

Modelo para cuantificar y entender la reacción fisiológica en base a la calidad de un producto.

Laboratorio de Modelación II (MAT-289)

EX UMBRA

IN

SOLEM

Alonso Ogueda Oliva

Christopher Nikulin

alonso.ogueda@alumnos.usm.cl

christopher.nikulin@usm.cl

Profesor: Pablo Aguirre

29 de noviembre de 2016

Descripción del problema

Objetivos del proyecto

Comparación con servicios existentes

Descripción de las etapas

Comparación horas de trabajo

Presentación del servicio

Conclusiones

Referencias

Dr. Christopher Nikulin

Profesor Full-Time carrera Ingeniería en Diseño de Productos, UTFSM.

- ▶ Ingeniero Civil Mecánico, UTFSM.
- ▶ Magister en ciencias de la Ingeniería Mecánica.
- ▶ Magister en Innovación Tecnológica y Emprendimiento.
- ▶ MBA Internacional, Politecnica de Cataluña.
- ▶ PhD Mechanical Engineering, Politecnico di Milano.

El eje principal del problema es la **Innovación** (*Design Experience*), la cual es una variable latente (es decir que no puede ser observada directamente). Por lo tanto se busca ajustar un modelo para la reacción fisiológica de los usuarios **Sorpresa** a partir de variables fisiológicas que si pueden ser observadas directamente, esto bajo la premisa que la calidad de un producto y sorpresa están correlacionadas. Consecuentemente, debería existir una relación entre calidad de producto y la reacción fisiológica.

Actualmente en el área del Diseño de Productos la herramienta utilizada para la evaluación de productos y servicios corresponde a los **cuestionarios**, los cuales son muy susceptibles a entregar información errónea.

Determinar si la sorpresa está asociada a ciertas variables fisiológicas, para lo cual se hará uso de **bio-sensores** y tres productos prototipos que se ajustan al **modelo de Kano**.

Objetivos del proyecto

Recolección de datos



La recolección de datos fue hecha con un equipo de investigación llamado *BioSignalsPlux - Wearable body sensing platform*. el cual posee alrededor de ocho bio-sensores y una decena de accesorios para una correcta obtención de bio-señales.

Objetivos del proyecto

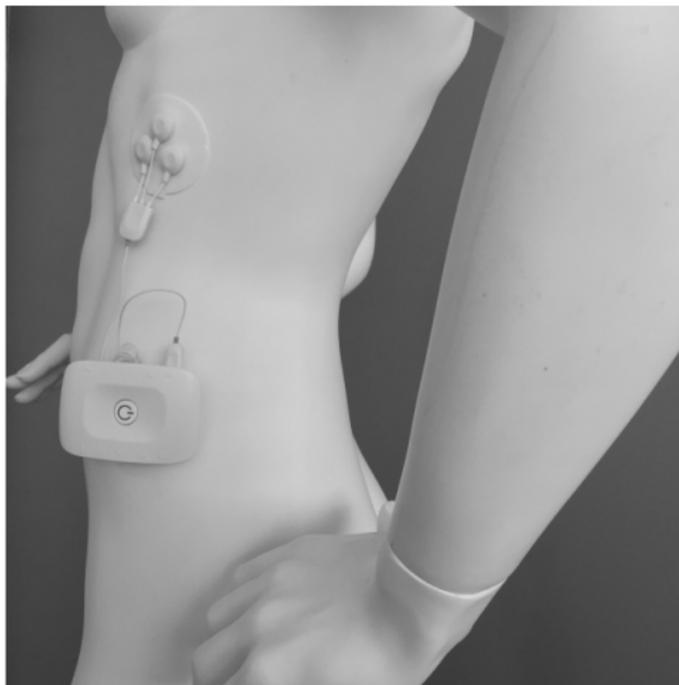
Recolección de datos



Kit de investigación *BioSignalsPlux*.

Objetivos del proyecto

Recolección de datos



Ejemplo: bio-sensor ECG.

