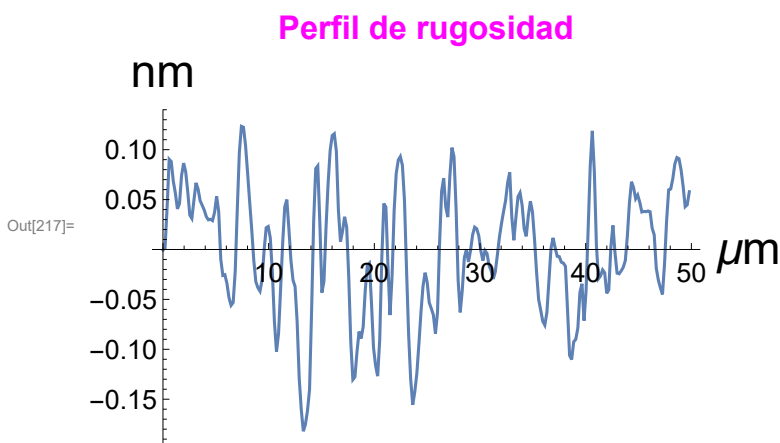
Sección = Perfil[[All, 1]];
↳ todo

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

Puntos = Table[{Sección[[i]], Alturas[[i]]}, {i, 1, Length[Sección]}];
↳ tabla ↳ longitud

In[216]:= **(*Representación gráfica del perfil de rugosidad*)**

In[217]:= **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
)]



In[218]:= **(*Raíz cuadrada de la media aritmética y desviación estándar de las Alturas*)**

In[219]:= **Rrms = RootMeanSquare[Alturas]**
↳ media cuadrática

σ = StandardDeviation[Alturas]
↳ desviación estándar

Out[219]= 0.0625

Out[220]= 0.0626224

```

In[221]:= (*Funcion de densidad de probabilidad y su representación gráfica*)

In[222]:= ADF = Table[{PDF[NormalDistribution[Rrms,  $\sigma$ ], Alturas], Alturas}, {Alturas, -2, 2}];
           [tabla [fun· [distribución normal]
           (*Función de distribución acumulada y su representación gráfica*)
           BAC = Table[{CDF[NormalDistribution[Rrms,  $\sigma$ ], Alturas], Alturas}, {Alturas, -2, 2}];
           [tabla [fun· [distribución normal]

In[224]:= m = Min[Alturas]
           [mínimo]

Out[224]= -0.182116

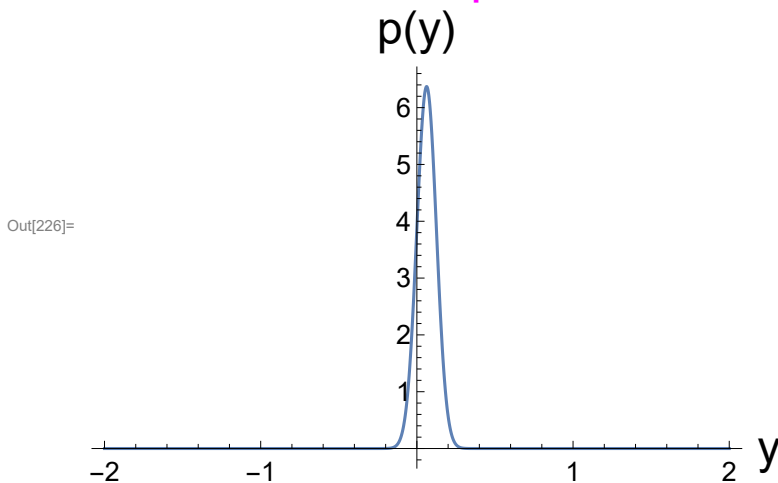
In[225]:= M = Max[Alturas]
           [máximo]

Out[225]= 0.123364

In[226]:= Plot[PDF[NormalDistribution[Rrms,  $\sigma$ ], Alturas], {Alturas, -2, 2},
           [repr· [fun· [distribución normal]
           PlotRange → All, AxesLabel → {Style["y", Large], Style["p(y)", Large]},
           [rango de rep· [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



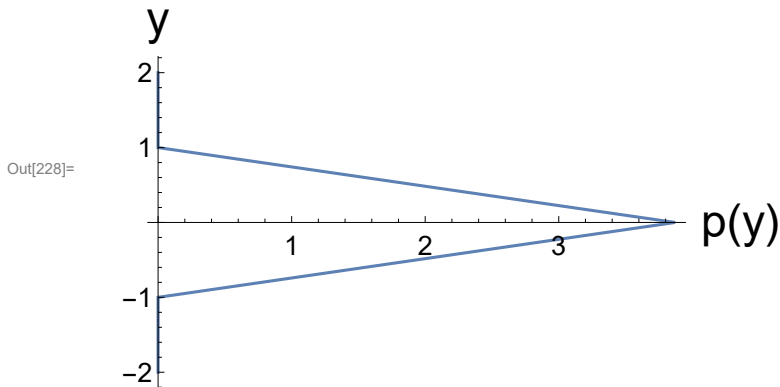
```

