



Propuesta de Trabajo Fin de Grado en Física

Tutor/a:	Bruno Zamorano García
Departamento y Área de Conocimiento:	Dpto. Física Teórica y del Cosmos, área de Física Teórica
Cotutor/a:	
Departamento y Área de Conocimiento:	

Título del Trabajo: Medida de la energía en el experimento SBND mediante técnicas de “Machine Learning”

Tipología del Trabajo: (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 la exploración de oscilaciones de neutrinos [3] del muon en otros sabores del neutrino (electrón y tau). Para ello, es imprescindible ser capaces de determinar la energía de la señal (fundamentalmente neutrinos del muon) con precisión, alcanzando la mejor resolución que permita la tecnología.

Llevar a cabo la medición de la energía (o “calorimetría”) 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 análisis 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 determinar la energía de los sucesos principales de señal (sucesos de corriente cargada producidos por neutrinos del muon), así como sus principales componentes de forma separada: energía *muónica* (la depositada por el muon que se produce en la interacción) y energía *hadrónica* (el resto de energía del suceso, parte de la cual es invisible en el detector). Estas dos componentes tienen fenomenología muy distinta, y conocerlas por separado permite optimizar el análisis, entender la topología de los sucesos y perfeccionar la simulación.

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 de regresión clásica, en el que se obtendrá la energía muónica en base a la longitud de la traza y a su ionización. La comparación de ambas servirá para validar el método así como la simulación del detector
- Proceder de forma análoga para la energía hadrónica. Esto establecerá el nivel fundamental de la reconstrucción de la energía, con el que se compararán los restantes métodos
- 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



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



Facultad de
Ciencias
Sección de
Físicas

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. A continuación, se tratará de jerarquizar las variables de interés en base a algún criterio cualitativo y/o cuantitativo de correlación con la energía. Una vez que se haya demostrado que la medición es viable en función de una regresión al uso, se procederá a utilizar soluciones de “Machine Learning” para optimizar el proceso.

Para ello, se propone emplear el paquete de análisis TMVA [5], pues permite una aproximación a estas técnicas sin necesidad de incorporar lenguajes de programación o herramientas adicionales a ROOT (basado en C++).

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://root.cern.ch/tmva>
- [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: Marta Lanzac Berrocal

Granada, 26 de mayo de 2020

Sello del Departamento