Objetivos del proyecto

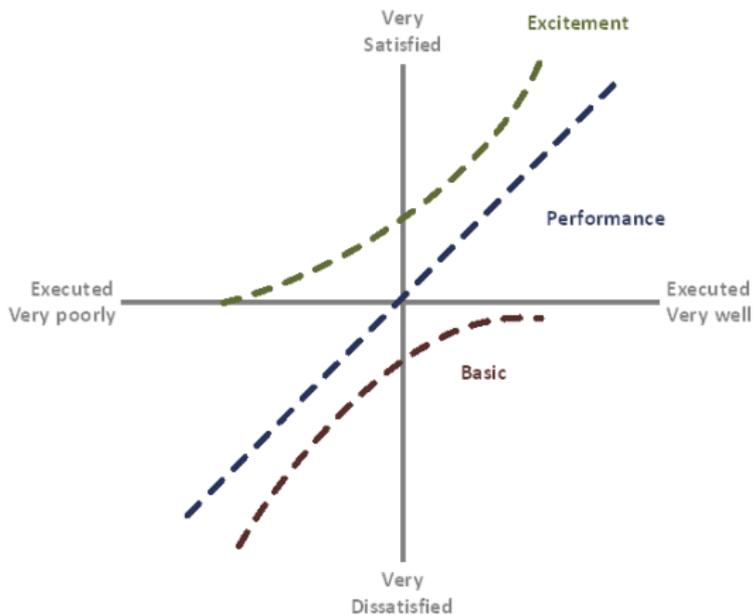
Recolección de datos



Software OpenSignals usando cinco canales.

Objetivos del proyecto

Modelo de Kano



Modelo de Kano con sus tres niveles.

Objetivos del proyecto

Modelo de Kano



Prototipos utilizados en el experimento.

Objetivos del proyecto

Análisis de datos funcionales



El **análisis de datos funcionales** (FDA) es una rama de la estadística que trabaja con muestras de funciones aleatorias. Los datos funcionales son datos multivariados con un orden en las dimensiones.

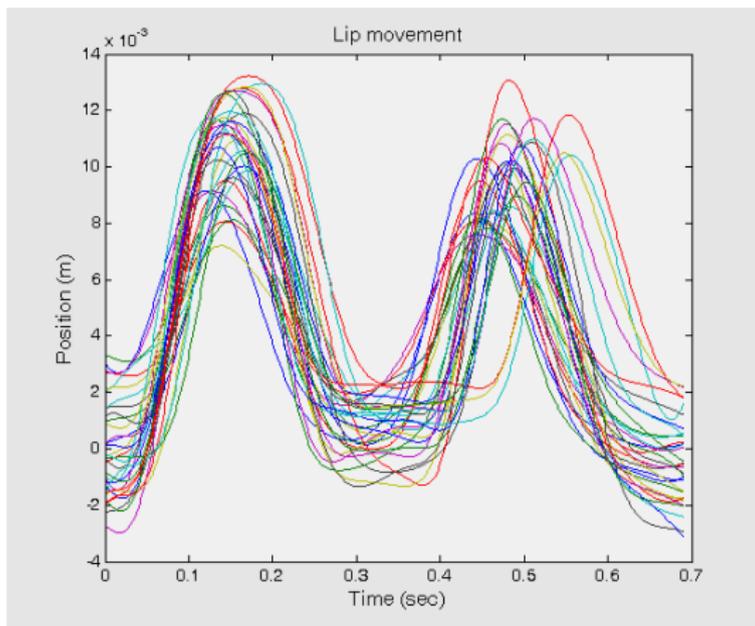
Suposición fundamental: **Suavidad**

$$y_{ij} = x_i(t_{ij}) + \varepsilon_{ij},$$

donde t_{ij} es continuo (usualmente tiempo) y $x_i(t)$ suave.

Objetivos del proyecto

Análisis de datos funcionales



Set típico de datos analizados con FDA.

