

Daniel Dorado y Sofía Álvarez

```
In [1]: # ESAI
import numpy as np
import pandas as pd
import seaborn as sns
from os import listdir
import matplotlib.pyplot as plt
from os.path import isfile, join
```

Laboratorio 1: Rayos X

Actividad 1: Rayos X característicos del Cobre

Lo primero que nos interesa es leer los datos y graficar la intensidad en función del ángulo del modo acoplado entre el cristal y el tubo Geiger-Müller.

```
In [2]: rayos_caracteristicos_Cu = pd.read_csv('Actividad1/RayosCaracteristicosCu', sep='\t')
```

```
In [3]: rayos_caracteristicos_Cu
```

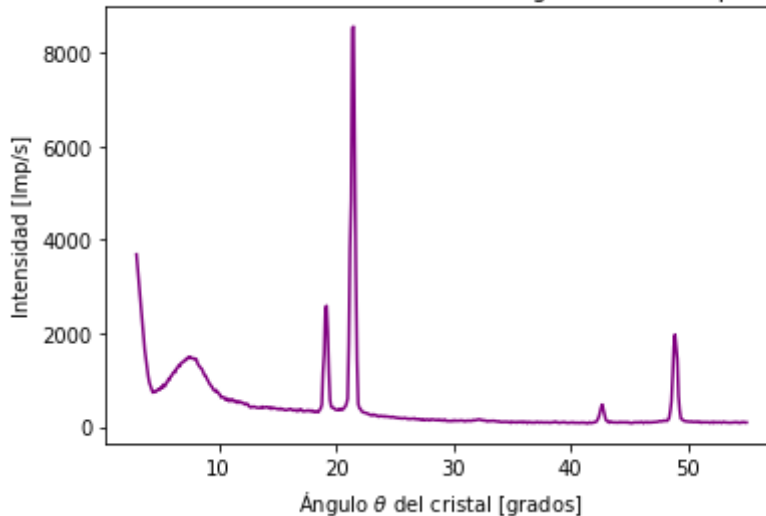
Out[3]:

	Angulo	Intensidad
0	3.0	3687.0
1	3.1	3403.0
2	3.2	3065.0
3	3.3	2786.0
4	3.4	2512.0
...
516	54.6	100.0
517	54.7	96.0
518	54.8	101.0
519	54.9	89.0
520	55.0	93.0

521 rows × 2 columns

```
In [4]: plt.plot(rayos_caracteristicos_Cu['Angulo'], rayos_caracteristicos_Cu['Intensidad'], color='purple')
plt.xlabel(r'Ángulo  $\theta$  del cristal [grados]')
plt.ylabel(r'Intensidad [Imp/s]')
plt.title('Intensidad de la radiación en función del ángulo del cristal para el Cobre')
plt.show()
```

Intensidad de la radiación en función del ángulo del cristal para el Cobre



Saquemos el pico más alto de radiación, que corresponde a la transición K_{α} ,

```
In [5]: pico_K_alpha = rayos_caracteristicos_Cu[rayos_caracteristicos_Cu['Intensidad'] == max(rayos_caracteristicos_Cu['Intensidad'])]
pico_K_alpha
```

Out[5]:

	Angulo	Intensidad
185	21.5	8555.0

Notemos que esto ocurre a un ángulo de 21.5° , cuando debería ocurrir en $22,6^{\circ}$. Esto ocurre debido a que, la clase pasada, las instrucciones de calibración empleadas conducían a un ajuste erróneo. En este caso, la máxima intensidad nos daba en 22° . Según las instrucciones, debíamos reajustar el cero a $+0,6^{\circ}$, cuando debíamos ponerlo en $-0,6^{\circ}$. Entonces, en realidad, estábamos duplicando el desajuste. Note que, si sumamos $1,2^{\circ}$ a nuestro valor, obtenemos $22,7^{\circ}$, lo cual se encuentra dentro del margen de incertidumbre del equipo.

Estos datos los vamos a repetir mañana.

