



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá

Clasificación de estados mentales, a partir de señales cerebrales EEG.

Procesamiento de señales biomédicas, 2021-2

Christian Rafael Mora Parga

Continuas oportunidades para crecer

Planteamiento del problema

El reconocimiento de las emociones y estados mentales humanas se ha vuelto uno de los puntos de mayor interés frente a la interacción humano-máquina [1]. Esta anterior permite optimizar y automatizar procesos desde diagnósticos psicológicos hasta evaluaciones y predicciones en criminalística sobre las proposiciones lingüísticas (verbales y no verbales) de los sujetos de prueba.

Pregunta de investigación:

Señales cerebrales de electroencefalografía (EEG), en función de los cambios y comportamiento del sistema nervioso humano. Se ha hallado que hay una relación intrínseca entre las señales generadas por el sistema nervioso y los cambios psicológicos junto a los estados mentales y emociones [1].

¿Es posible, dados estímulos audiovisuales generadores de señales EEG hacer una clasificación de estados mentales?

Para poner a prueba lo anterior, se pretende extraer características a partir de las bandas de frecuencia fisiológicas (alpha, beta, etc) e indicadores estadísticos, para así poder clasificar primeramente tipos de estados mentales, concentración, neutral y relajado [2].

- BIRMINHAM, UK. [2]

2018: Estados de inducción mental:

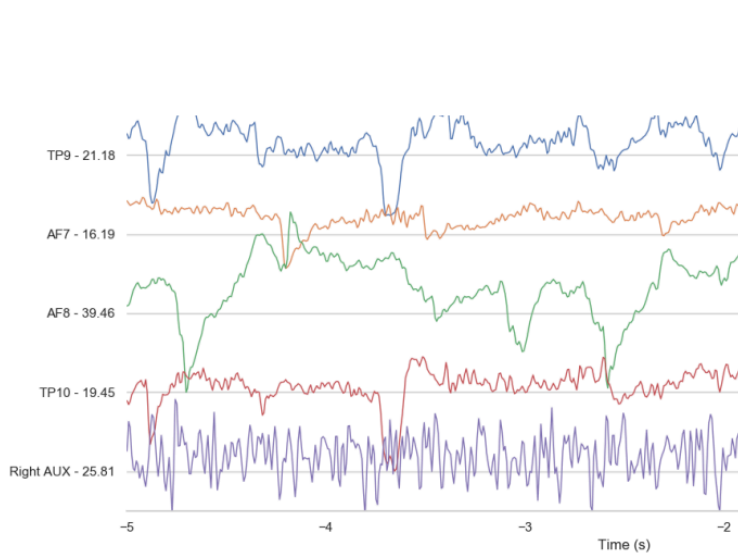
Cuatro personas (2 hombres, 2 mujeres) durante 60 segundos por estado: relajado, concentrado y neutral.

2019: estímulos audiovisuales, 2 personas.

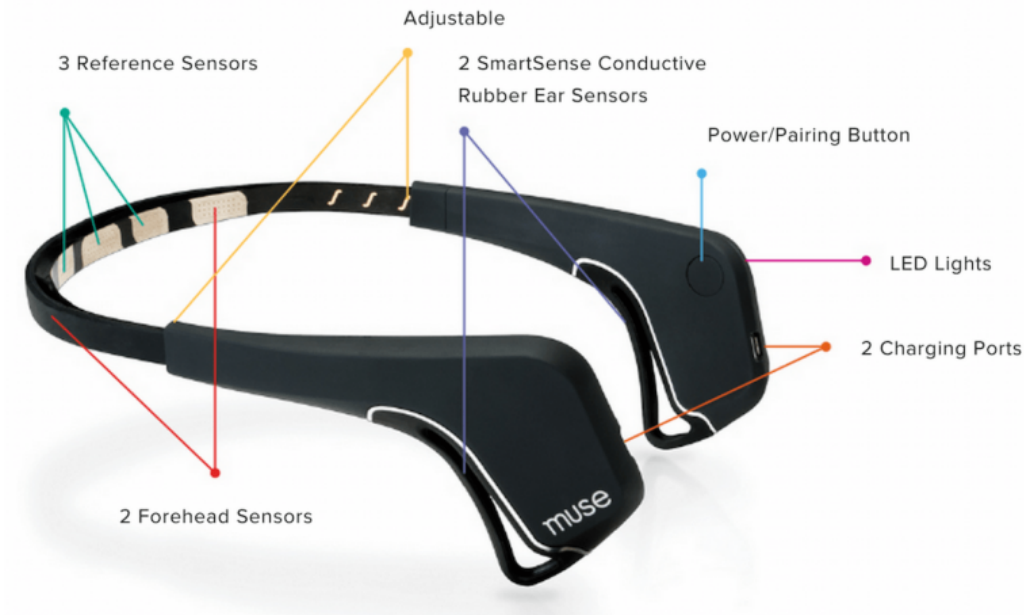
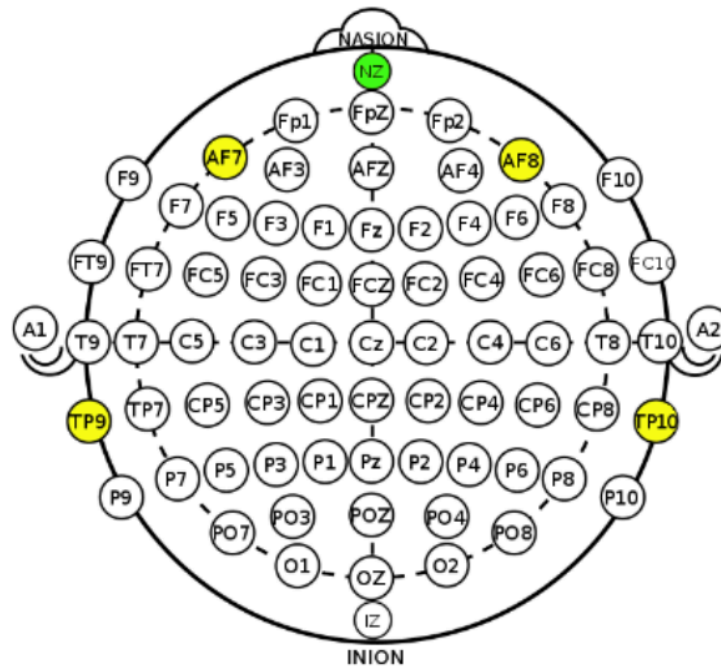
1. Marley and Me - Negative (Twentieth Century Fox)
Death Scene
2. Up - Negative (Walt Disney Pictures)
Opening Death Scene
3. My Girl - Negative (Imagine Entertainment)
Funeral Scene
4. La La Land - Positive (Summit Entertainment)
Opening musical number
5. Slow Life - Positive (BioQuest Studios)
Nature timelapse
6. Funny Dogs - Positive (MashupZone)
Funny dog clips

Señales EEG

Mental Emotional Sentiment Classification with an EEG based Brain-Machine Interface (2019) [2]



[mV]