Para Ramsay y Silverman los objetivos del análisis de datos funcionales son:

- ▶ Representar los datos de manera que ayuden en análisis futuros.
- ▶ Mostrar los datos con el fin de resaltar sus características.
- ▶ Estudiar fuentes de patrones y variaciones en los datos.
- ▶ Para explicar la variación de resultados o variables dependientes usando datos de entrada o variables independientes.
- ▶ Para comparar dos o más conjuntos de datos con respecto a ciertos tipos de variación.

El servicio entregado consiste de tres partes:

- ▶ **Manual de usuario** para recolección de bio-señales.
- ▶ **Informe** escrito con análisis estadístico a partir de FDA.
- ▶ **Códigos computacionales** en el lenguaje de programación R.

El servicio prestado anteriormente era prácticamente inexistente, debido a que existen pocos investigadores en el área de diseño que puedan combinar las distintas disciplinas propuestas en esta investigación.



Importancia de la innovación en
el mundo empresarial y
académico.

Tarea multidisciplinaria

- ▶ Estadística
- ▶ Diseño
- ▶ Biología (anatomía)

- ▶ Aprendizaje *BioSignalsPlux*
- ▶ Aprendizaje de Análisis de Datos Funcionales
- ▶ Obtención de datos
- ▶ Análisis estadístico
- ▶ Implementación computacional

Documentación web de *BioSignalsPlux - Wearable body sensing platform*. la cual incluye los correspondientes *datasheets* (ficha de datos) de cada sensor, además todo lo relativo al software en *OpenSignals User Manual*.

El estudio estuvo fuertemente basado en los libros de Ramsay y Silverman, *Functional data analysis* y *Applied functional data analysis: methods and case studies*. El primero trata toda la parte teórica de FDA mientras que el segundo se basa en el conocimiento a base de ejemplos prácticos.

Se contó con la participación de 32 personas voluntarias sometidas al experimento en condiciones idóneas para que no exista sesgo en las respuestas. Se utilizaron cuatro sensores y un accesorio:

- ▶ Pulso de Volumen de Sangre (BVP)
- ▶ Electrocardiograma (ECG)
- ▶ Actividad Electro dérmica (EDA)
- ▶ Electromiograma (EMG)
- ▶ Interruptor manual (FSB)

Se decide realizar un análisis exploratorio de las señales, ajustando una base de b-splines y con una función de suavizamiento que penaliza la segunda derivada.

Considere las observaciones correspondientes a una curva

$$y_i = x(t_i) + \varepsilon_i,$$

queremos estimar

$$x(t) \approx \sum_{j=1}^K c_j \phi_j(t) = \Phi(t)C,$$

donde $i = 1, \dots, n$ corresponde al índice de la muestra, $K \in \mathbb{N}$ denota la cantidad de datos por cada curva y $\Phi(t)$ una *base* para x .

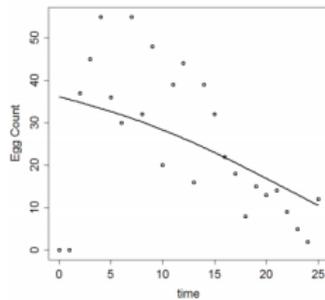
Se escogió una base de **B-Splines de orden 4**, la cual corresponde a segmentos poligonales de grado tres unidos en los extremos manteniendo ciertas restricciones.

Para la estimación se utilizó una versión penalizada del criterio de mínimos cuadrados

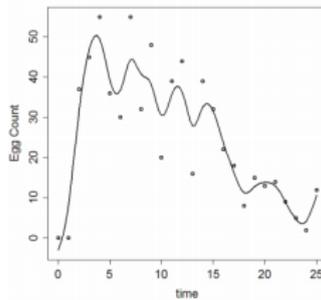
$$PENSSSE = \sum_{i=1}^n (y_i - x(t_i))^2 + \lambda J[x],$$

donde $J[x]$ mide la *suavidad* de x y λ es un parámetro de ajuste.