Actividad 2: Absorción de Rayos X

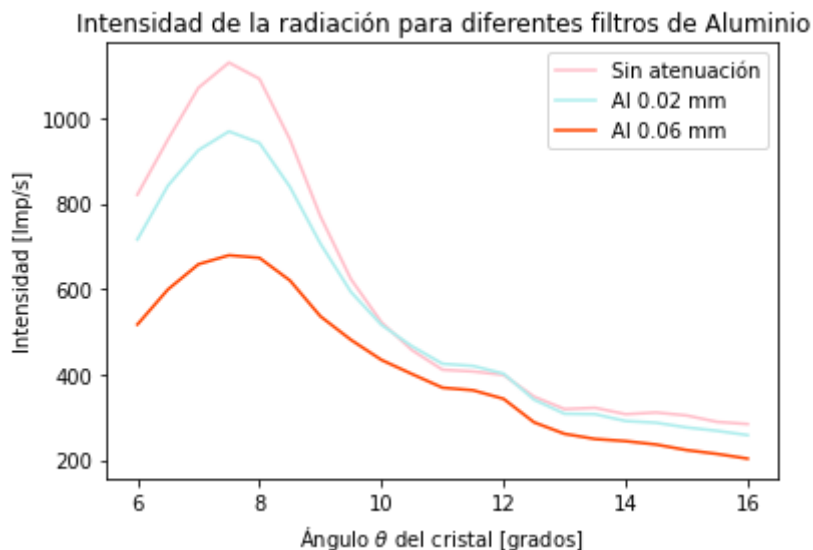
Tomamos los datos sin atenuación, para tener una gráfica de referencia y leemos los archivos de cada material.

```
In [6]: sin_atenuacion = pd.read_csv('Actividad2/Sin material', sep='\t')
al_0_02 = pd.read_csv('Actividad2/Al 0-02', sep='\t')
al_0_06 = pd.read_csv('Actividad2/Al 0-06', sep='\t')
zn_0_025 = pd.read_csv('Actividad2/Zn 0-025', sep='\t')
zn_0_05 = pd.read_csv('Actividad2/Zn 0-05', sep='\t')
```

Graficamos la intensidad de la radiación en función del ángulo del cristal, para ambos materiales y sus diferentes espesores, teniendo como referencia el barrido inicial.

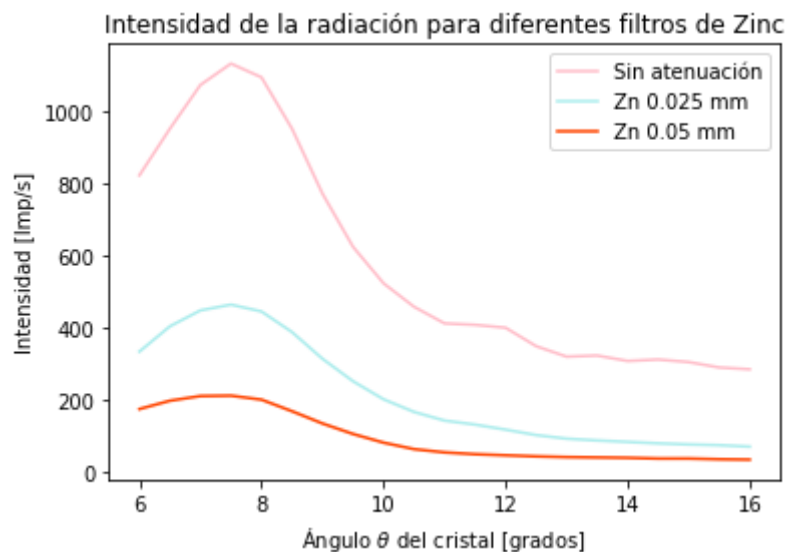
```
In [7]: # Para el Aluminio
plt.plot(sin_atenuacion['Angulo'], sin_atenuacion['Intensidad'], color='pink', label='Sin atenuación')
plt.plot(al_0_02['Angulo'], al_0_02['Intensidad'], color='paleturquoise', label='Al 0.02 mm')
plt.plot(al_0_06['Angulo'], al_0_06['Intensidad'], color='orangered', label='Al 0.06 mm')

plt.xlabel(r'Ángulo  $\theta$  del cristal [grados]')
plt.ylabel(r'Intensidad [Imp/s]')
plt.title('Intensidad de la radiación para diferentes filtros de Aluminio')
plt.legend()
plt.show()
```



```
In [8]: # Para el Zinc
plt.plot(sin_atenuacion['Angulo'], sin_atenuacion['Intensidad'], color='pink', label='Sin atenuación')
plt.plot(zn_0_025['Angulo'], zn_0_025['Intensidad'], color='paleturquoise', label='Zn 0.025 mm')
plt.plot(zn_0_05['Angulo'], zn_0_05['Intensidad'], color='orangered', label='Zn 0.05 mm')

plt.xlabel(r'Ángulo  $\theta$  del cristal [grados]')
plt.ylabel(r'Intensidad [Imp/s]')
plt.title('Intensidad de la radiación para diferentes filtros de Zinc')
plt.legend()
plt.show()
```