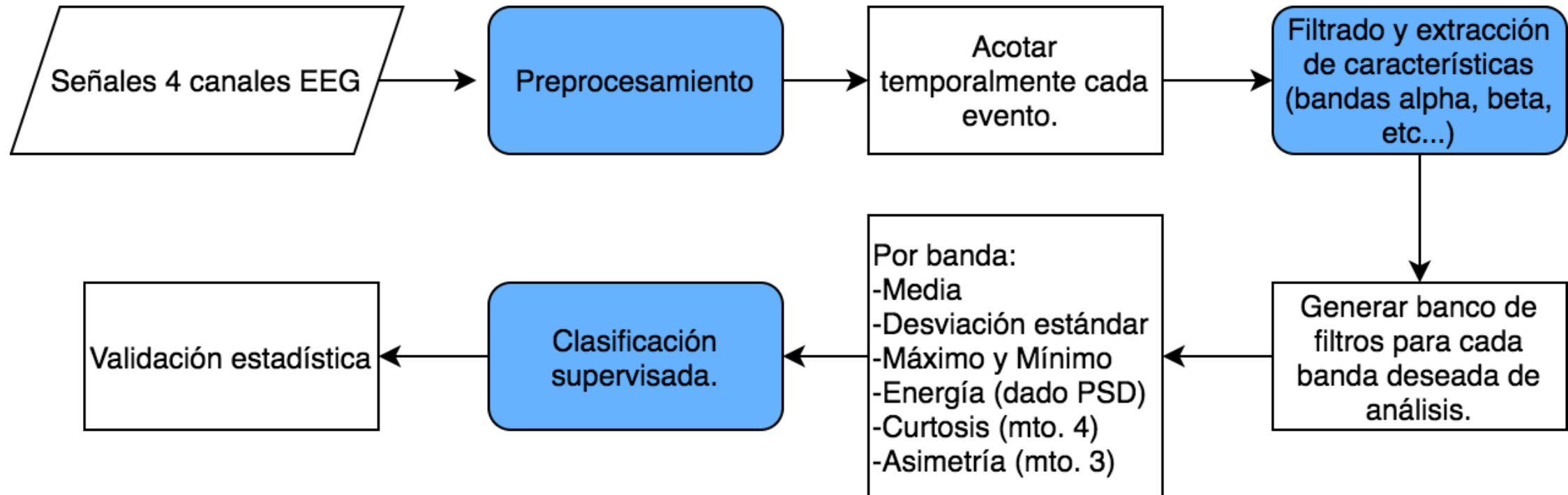


Imágenes tomadas de [2]

Diagrama de Bloques



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá



Momentos estadísticos

- Media: μ ,
- Desviación estándar: σ
- Momentos estadísticos k :
- $y = \frac{\mu^k}{\sigma^k}$, donde $\mu^k = \frac{1}{N} \sum_i^N (x_i - \mu)^k$
- Curtosis: $y = \frac{\mu^4}{\sigma^4}$
- Skewness : $y = \frac{\mu^3}{\sigma^3}$

Curtosis: Indica el grado de concentración de una variable aleatoria sobre su media estadística.

Skewness (Asimetría Estadística): indica la longitud de las colas respecto a la media estadística.

Base de Datos

<https://github.com/jordan-bird/eeg-feature-generation/tree/master/dataset>

16.8 MB

























- 6 eventos por sujeto, 4 sujetos, 2 eventos por clase (relajado, concentrado y neutral).

Es decir 24 eventos iniciales.

- Hay 4 canales por evento, TP9, AF7, AF8 y TP10. Es decir 96 eventos en total.

- Aproximadamente 15k muestras de tiempo por evento, en total 1,440,000 muestras.

- Frecuencia de muestreo 200 Hz [2].

| | |
|---|------------------------------|
|  | subjecta-concentrating-1.csv |
|  | subjecta-concentrating-2.csv |
|  | subjecta-neutral-1.csv |
|  | subjecta-neutral-2.csv |
|  | subjecta-relaxed-1.csv |
|  | subjecta-relaxed-2.csv |
|  | subjectb-concentrating-1.csv |
|  | subjectb-concentrating-2.csv |
|  | subjectb-neutral-1.csv |
|  | subjectb-neutral-2.csv |
|  | subjectb-relaxed-1.csv |
|  | subjectb-relaxed-2.csv |
|  | subjectc-concentrating-1.csv |
|  | subjectc-concentrating-2.csv |
|  | subjectc-neutral-1.csv |
|  | subjectc-neutral-2.csv |
|  | subjectc-relaxed-1.csv |
|  | subjectc-relaxed-2.csv |
|  | subjectd-concentrating-1.csv |
|  | subjectd-concentrating-2.csv |
|  | subjectd-neutral-1.csv |
|  | subjectd-neutral-2.csv |
|  | subjectd-relaxed-1.csv |
|  | subjectd-relaxed-2.csv |

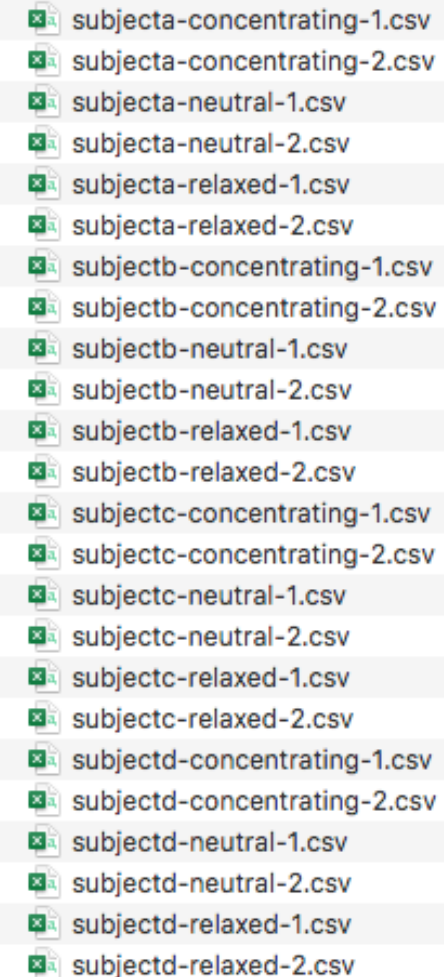
Procesamiento

Truncar cada canal a 60 segundos, dada la mención del documento en [2]

```
% Truncar los archivos a 60 segundos 200*60 muestras:
path = '/Users/christianrafaelmoraparga/Desktop/Maestría/Segundo Semestre/Proc. Señal';
Fs = 200;

S = dir(fullfile(path, 'subject*'));

coun = 1;
for i = 1:size(S,1)
    T = readtable(strcat(path, S(i).name));
    sis = size(T,1);
    if sis > Fs*60
        sizes(coun) = sis;
        T = cell2mat(table2cell(T));
        T = T(1:Fs*60,:);
        name = S(i).name; name = name(1:end-4);
        save(name, 'T');
        coun = coun + 1;
    end
end
```



subjecta-concentrating-1.csv
subjecta-concentrating-2.csv
subjecta-neutral-1.csv
subjecta-neutral-2.csv
subjecta-relaxed-1.csv
subjecta-relaxed-2.csv
subjectb-concentrating-1.csv
subjectb-concentrating-2.csv
subjectb-neutral-1.csv
subjectb-neutral-2.csv
subjectb-relaxed-1.csv
subjectb-relaxed-2.csv
subjectc-concentrating-1.csv
subjectc-concentrating-2.csv
subjectc-neutral-1.csv
subjectc-neutral-2.csv
subjectc-relaxed-1.csv
subjectc-relaxed-2.csv
subjectd-concentrating-1.csv
subjectd-concentrating-2.csv
subjectd-neutral-1.csv
subjectd-neutral-2.csv
subjectd-relaxed-1.csv
subjectd-relaxed-2.csv

Extracción de eventos y características por ventaneos de 5 segundos.

Eventos de 5 segundos.

Se descartan las columnas 1 y 5, correspondientes a canal de tiempo y del AUX derecho.

Filtrado leve con LP FIR, con $f_c = 70$ Hz.