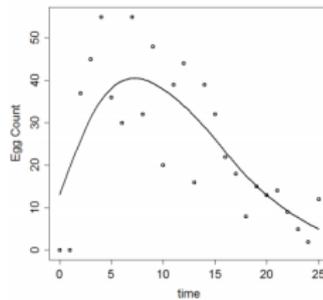
Too smooth



Too rough



Just right



Tres distintos parámetros de ajuste. *Fuente: International Workshop on Statistical Modeling, Glasgow University, July 4, 2010.*

El funcional de penalización escogido es

$$\begin{aligned} J_2[x] &= \int [D^2 x(t)]^2 dt \\ &= \int C^\top [D^2 \Phi(t)] [D^2 \Phi(t)]^\top C dt \\ &= C^\top R_2 C, \end{aligned}$$

donde $[R_2]_{jk} = \int [D^2 \phi_j(t)] [D^2 \phi_k(t)]^\top dt$ es la matriz de penalización. Notar que la elección de utilizar b-splines de orden cuatro y utilizar los puntos observados como nodos es debido a que estos elementos minimizan el criterio penalizado de error cuadrático.

Finalmente

$$\hat{y} = \Phi [\Phi^\top \Phi + \lambda R_2]^{-1} \Phi^\top y = S(\lambda)y.$$

Para la elección de λ se utiliza *Validación Cruzada Generalizada* (GCV).

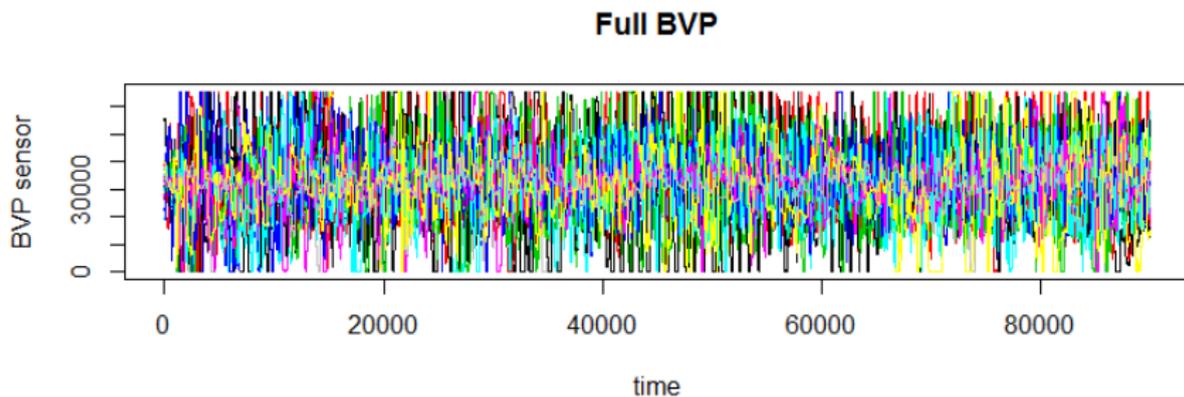
$$GCV(\lambda) = \frac{\sum (y_i - x_\lambda(t))^2}{(\text{tr}(I - S(\lambda)))^2}.$$

Implementación en R apoyándose en el libro *Functional data analysis with R and MATLAB*, el cual utiliza la librería *fda - Functional Data Analysis*.

