

Resumen

Los neutrinos son unas partículas subatómicas que viajan por el Universo sin apenas alterar su trayectoria. Esto significa que, de ser detectados recorriendo su camino, se puede estudiar la posición de su origen. A pesar de ser la partícula más abundante del espacio hasta ahora descubierta, como no posee carga eléctrica e interacciona débilmente, presenta muy baja probabilidad de interacción, necesaria para evidenciar su presencia. Dadas las posibilidades de evidenciar la presencia de un neutrino, se necesita tener enormes volúmenes controlados por sensores capaces de detectarlos. En el caso de interactuar en un fluido como el agua o el hielo, se puede proporcionar un muon (o otras partículas cargadas) que viaja a mayor velocidad que la luz, produciendo una radiación llamada luz de Cherenkov. Es esta luz la que los detectores de neutrinos submarinos pretenden detectar, por ello instalan sensores ópticos en forma de matriz tridimensional.

KM3NeT es un detector de neutrinos perteneciente a la nueva generación de este tipo de telescopios submarinos que está diseñado para albergar un kilómetro cúbico. Actualmente se encuentra en fase de construcción, en las profundidades del Mar Mediterráneo. Se compone de dos nodos detectores: ARCA que se sitúa a 100 km de la costa de Portopalo di Capo Passero a 3400 m de profundidad, y ORCA a 40 km de la costa de Toulon sumergido a 2400 m. Las Unidades de Detección (DUs) usadas se componen de una base que las ancla al lecho marino, 18 Módulos Ópticos Digitales (DOMs) sujetos a lo largo de un par de cables que unen la base con una boya. Así, se tiene una DU fija en el fondo del mar, erguida en posición vertical (dada la flotabilidad de sus elementos), pero susceptible a las corrientes marinas. Así que, para ser

capaces de reconstruir la trayectoria de un muon detectado, es necesario tener clara la posición y orientación de cada DOM. Por ello, KM3NeT cuenta con un Sistema de Posicionamiento Acústico (APS) y un Sistema de Referencia de Actitud y Rumbo (AHRS).

Por un lado, el APS tiene receptores acústicos instalados en cada DOM (sensores piezoeléctricos) y en la base de cada DU (hidrófonos). Además, instala Balizas Acústicas (ABs) en posiciones conocidas que emiten señales particulares, estas señales se usan para que el Filtro de Datos Acústico registre su detección en cada receptor. Con el registro de tres o más emisiones pertenecientes a diferentes ABs, se puede estimar la posición de cada sensor piezoeléctrico. Por otro lado, el AHRS indica el valor de la guiñada, cabeceo y balanceo, facilitando la orientación del DOM. Con una combinación de APS y AHRS (o de forma independiente), y haciendo uso de un Modelo Mecánico se puede reconstruir la forma de la DU. Así se conoce la situación de cada DOM con una mayor exactitud. Por lo que a los ABs respecta, cada uno se caracteriza en el laboratorio gracias a un proceso que se ha estandarizado, tanto en realización de medidas como en su posterior análisis. Además, se presenta una posible ubicación para instalarlos, asegurando una buena recepción en todos los DOMs.

Por último, se pretende aprovechar los receptores del APS en KM3NeT para la posible detección acústica de neutrinos. Existen teorías de que al producirse la interacción de un neutrino ultraenergético se propaga una peculiar señal termoacústica en forma de Pulso Bipolar (BP), de directividad estrecha para las frecuencias que abarca. Así que se ha diseñado una calibración completa del detector capaz de determinar si el APS está preparado para la posible captura de este tipo de señales. Por ello, se diseña, desarrolla y prueba un algoritmo capaz de seleccionar posibles candidatos de BP. Por ahora se han analizado 2.9 días de datos usando tres hidrófonos en ORCA y se han obtenido resultados prometedores para seguir esta línea de investigación, proponiéndose un sistema de alerta para registrar eventos de interés.

Como se indica en el título, la presente tesis aborda dos partes nucleares: una primera acerca del sistema de posicionamiento y una segunda sobre análisis en la señal para la detección acústica de neutrinos. Ambas, desarrolladas para el detector de neutrinos KM3NeT. El documento se compone de cinco capítulos, un primero que introduce el contexto para comprender el trabajo realizado, y dos capítulos pertenecientes a cada parte. Cada capítulo viene con sus propio Resumen, sus Conclusiones y una sección final de Pasos Futuros.