Matriz de Características: 864 eventos

```
Fs = 200;
path = '/Users/christianrafaelmoraparga/Desktop/Maestría/Segundo Semestre/Proc.

w_size = Fs*5;
X = [];
Y = [];
S = dir(fullfile(path, 'subject*'));
for i = 1:size(S,1) %se recorren todos los archivos .mat
    %se carga la matriz de dicho caso:
    name = cell2mat({S(i).name}); name = name(1:end-4);
    load(name)
    blocks = size(T,1)/w_size;
    for window = 1:blocks
        Sig = T(w_size*(window-1)+1:w_size*window,:);
        %se remueven la primera y ultima columna (vec de tiempo, y ruido)
        Sig(:,1) = []; Sig(:,5) = [];
        %Se filtran todos los canales de la señal respectivamente
        %filtrado de la señal con un fir pasabajos con frecuencia de corte
        %en 90Hz
        filter = designfilt('lowpassfir', 'FilterOrder', 70, ...
            'CutoffFrequency', 70, 'SampleRate', Fs, 'Window', 'hamming');

        filt_Sig = filtfilt(filter, Sig);

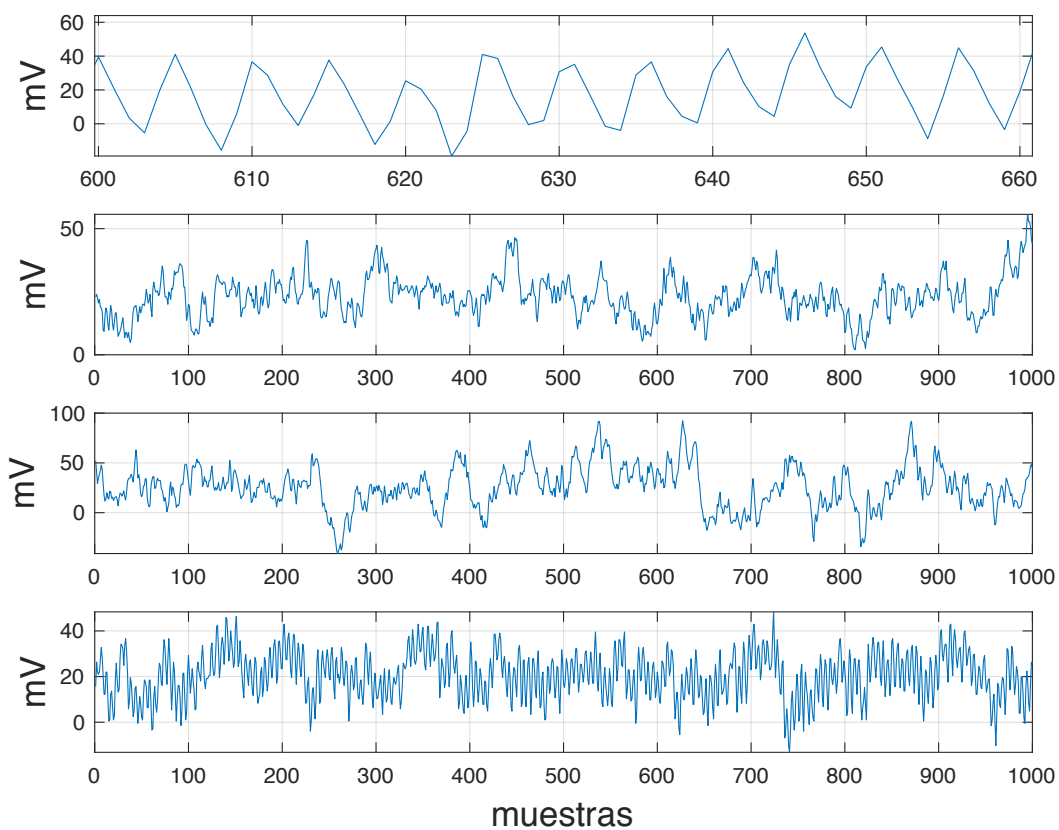
        %cada uno de los 4 canales cuenta como un evento distinto (4 filas)
        mean_feat = mean(filt_Sig)';
        std_feat = std(filt_Sig)';
        kurt_feat = kurtosis(filt_Sig)';
        skew_feat = skewness(filt_Sig)';
        [min_feat, i_min] = min(filt_Sig); min_feat = min_feat';
        [max_feat, i_max] = max(filt_Sig); max_feat = max_feat';
        slope_feat = abs((max_feat - min_feat)./(i_max' - i_min'));
```