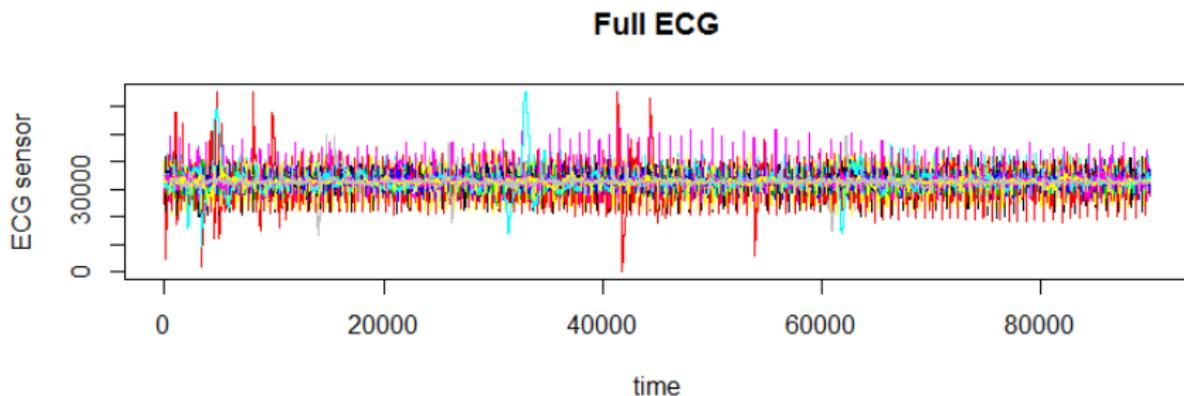
	Estimadas	Efectivas
Investigación	50	42
Obtención datos	15	9
Reuniones mandante	15	11
Desarrollo modelo	30	8
Implementación	30	10
Redacción informe	20	24+

Comparación horas de trabajos estimadas versus efectivas.

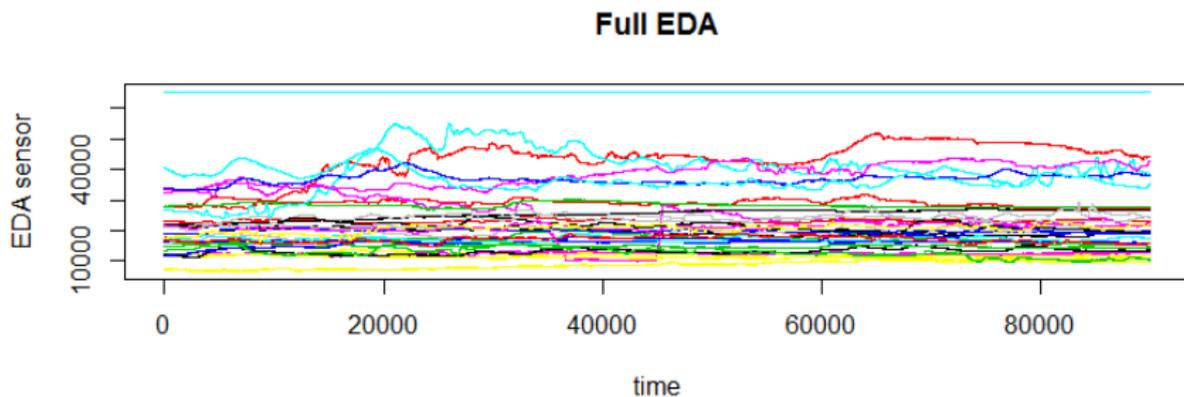
En un principio se propuso utilizar *Structural Equations Modeling* (SEM) para el análisis estadístico, pero finalmente, luego de investigar, se decantó por utilizar FDA dada la naturaleza de los datos y a las librerías implementadas ya existentes.