Para ambos materiales, podemos ver que hay disminución en la intensidad de la radiación a medida que aumenta el espesor del material usado como filtro. Para el Zinc, la disminución en la intensidad es apreciablemente mayor que la observada en el Aluminio. Esto está asociado a su coeficiente de atenuación. Esperamos que el del Zinc sea mayor.

Actividad 3: Dependencia de la intensidad del voltaje y corriente del ánodo

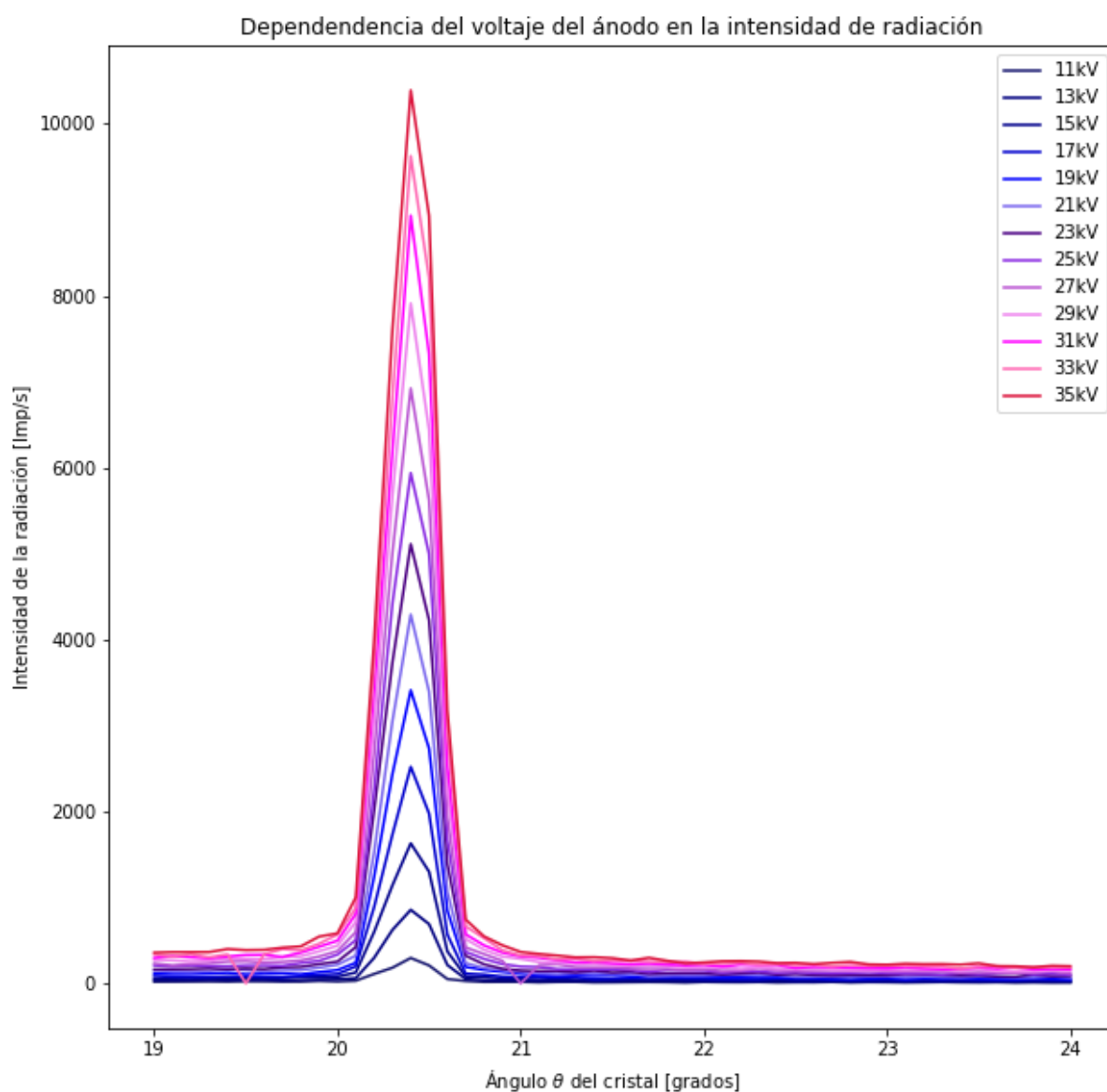
Primero, analizamos la dependencia de la intensidad del voltaje del ánodo.

```
In [9]: voltaje_variable = pd.read_csv('Actividad3/Voltaje-variable', sep='\t')
voltaje_variable.drop('Unnamed: 14', axis=1, inplace=True)
```

```

In [10]: plt.figure(figsize=(10,10))
i = 0
colors = ['midnightblue', 'navy', 'darkblue', 'mediumblue', 'blue', 'mediumslateblue', 'indigo', 'blueviolet', 'mediumorchid', 'violet', 'fuchsia', 'hotpink', 'crimson']
for column in voltaje_variable.columns:
    if column != 'Angulo':
        plt.plot(voltaje_variable['Angulo'], voltaje_variable[column], color=colors[i], label=column)
        i += 1
plt.xlabel(r'Ángulo  $\theta$  del cristal [grados]')
plt.ylabel('Intensidad de la radiación [Imp/s]')
plt.legend()
plt.title('Dependendencia del voltaje del ánodo en la intensidad de radiación')
plt.show()