Procesamiento

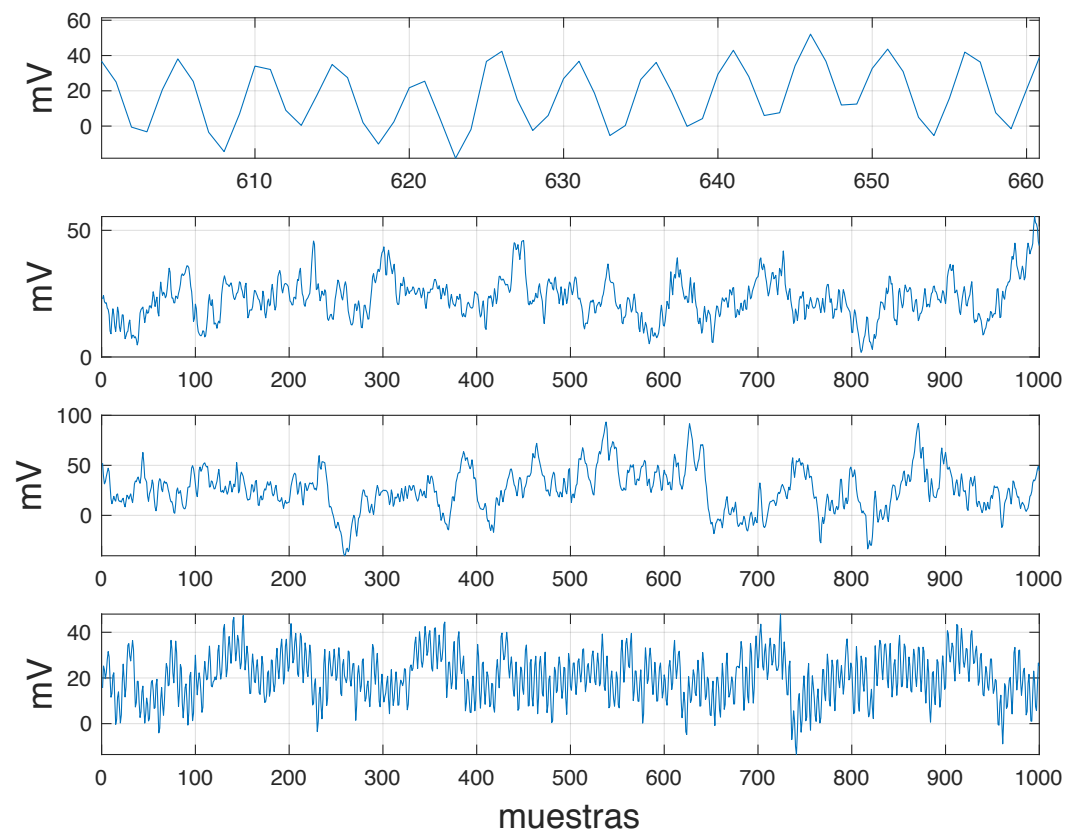


Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá

Original

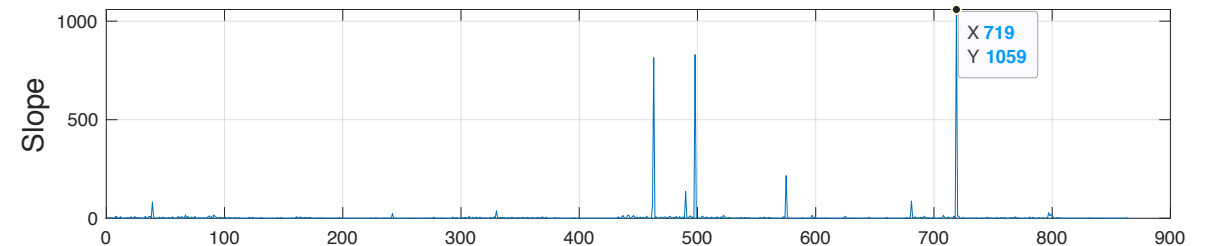
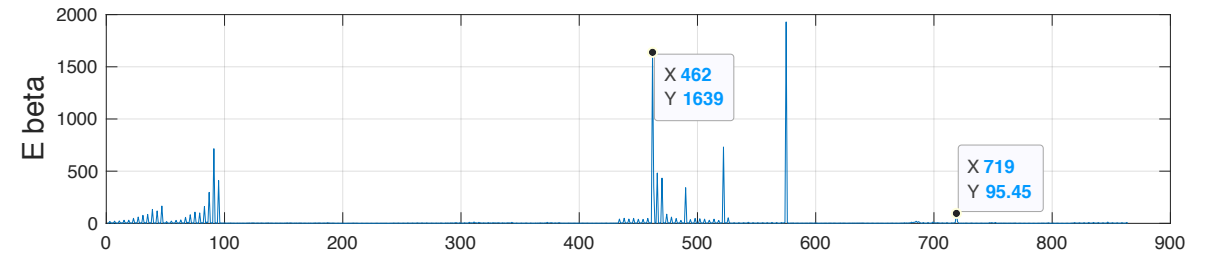
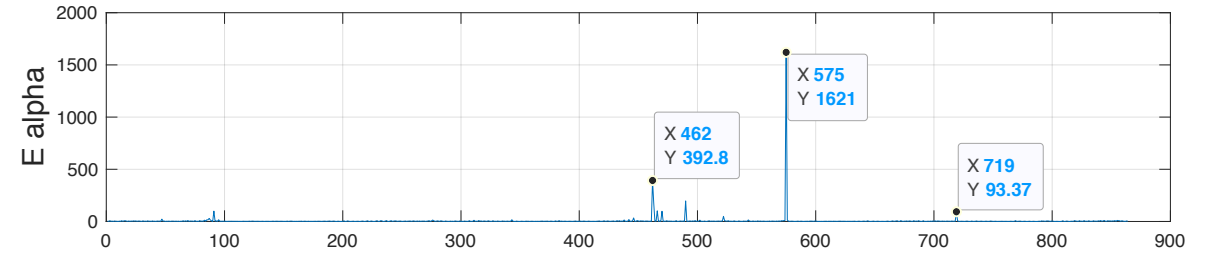
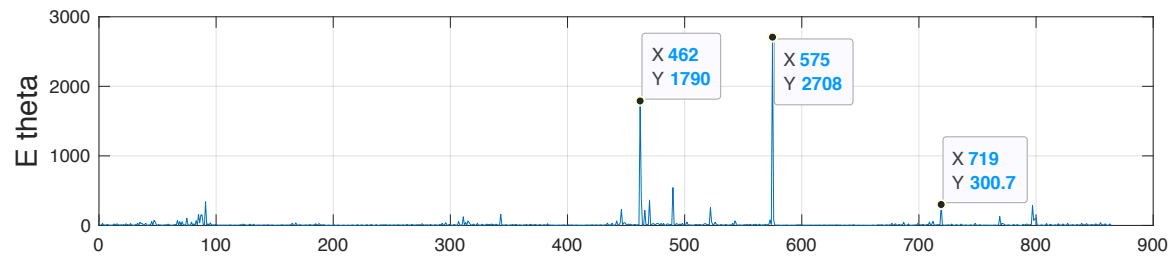
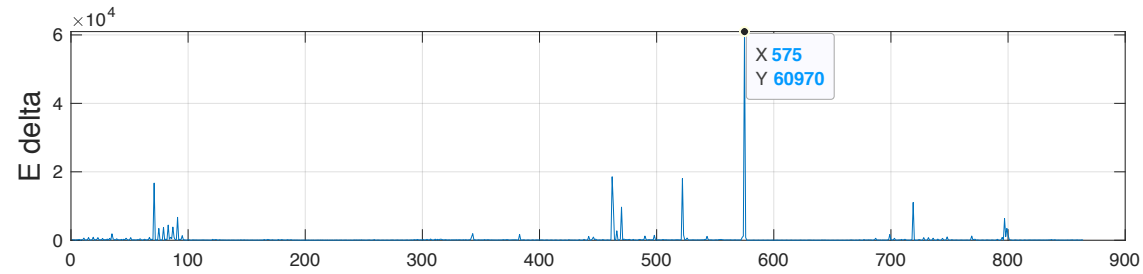
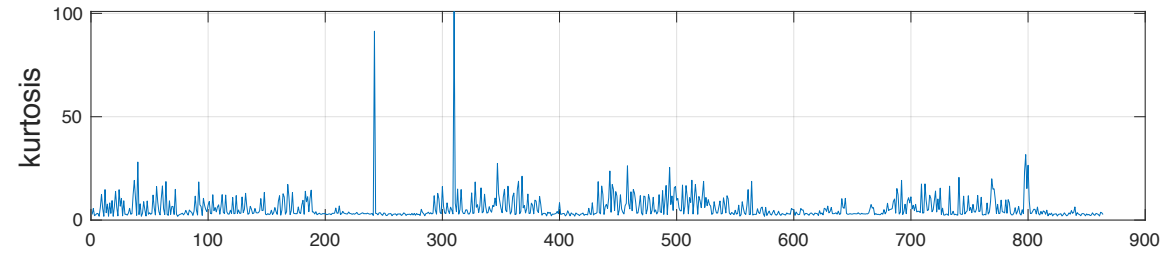


Filtrada



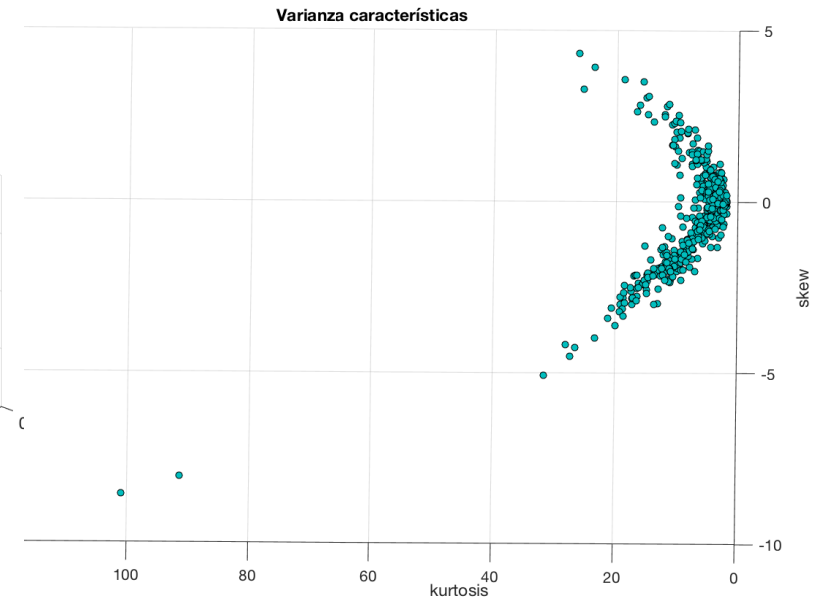
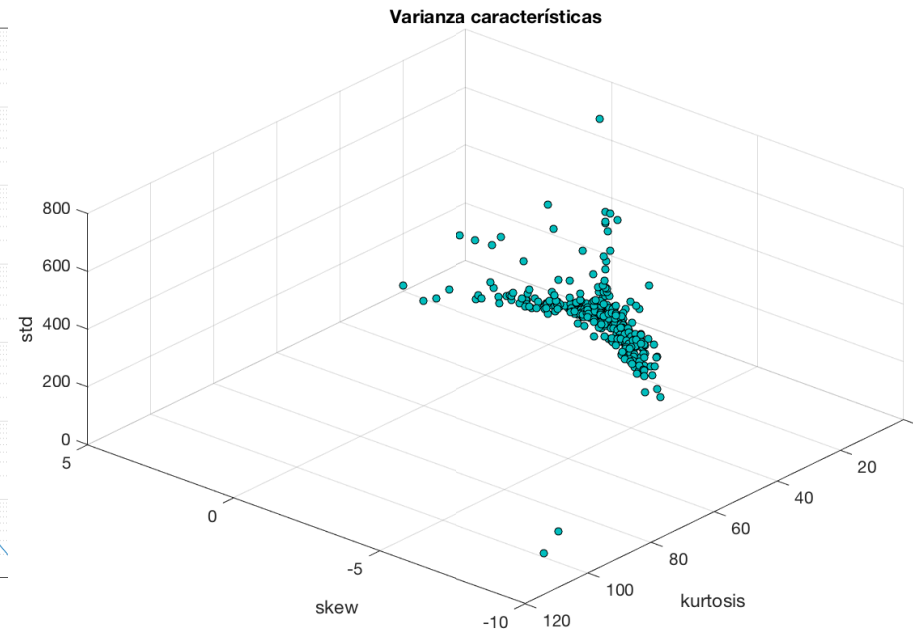
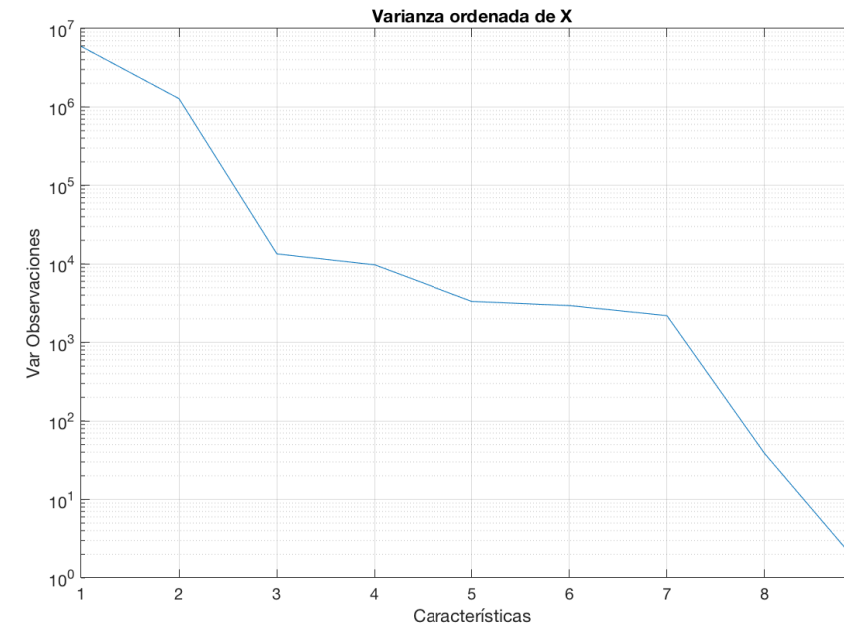
Características