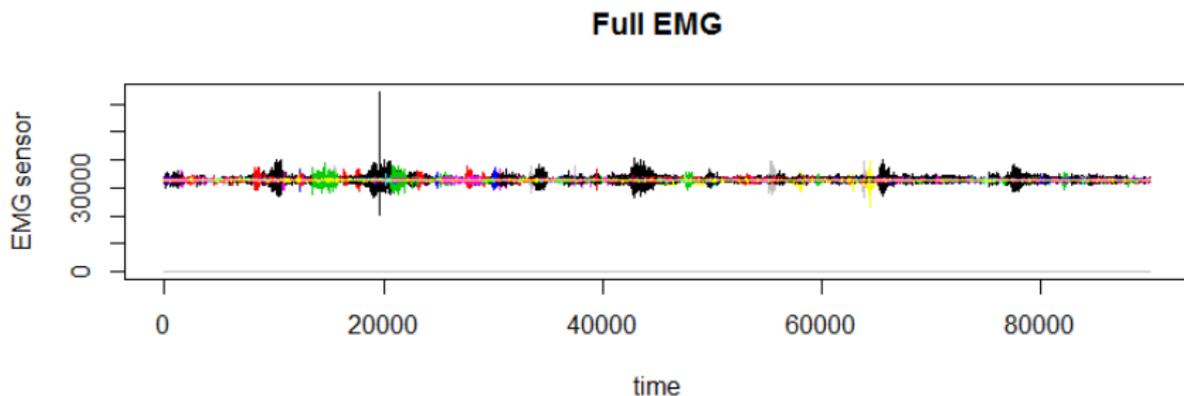
Señales BVP de todos los individuos.



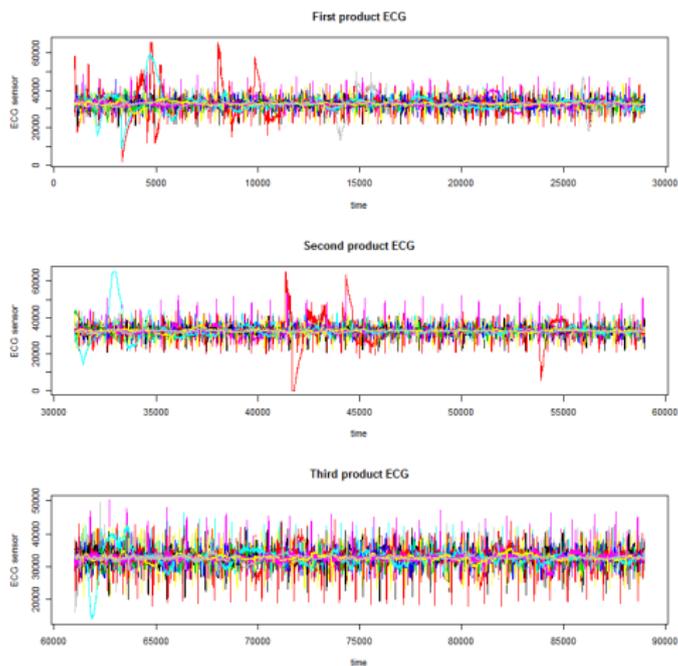
Señales ECG todos los individuos.



Señales EDA de todos los individuos.

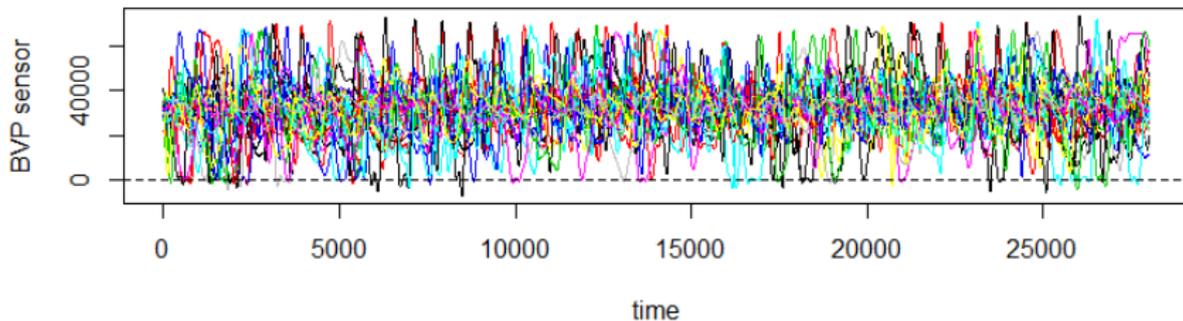


Señales EMG de todos los individuos.