```



```
In [11]: pico = voltaje_variable[voltaje_variable['35kV'] == max(voltaje_variable
['35kV'])]
pico
```

```
Out[11]:
```

	Angulo	11kV	13kV	15kV	17kV	19kV	21kV	23kV	25kV	27kV	29kV	31kV
14	20.4	296.0	856.0	1630.0	2520.0	3411.0	4291.0	5111.0	5938.0	6922.0	7911.0	8933.0

De la gráfica, podemos ver que, entre más alto es el voltaje del ánodo, mayor es la intensidad de la radiación. Note que el pico debería ocurrir en 22.6° , no obstante, por el error en la calibración mencionado en la actividad 1, este está corrido $22.6^\circ - 20.4^\circ = 2.2^\circ$. El error es diferente porque esta calibración la hicimos hoy.

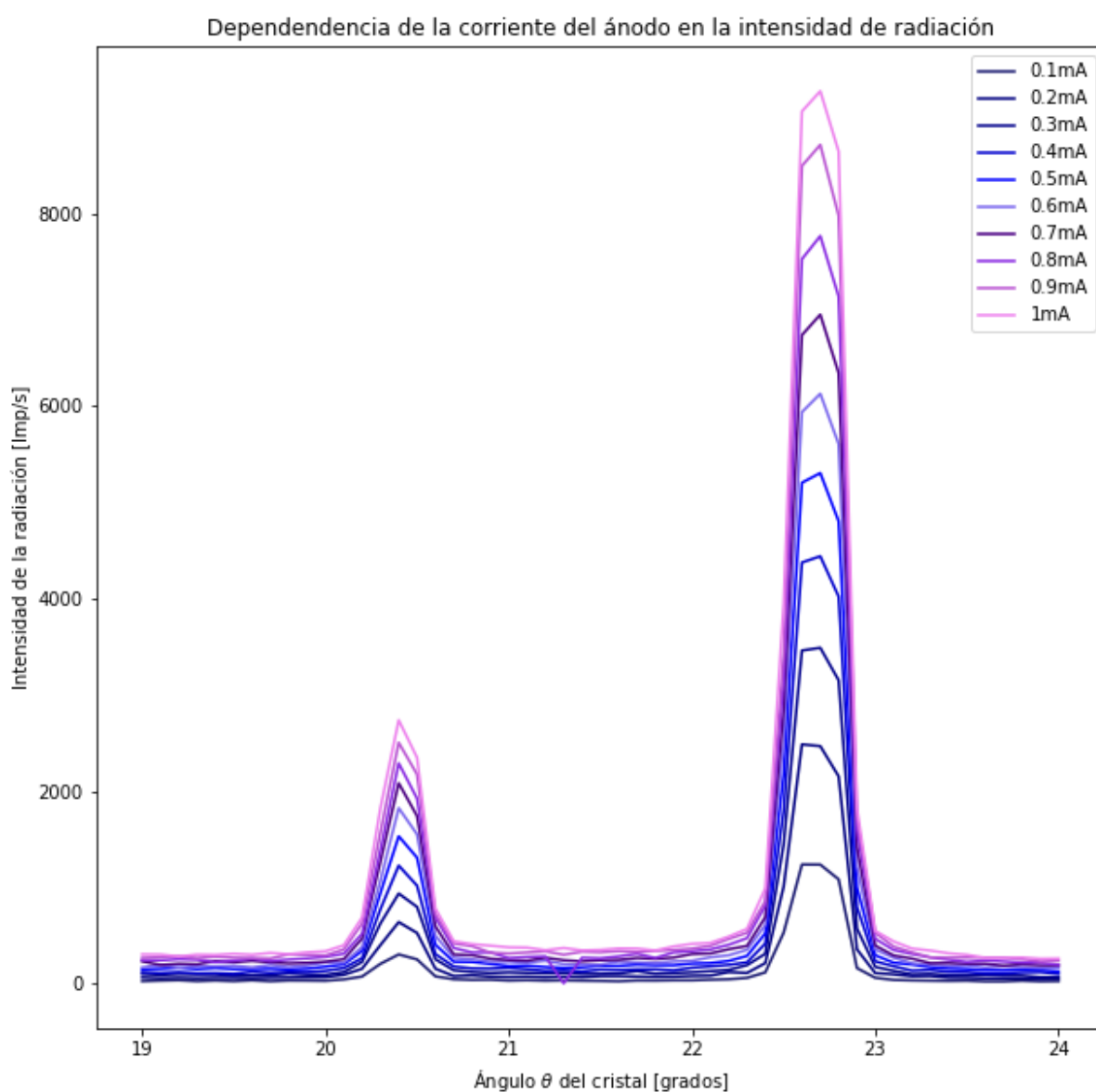
Ahora, analizamos la dependencia de la corriente del ánodo en la intensidad de radiación.

```
In [12]: corriente_variable = pd.read_csv('Actividad3/Corriente variable/0-1mA',
sep='\t')
files = sorted([f for f in listdir('Actividad3/Corriente variable') if i
sfile(join('Actividad3/Corriente variable', f))])
for f in files:
    if isfile(join('Actividad3/Corriente variable', f)) and f != '0-1mA'
:
        corriente = f[-3]
        if corriente != '1':
            corriente_variable['0.'+corriente+'mA'] = pd.read_csv(join(
'Actividad3/Corriente variable', f), sep='\t')['0.'+corriente+'mA']
        else:
            corriente_variable[corriente+'mA'] = pd.read_csv(join('Activ
idad3/Corriente variable', f), sep='\t')[corriente+'mA']
```

```

In [13]: plt.figure(figsize=(10,10))
i = 0
colors = ['midnightblue', 'navy', 'darkblue', 'mediumblue', 'blue', 'mediumslateblue', 'indigo', 'blueviolet', 'mediumorchid', 'violet', 'fuchsia', 'hotpink', 'crimson']
for column in corriente_variable.columns:
    if column != 'Angulo':
        plt.plot(corriente_variable['Angulo'], corriente_variable[column], color=colors[i], label=column)
        i += 1
plt.xlabel(r'Ángulo  $\theta$  del cristal [grados]')
plt.ylabel('Intensidad de la radiación [Imp/s]')
plt.legend()
plt.title('Dependendencia de la corriente del ánodo en la intensidad de radiación')
plt.show()