Características



Características

3 características con mayor varianza:



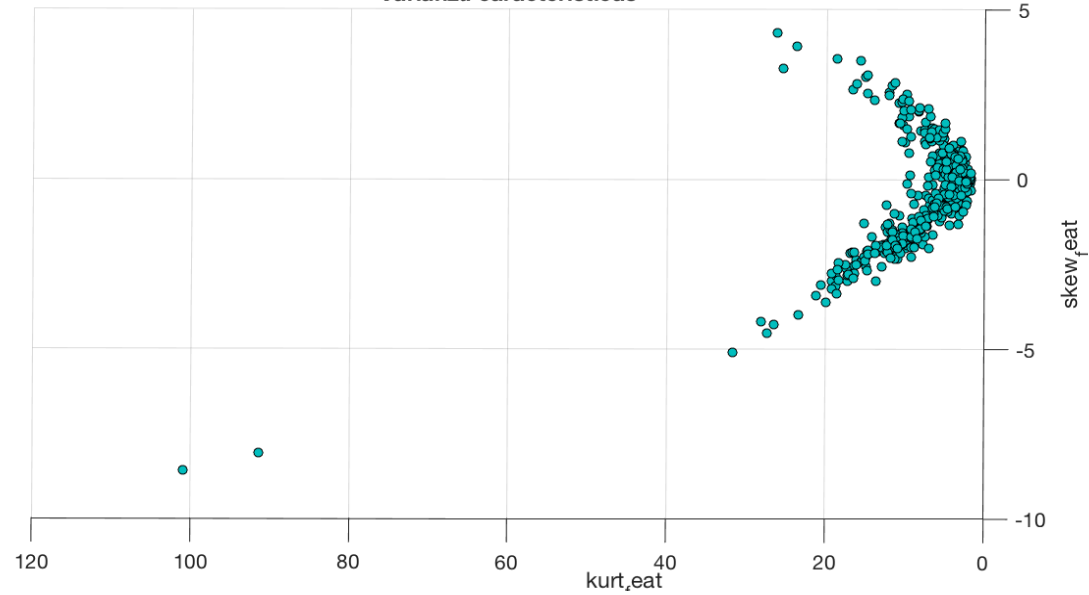
- 1) Desviación Estándar,
- 2) Skew (Asimetría),
- 3) Curtosis,
- 4-9) Energía en las 5 bandas fisiológicas,
- 10) Pendiente