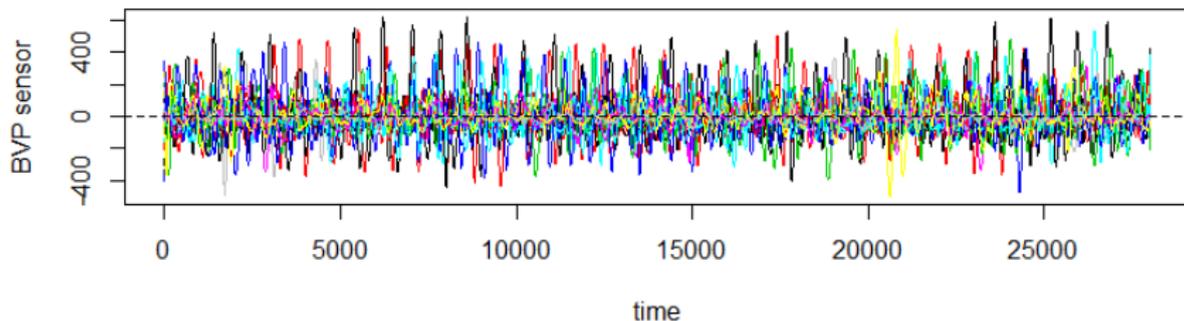
Ejemplo de señal EDA de todos los individuos separados por producto.

First product smooth BVP



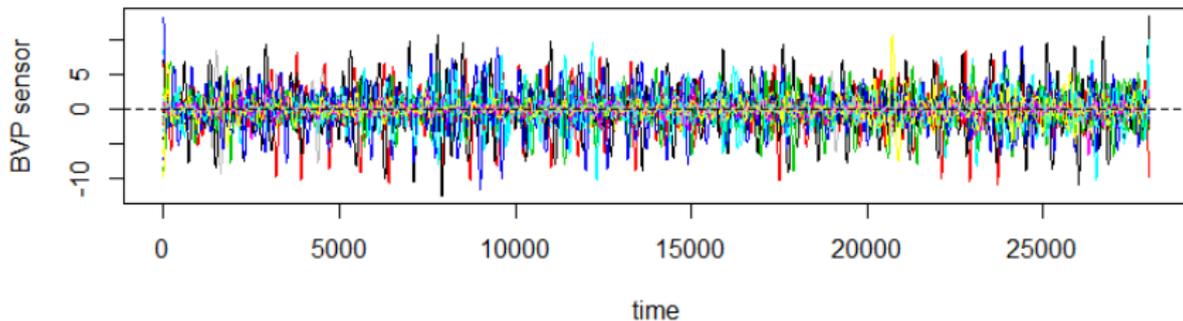
Ajuste a las señales BVP del primer producto.

First derivate smooth BVP Prod1



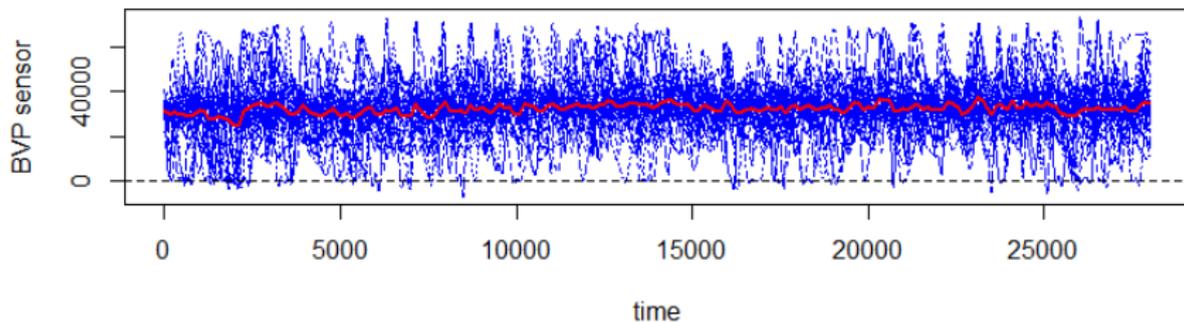
Primera derivada curvas ajustadas BVP primer producto.