```



```
In [14]: pico = corriente_variable[corriente_variable['1mA'] == max(corriente_vari
         pico
```

Out[14]:

	Angulo	0.1mA	0.2mA	0.3mA	0.4mA	0.5mA	0.6mA	0.7mA	0.8mA	0.9mA	1mA
37	22.7	1235.0	2467.0	3489.0	4441.0	5306.0	6131.0	6954.0	7771.0	8719.0	9277.0

Podemos ver que, de forma similar al voltaje, a medida que aumentamos la corriente en el ánodo, la intensidad de la radiación incrementa. Antes de hacer esta medición, pudimos recalibrar adecuadamente nuestro equipo de rayos X y, por tanto, vemos que el ángulo de intensidad máxima está apenas desfasado 0.1° , que está en la incertidumbre de la máquina.

Actividad 4: Ley de Duane-Hunt

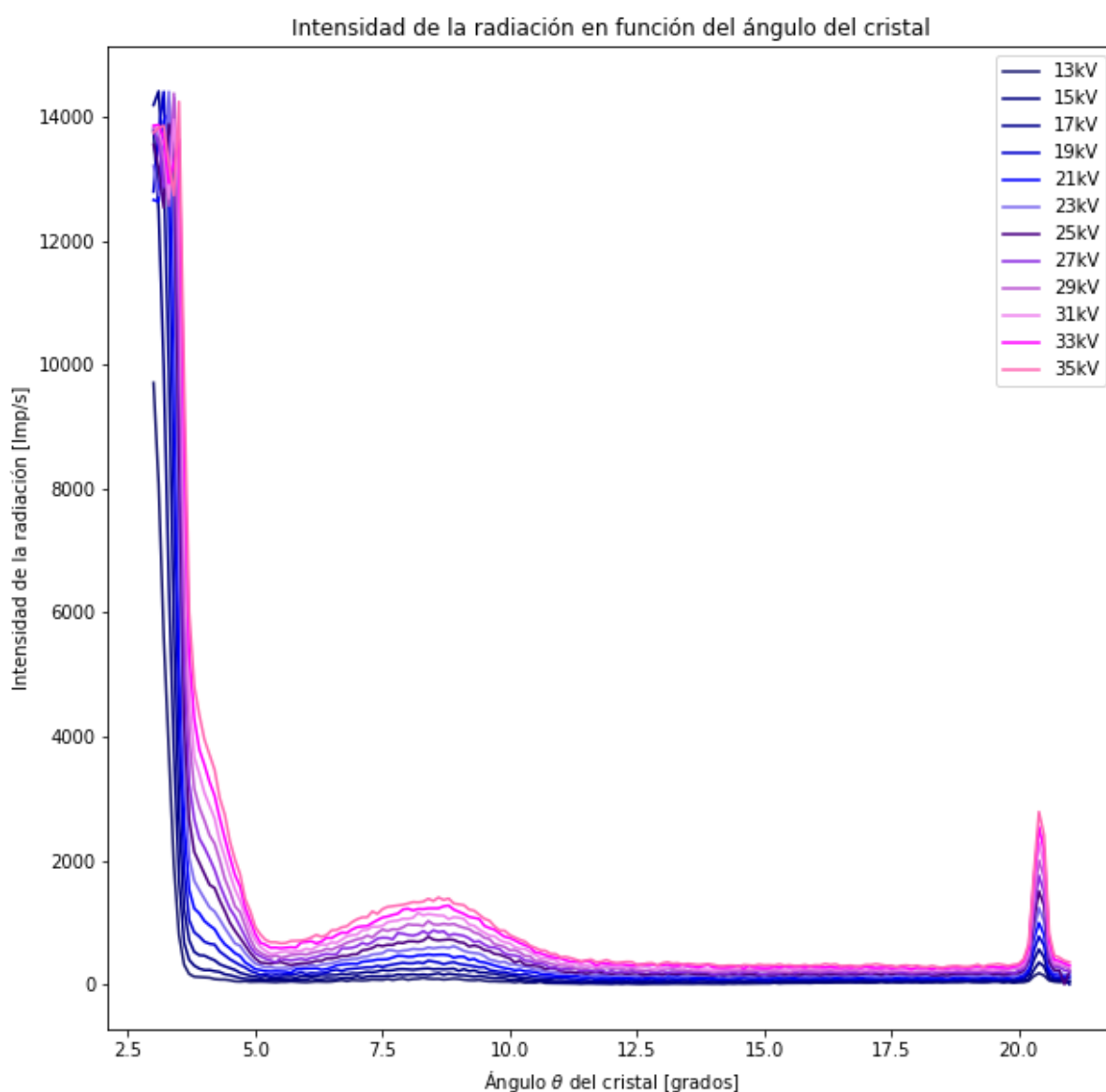
```