PCA

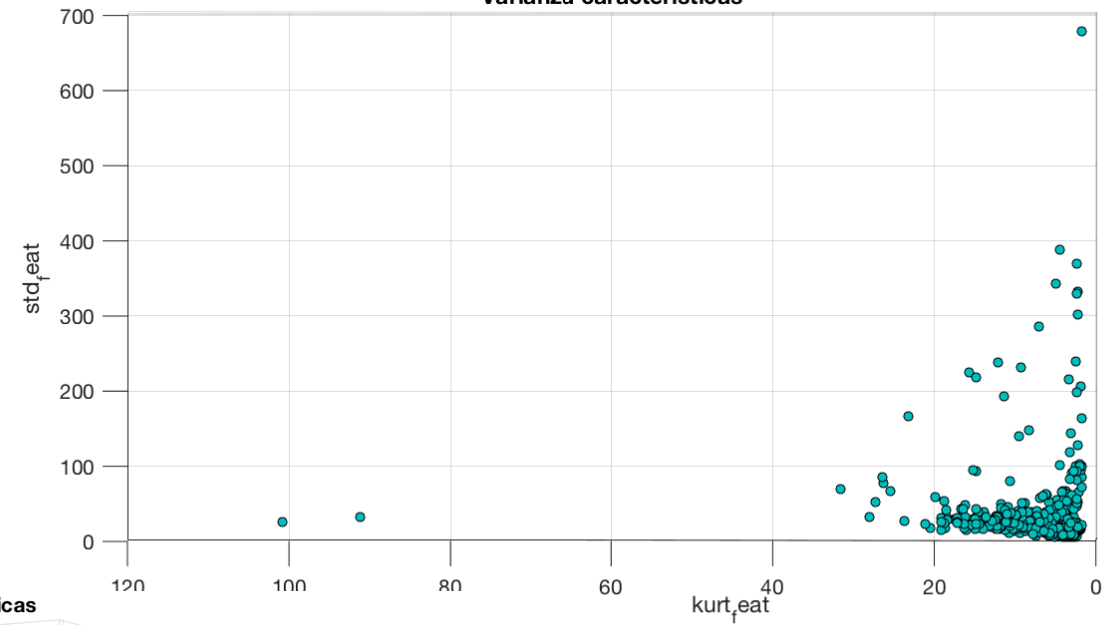


Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá

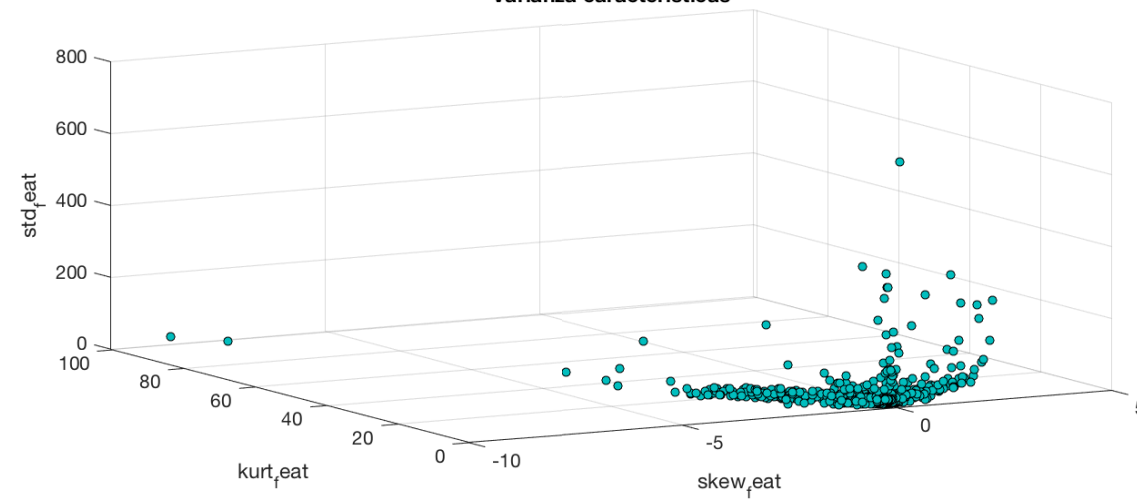
Varianza características



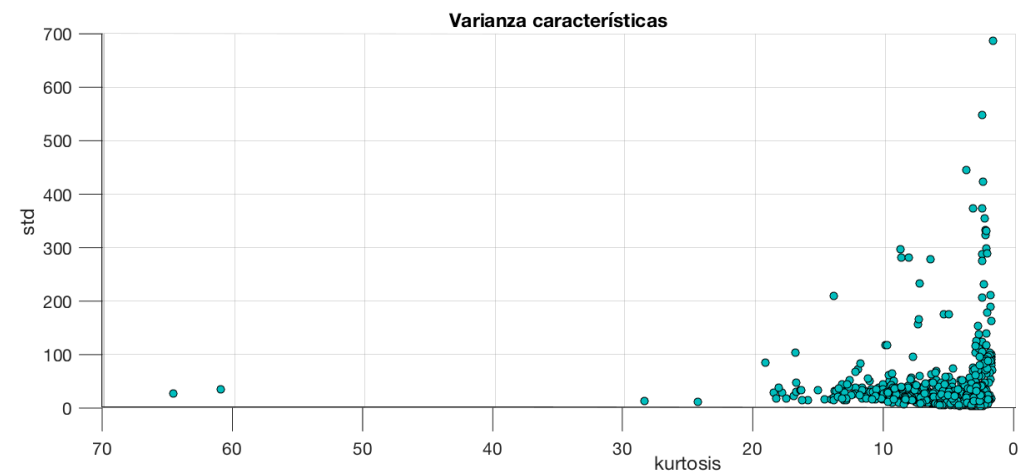
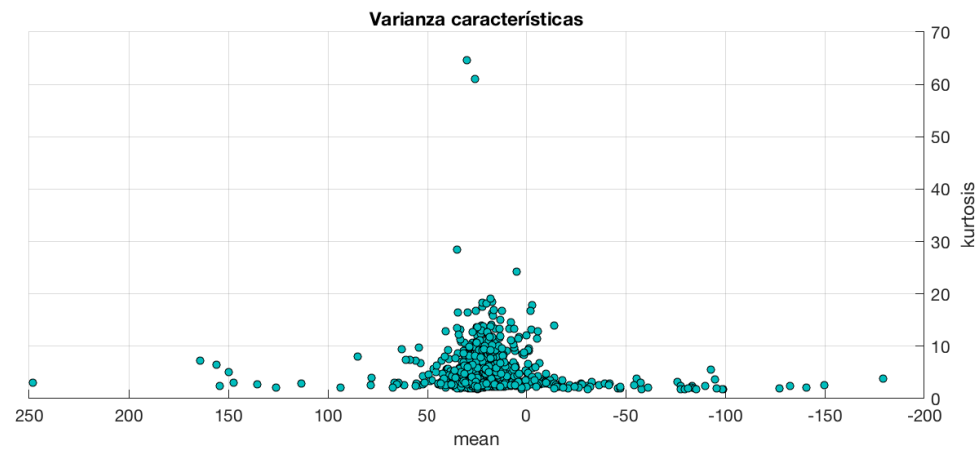
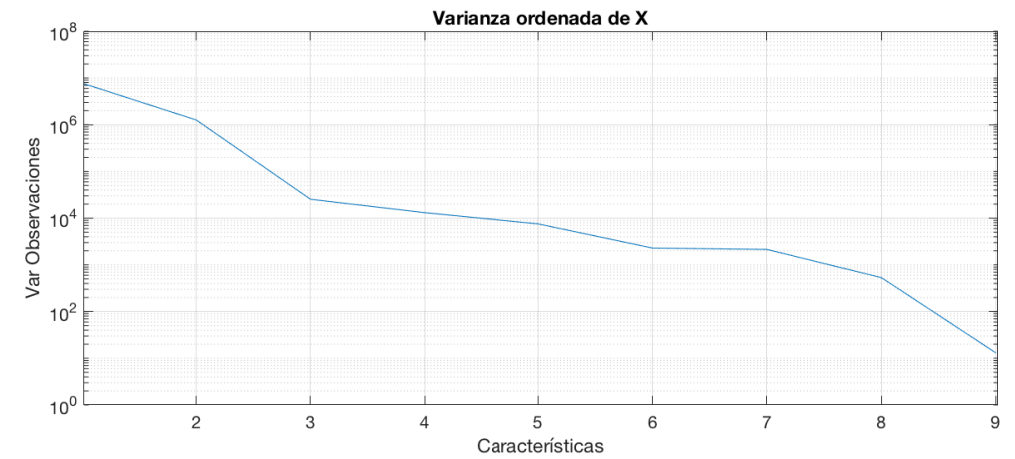
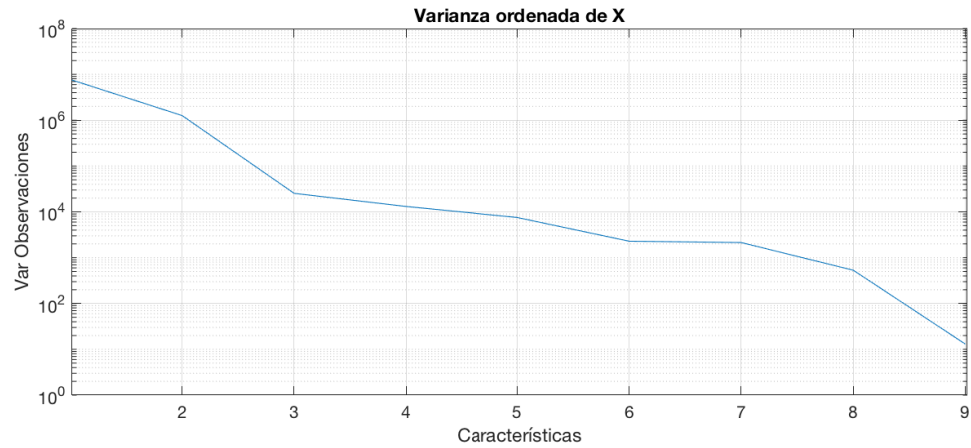
Varianza características



