



## Propuesta de Trabajo Fin de Grado en Física

<b>Tutor/a:</b>	Bruno Zamorano García
<b>Departamento y Área de Conocimiento:</b>	Dpto. Física Teórica y del Cosmos, área de Física Teórica
<b>Correo electrónico:</b>	bzamorano@ugr.es
<b>Cotutor/a:</b>	
<b>Departamento y Área de Conocimiento:</b>	
<b>Correo electrónico:</b>	

**Título del Trabajo:** Separación de sucesos de neutrino del electrón y corrientes neutras en el experimento SBND mediante técnicas de “Machine Learning”

<b>Tipología del Trabajo:</b> (Segun punto 3 de las Directrices del TFG aprobadas por Comisión Docente el 10/12/14)	(Marcar con X)	1. Revisión bibliográfica		4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio	
		2. Estudio de casos teórico-prácticos	X	5. Elaboración de un proyecto	
		3. Trabajos experimentales		6. Trabajo relacionado con prácticas externas	

### Breve descripción del trabajo:

El experimento SBND [1] [2] es esencialmente una cámara de deriva de argón líquido expuesta a un haz de neutrinos. Parte de su programa científico consiste en el estudio de la aparición de neutrinos del electrón a partir de oscilaciones de neutrinos del muon [3]. Para ello, es imprescindible ser capaces de separar los sucesos de señal (los producidos por neutrinos del electrón) de aquellos que representan el fondo (particularmente de los generados a partir de una interacción de corriente neutra) con precisión, alcanzando la mejor separación que permita la tecnología.

Separar estos sucesos de manera automática en base a observables experimentales es un requisito indispensable para el análisis de oscilaciones. La reconstrucción de estos sucesos está a día de hoy lo bastante madura como para que sea viable explorar vías de separación basadas en técnicas de “Machine Learning”. Estas técnicas se han empleado con éxito en otros experimentos, por lo que esperamos ser capaces de hacerlo también en SBND.

En este trabajo se pretende separar los sucesos de señal (sucesos de corriente cargada producidos por neutrinos del electrón), de los de un tipo particular de fondo (sucesos producidos por corriente neutra)

### Objetivos planteados:

- Familiarizarse con la técnica de detección de las cámaras de deriva de argón líquido (LArTPCs)
- Entender los objetivos experimentales de SBND y del programa de corto recorrido (“short baseline”) de búsqueda de neutrinos estériles
- Aprender a utilizar la herramienta de análisis ROOT [4], estándar en el campo de la Física de Partículas experimental
- Entender la estructura de los archivos de análisis de SBND
- Realizar un estudio estadístico de viabilidad de separación en función de las distintas variables disponibles
- Entrenar distintos algoritmos de “Machine Learning” y utilizar criterios genéricos para escoger el más adecuado en este caso. Como primera aproximación a estas técnicas se emplearán los algoritmos de kNN, “Boosted decision trees” y regresión penalizada. Si el tiempo lo permite se explorará asimismo el uso de redes neuronales sencillas (“Multilayer perceptron”).
- Escribir un informe final en base a los hallazgos, problemas encontrados y soluciones adoptadas



### Metodología:

En primer lugar, será necesario introducir los conceptos teóricos necesarios, así como las herramientas a utilizar. Fundamentalmente se utilizará ROOT para el estudio de los archivos de análisis de SBND, con Python como herramienta preferida a la hora de aplicar las técnicas de “Machine Learning”. A continuación, se tratará de filtrar las variables de interés en base a algún criterio cualitativo y/o cuantitativo de separación de señal-fondo. Una vez que se haya demostrado que la separación es viable en función de cortes rígidos en estas variables, se procederá a utilizar soluciones de “Machine Learning” para optimizar el proceso.

Para ello, se propone emplear el paquete Scikit-Learn [5], pues permite una aproximación a estas técnicas muy sencilla y modular, sin necesidad de conocimientos demasiado especializados de programación.

En esta fase se seguirán los procedimientos habitualmente prescritos en el campo, como son el uso de conjuntos de entrenamiento y prueba, “cross-validation” y optimización de hiperparámetros, aunque el principal énfasis se pondrá en la comprensión cualitativa de estas técnicas y en los criterios de selección que permiten decantarse por una u otra. Finalmente se evaluará el rendimiento del algoritmo escogido y se propondrán futuras líneas de mejora.

### Bibliografía:

- [1] - <http://sbn-nd.fnal.gov/>
- [2] - P. Machado, O. Palamara, D. Schmitz, “The Short-Baseline Neutrino Program at Fermilab”, *Ann.Rev.Nucl.Part.Sci.* 69 (2019) 363-387. <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-nucl-101917-020949>
- [3] - <http://pdg.lbl.gov/2018/reviews/rpp2018-rev-neutrino-mixing.pdf>
- [4] - <https://root.cern.ch/>
- [5] - <https://sklearn.org>
- [6] – M. Thomson, “Modern Particle Physics”. Cambridge University Press

*A rellenar sólo en el caso que el alumno sea quien realice la propuesta de TFG*

*Alumno/a propuesto/a:* Asier Astaburuaga Hernández

Granada, 6 de mayo 2021

Sello del Departamento