In[227]:= (*Intercambio de ejes*)

```

```
In[228]:= 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
```

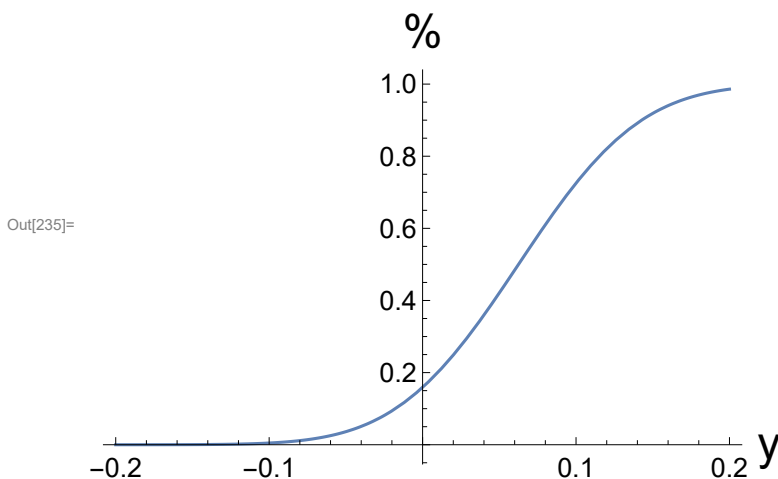
Función de densidad de probabilidad ADF



```
In[229]:= (*Representación gráfica de la función de distribución*)
```

```
In[235]:= 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

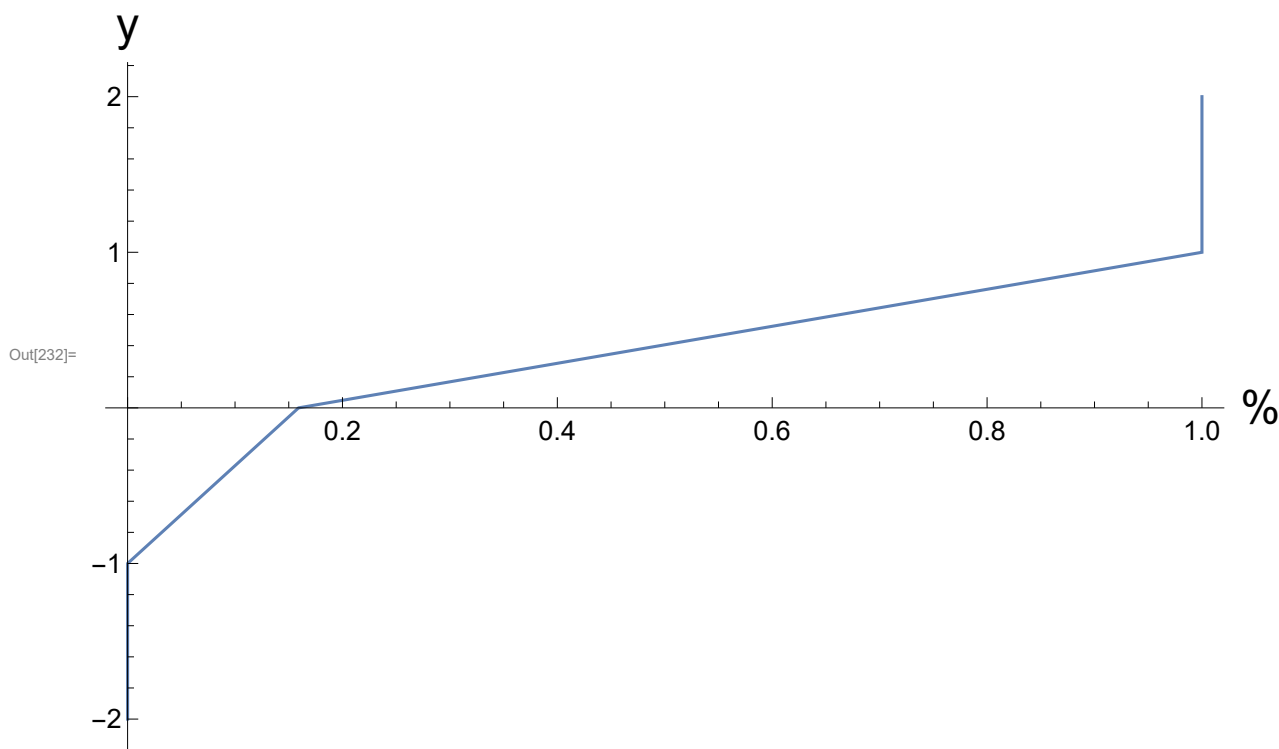


```
In[231]:= (*Intercambio de ejes*)
```

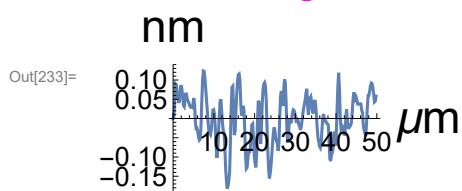
```

In[232]:= 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
    )]
    (*ADF y BAC para el perfil de rugosidad de la sección a partir de la Rrms*)
    GraphicsRow[{GraficaP, GraficaADF, GraficaBAC}, ImageSize -> {Full}]
    [fila de gráficos [tamaño de im... [completo
  
```

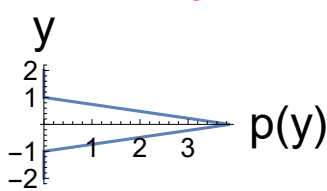
Función de distribución acumulada BAC



Perfil de rugosidad



de densidad de probabili



de distribución acumula