In [15]: bremstrahlung = pd.read_csv('Actividad4', sep='\t')
```



```

In [16]: plt.figure(figsize=(10,10))
i = 0
colors = ['midnightblue', 'navy', 'darkblue', 'mediumblue', 'blue', 'mediumslateblue', 'indigo', 'blueviolet', 'mediumorchid', 'violet', 'fuchsia', 'hotpink', 'crimson']
for column in bremstrahlung.columns:
    if column != 'Angulo':
        plt.plot(bremstrahlung['Angulo'], bremstrahlung[column], color=colors[i], label=column)
        i += 1
plt.xlabel(r'Ángulo  $\theta$  del cristal [grados]')
plt.ylabel('Intensidad de la radiación [Imp/s]')
plt.legend()
plt.title('Intensidad de la radiación en función del ángulo del cristal')
plt.show()

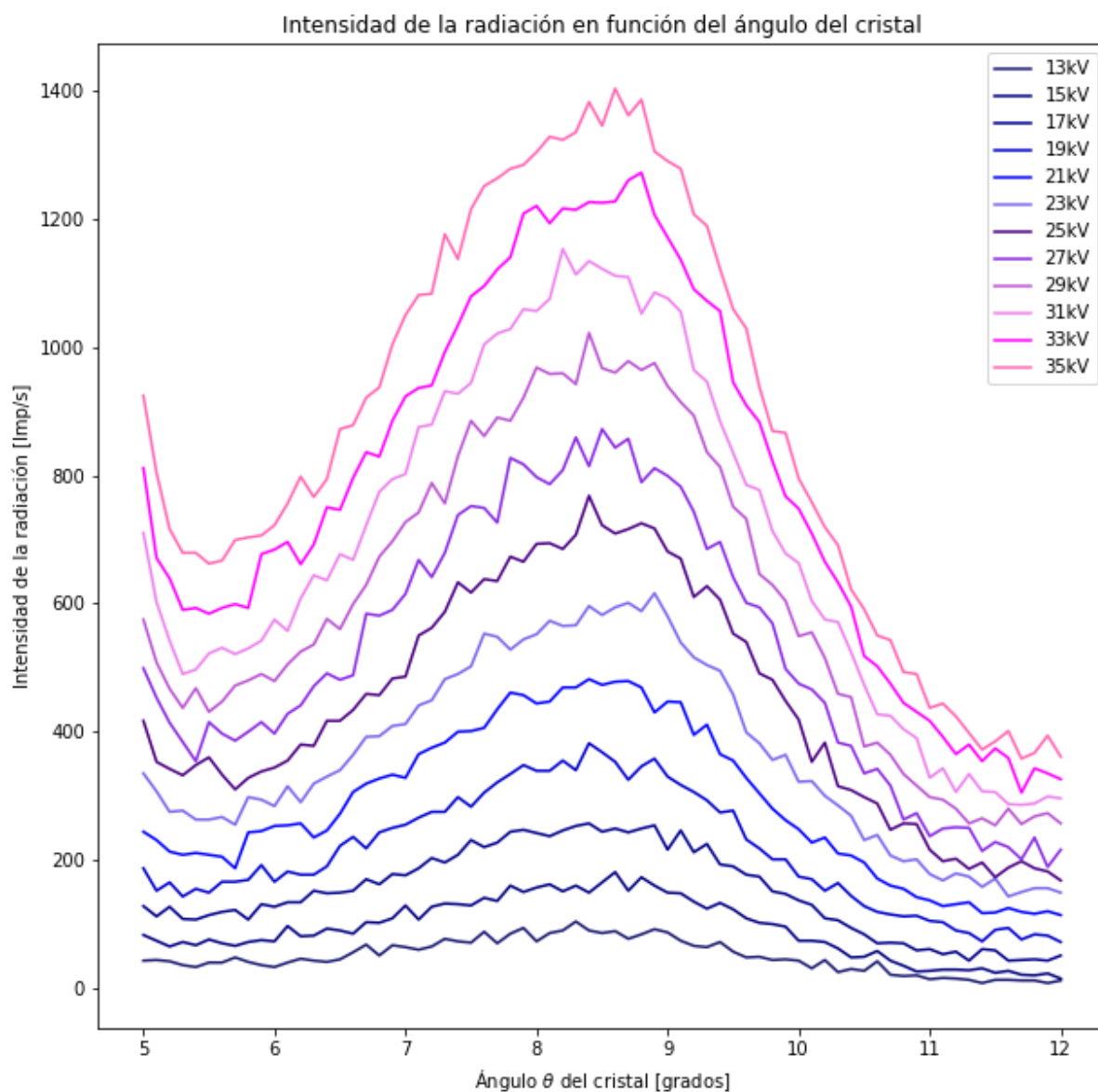
```