Varianza características



Características

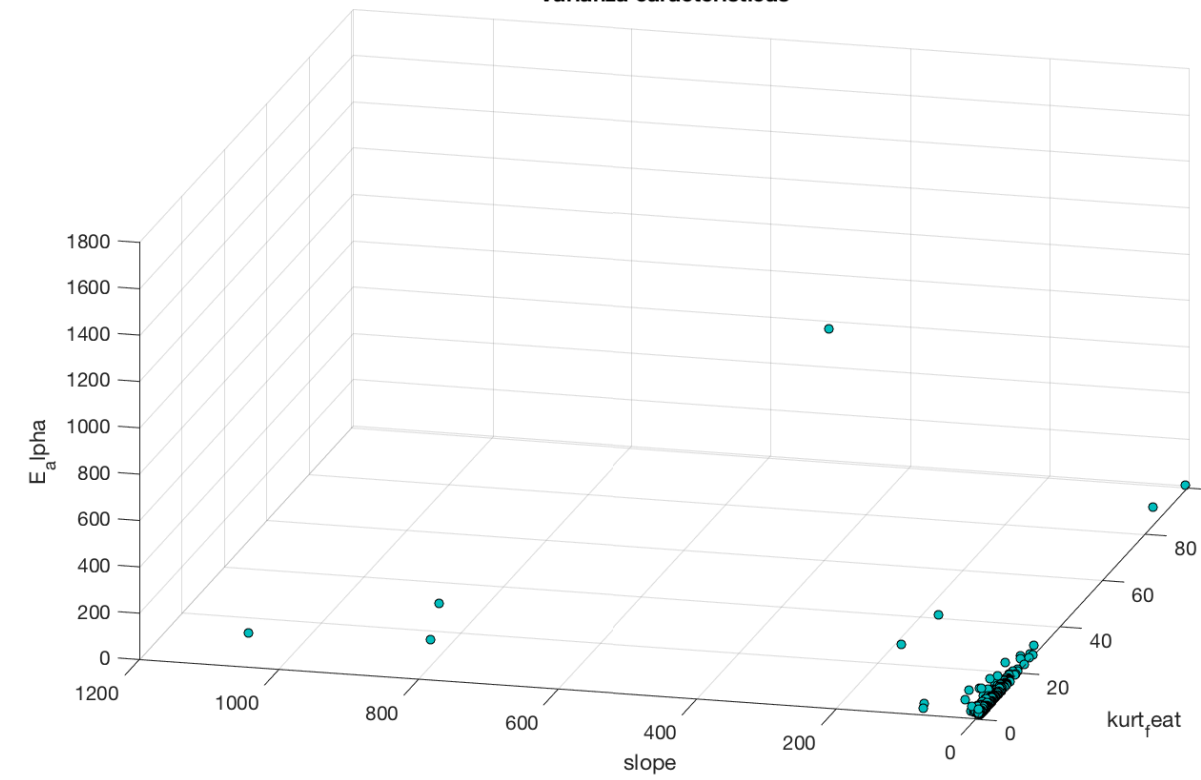


PCA

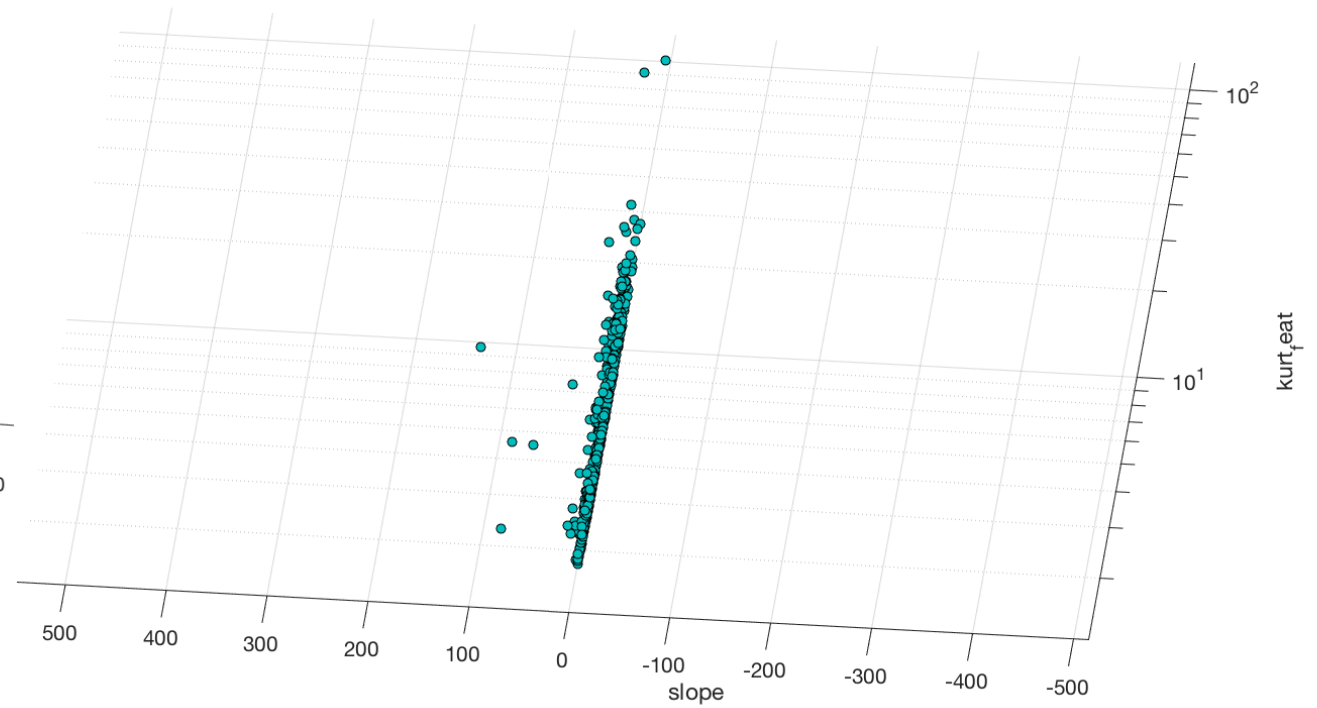


Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá

Varianza características



Varianza características

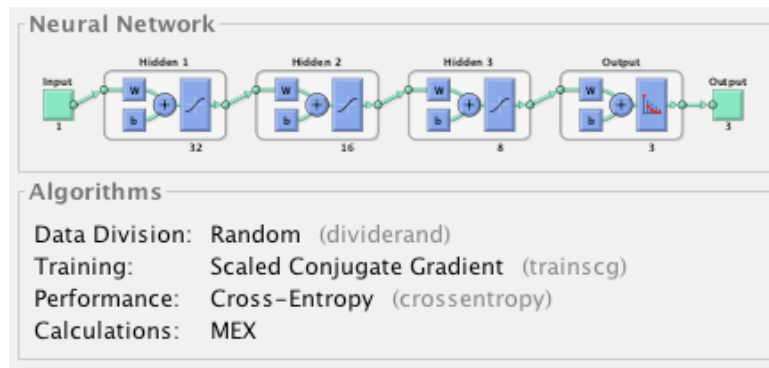


Clasificación y Validación

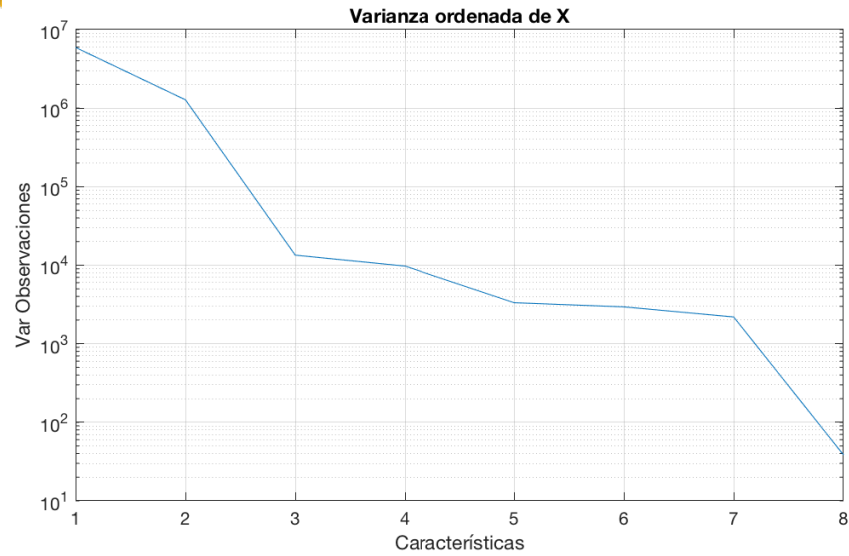
```
for feats = 1:size(X,2)
    prom = mean(X(:,feats));
    % se eliminan los eventos por encima del umbral promedio
    idx = find(X(:,feats) > prom + prom/2);
    X(idx,:) = [];
    Y(idx) = [];
end
```

Tras descartar eventos: 214 eventos, 8 características
Se descartó la media aritmética y skewness