Second derivate smooth BVP Prod1

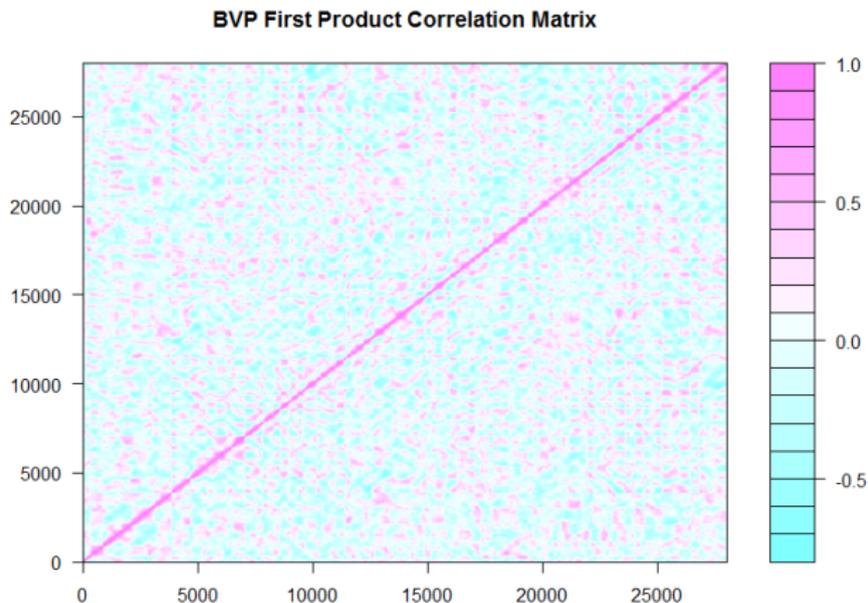


Segunda derivada curvas ajustadas BVP primer producto.

Mean curve first product BVP



Curva media respecto a señal BVP primer producto.



Mapa de correlación señal BVP primer producto.

- ▶ Se crearon las bases para una rama de investigación multidisciplinaria en la universidad y el país.
- ▶ Problema interesante y desafiante, con escasa bibliografía.
- ▶ Gran cantidad de datos, lo que involucró tener en consideración el poder de cómputo de los equipos donde se realizó la implementación computacional.
- ▶ La implementación en R permite una gran flexibilidad en el estudio posterior.

- ▶ Solo fue un análisis exploratorio.
- ▶ Utilizar otros bio-sensores que podrían ser útiles.
- ▶ Aplicar algoritmos de clasificación.
- ▶ Repetir el experimento con otros productos.
- ▶ Fácilmente se podría extrapolar este trabajo a otras áreas como las ciencias sociales, la medicina o la bio-tecnología.

-  *BioSignalsPlux - Wearable body sensing platform.* <http://www.biosignalsplux.com/>. Accessed: 2016-11-20. 2007.
-  *fda - Functional Data Analysis.* <https://CRAN.R-project.org/package=fda>. Accessed: 2016-11-20. 2014.
-  *OpenSignals User Manual.* [http://www.biosignalsplux.com/downloads/int-releases/OpenSignals_\(r\)evolution_Manual.pdf](http://www.biosignalsplux.com/downloads/int-releases/OpenSignals_(r)evolution_Manual.pdf). Accessed: 2016-11-20.
-  Ramsay, James O, Giles Hooker y Spencer Graves. *Functional data analysis with R and MATLAB.* Springer Science & Business Media, 2009.
-  Ramsay, James O y Bernard W Silverman. *Applied functional data analysis: methods and case studies.* Springer Series in Statistics, 2002.
-  —. *Functional data analysis.* 2.^a ed. Springer Series in Statistics, 2005.



Muchas Gracias.

EX UMBRA

IN

SOLEM