Sabemos que el Bremsstrahlung corresponde a la parte continua del espectro. Vemos que esta ocurre, aproximadamente, entre 5° y 12°.

```
In [17]: bremstrahlung = bremstrahlung[(bremstrahlung['Angulo'] >= 5) & (bremstrahlung['Angulo'] <= 12)]
```

```
In [18]: plt.figure(figsize=(10,10))
i = 0
colors = ['midnightblue', 'navy', 'darkblue', 'mediumblue', 'blue', 'mediumslateblue', 'indigo', 'blueviolet', 'mediumorchid', 'violet', 'fuchsia', 'hotpink', 'crimson']
for column in bremstrahlung.columns:
    if column != 'Angulo':
        plt.plot(bremstrahlung['Angulo'], bremstrahlung[column], color=colors[i], label=column)
        i += 1
plt.xlabel(r'Ángulo  $\theta$  del cristal [grados]')
plt.ylabel('Intensidad de la radiación [Imp/s]')
plt.legend()
plt.title('Intensidad de la radiación en función del ángulo del cristal')
plt.show()
```



En esta gráfica, es apreciable la radiación de Bremstrahlung. Al igual que en la actividad 3, podemos ver que la intensidad de la radiación aumenta con el voltaje del ánodo.

Jueves 26 Agosto

1. Calibración:

Ángulo tubo: 44°
Ángulo cristal: 22° } $I = 9999$ Conteos/s
→ Máximo de intensidad.

→ Modo acoplado:

* Ángulo: 22° .

* Desviación: -0.6° .

Actividad 2: Sin material: $6^\circ - 16^\circ$,
 $\Delta \text{degree} = 0.5^\circ$

Jueves sept. 2

1. Calibración (con esta hicimos voltaje variable)

Ángulo tubo: 43°

Ángulo cristal: 21.5°

→ Modo acoplado:

* Ángulo: 21.5°

* Desviación: -1.1°

El resto:

Ángulo tubo: 46°

cristal: 23.1°

→ Modo acoplado: 23.1°

Desviación: $+0.5^\circ$

histeresis