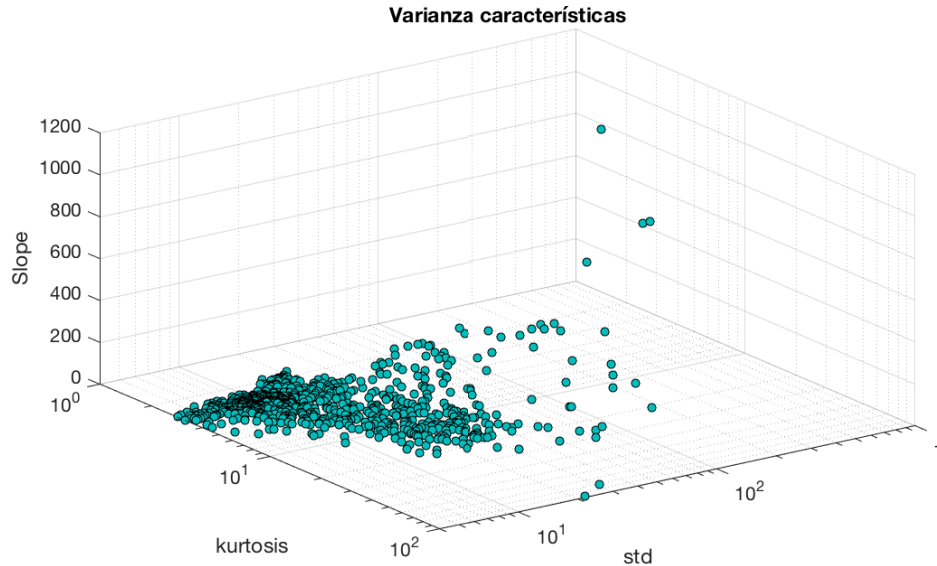
ANN, capas ocultas: 32, 16 y 8 neuronas
validación cruzada, 3 folds, cada uno de 72 eventos



Resultados



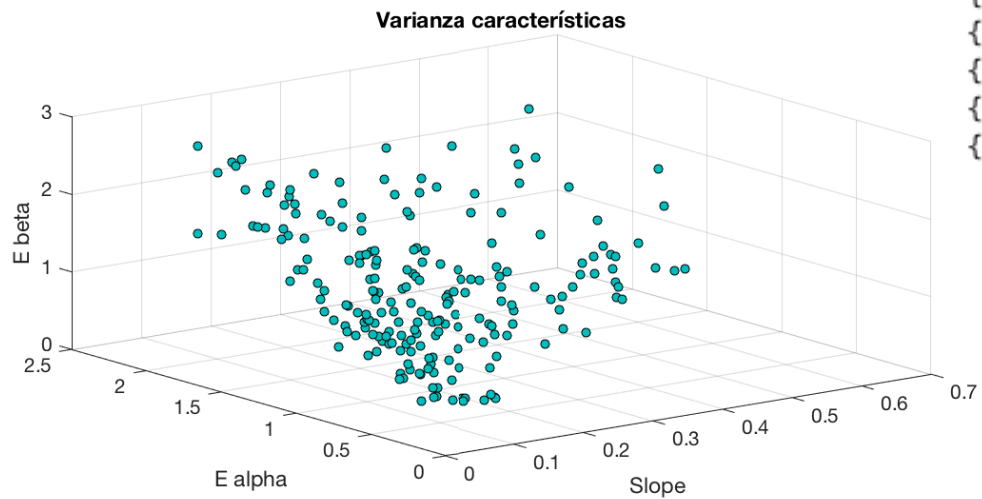
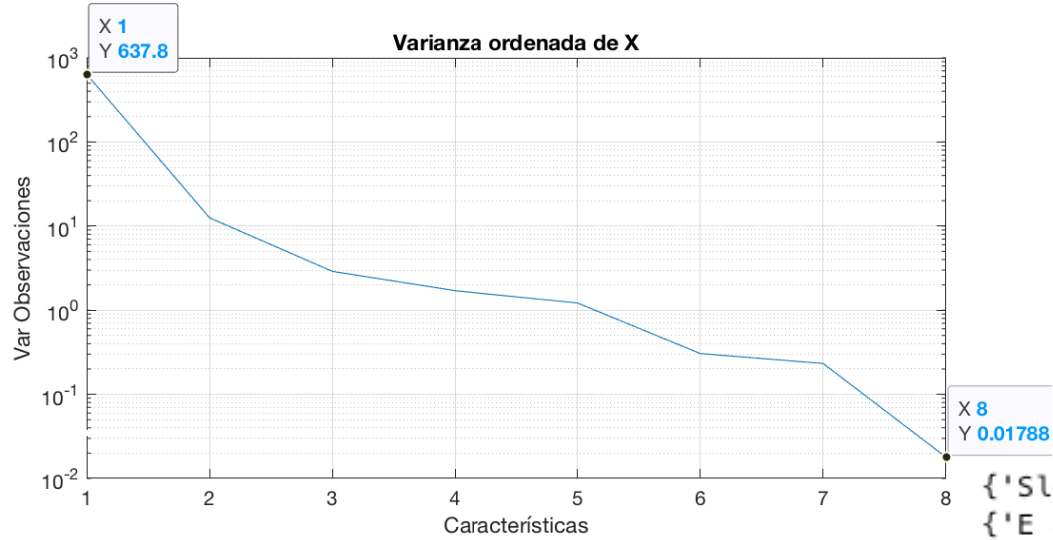
```
{'kurtosis' }
{'std'      }
{'Slope'    }
{'E alpha'  }
{'E beta'   }
{'E theta'  }
{'E gamma'  }
{'E delta'  }
```



Matriz confusión ANN

| Output Class | concentrating | neutral | relaxed | |
|--------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | 26 9.0% | 9 3.1% | 3 1.0% | 68.4% 31.6% |
| | 24 8.3% | 49 17.0% | 28 9.7% | 48.5% 51.5% |
| | 14 4.9% | 54 18.8% | 81 28.1% | 54.4% 45.6% |
| | 40.6% 59.4% | 43.8% 56.2% | 72.3% 27.7% | 54.2% 45.8% |
| | concentrating | neutral | relaxed | Target Class |

Resultados



```
{ 'Slope' }  
{ 'E alpha' }  
{ 'E beta' }  
{ 'kurtosis' }  
{ 'E theta' }  
{ 'E gamma' }  
{ 'std' }  
{ 'E delta' }
```

Matriz confusión ANN

| Output Class | concentrating | neutral | relaxed | |
|--------------|---------------|-------------|-------------|----------------|
| | 6 8.5% | 0 0.0% | 0 0.0% | 100% 0.0% |
| | 0 0.0% | 18 25.4% | 4 5.6% | 81.8% 18.2% |
| | 1 1.4% | 6 8.5% | 36 50.7% | 83.7% 16.3% |
| | | | | |
| | | | | 85.7% 14.3% |
| | | | | 75.0% 25.0% |
| | | | | 90.0% 10.0% |
| | | | | 84.5% 15.5% |
| | | | | |
| | | | | concentrating |
| | | | | neutral |
| | | | | relaxed |
| | | | | Target Class |

Los estados mentales, neutral, de concentración y relajado, son posibles de predecir a partir del procesamiento y clasificación de señales multicanal EEG.

Se da como necesidad hacer una selección adecuada de eventos que no se presenten como datos atípicos, estos han de hallarse sobre la mayor densidad de probabilidad de los eventos para así facilitar la clasificación.

- [1] U. Wijeratne and U. Perera, "Intelligent emotion recognition system using electroencephalography and active shape models," 2012 IEEE-EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences, 2012, pp. 636-641, doi: 10.1109/IECBES.2012.6498051.
- [2] Bokik. Al, Handbook of image and video processing. San Diego: Academic Press, 2000.
- [2] Bird, Jordan & Manso, Luis & Ribeiro, Eduardo & Ekart, Aniko & Faria, Diego. (2018). A Study on Mental State Classification using EEG-based Brain-Machine Interface. 10.1109/IS.2018.8710576.