



BOLETÍN-13/MARZO/2015

Inauguran el observatorio HAWC que revelará los fenómenos más extremos del Universo

- *El observatorio HAWC de rayos gamma y rayos cósmicos entra en operación por los siguientes 10 años, al concluirse su construcción.*
- *Hará observaciones en 2/3 de la bóveda celeste con el fin de hacer mapas más detallados del universo y explorar las señales de algunos de los eventos astrofísicos más extremos, muchos de ellos relacionados con hoyos negros.*
- *Es producto de una colaboración internacional México-Estados Unidos en la que participan cuatro institutos de la UNAM: Astronomía, Ciencias Nucleares, Física y Geofísica, junto con el INAOE.*
- *CONACYT a través del programa de Laboratorios Nacionales financió un tercio del costo total del proyecto.*

Después de tres años de preparación y cuatro años de construcción, queda oficialmente inaugurado el Laboratorio Nacional HAWC de Rayos Gamma (High Altitude Water Cherenkov), un observatorio de punta que buscará monitorear continuamente el universo en rayos gamma de la más alta energía y, con ello, posicionarse en nuestro país como uno de los observatorios en altas energías más importante de este siglo.

Ubicado en las laderas del volcán Sierra Negra junto al Pico de Orizaba a 4100 metros sobre el nivel del mar y con un campo de visión instantáneo de 120° centrados en el zenit con los que barre 2/3 de la bóveda celeste cada día, HAWC es capaz de detectar rayos cósmicos y rayos gamma, es decir, partículas y radiación billones de veces más energéticas que la luz visible.

HAWC es único en el mundo en su género pues a diferencia de otros observatorios que funcionan con espejos, lentes o antenas, éste funciona con agua y no tiene partes móviles.

En una superficie de 30 mil metros cuadrados, tres veces una cancha de fútbol soccer, se han instalado 300 detectores de Cherenkov (de ahí el nombre del observatorio): detectores de 4.5 m de altura y 7.3 m de diámetro que contienen cada uno 180 mil litros de agua y cuatro detectores de luz de muy alta sensibilidad.

“El objetivo es estudiar el universo de rayos gamma de muy alta energía que es una de las ventanas del espectro electromagnético que se están explorando hoy en día y de las que aún hay poco conocimiento”, explica Andrés Sandoval, investigador del Instituto de Física y responsable mexicano del proyecto. Con HAWC “pretendemos observar el cielo día y noche, y estudiar el comportamiento de las fuentes que emiten este tipo de radiación”.

El origen

En el 2007 se seleccionó al volcán Sierra Negra, Puebla, como la sede de HAWC. De entre varios candidatos en distintas partes del mundo, México fue seleccionado por tres grandes razones: a) gracias al sitio con su gran altitud, b) a la cercanía con el Gran Telescopio Milimétrico (GTM) que proveía la infraestructura de camino de acceso, red eléctrica y fibra óptica, lo que representaba una menor inversión, c) a la experiencia de la comunidad científica mexicana dispuesta a comprometerse y participar en el proyecto.

Durante tres años se hicieron prototipos de los detectores Cherenkov (Proto-HAWC y VAMOS), y una vez que se confirmó que la altura, la geometría y la infraestructura eran los adecuados, se inició su colocación.

Los primeros 30 detectores comenzaron operaciones en septiembre de 2012, los cuales lograron captar la sombra de rayos cósmicos proyectada por la luna y efectos causados por ráfagas solares (procesos de aceleración de partículas en el Sol). Estos datos demostraron a los investigadores que los equipos funcionaban correctamente.

Con la instalación en 2013 de HAWC 100 (los 100 primeros detectores), se pudo diferenciar entre rayos gamma y rayos cósmicos; además se superó en sensibilidad a su antecesor, el observatorio MILAGRO, ubicado en Nuevo México, Estados Unidos.

“Aunque ya teníamos algunas observaciones, las simulaciones previas arrojaron que el número final de detectores debía ser 300, pues con ellos se tendría la sensibilidad necesaria para hacer ciencia de frontera”, dice Ernesto Belmont, investigador del Instituto de Física.

Ahora, con todos sus detectores instalados y su localización a gran altitud, HAWC es el observatorio más poderoso del mundo en rayos gamma de muy alta energía.

La ciencia de HAWC

Los rayos gamma (radiación electromagnética de muy alta frecuencia) y los rayos cósmicos (protones y núcleos atómicos que viajan a gran velocidad) son producto de los eventos más energéticos del Universo, como el choque de dos estrellas de neutrones, las explosiones de supernova, así como núcleos de galaxias activas que albergan agujeros negros millones de veces más masivos que el Sol.

Cuando estas partículas y radiación llegan hasta la Tierra, bombardean continuamente la atmósfera e interactúan segundo a segundo con las moléculas que encuentran a su paso.

Un rayo gamma que interactúa con partículas del aire se convierte en un par de partículas cargadas, una de materia y otra de antimateria (un par electrón-positrón). Rápidamente estas partículas colisionan con otras formando nuevos rayos gamma pero de menor energía que el original.

La reacción se sucede en cadena, multiplicando tanto la cantidad de pares electrón-positrón como de rayos gamma, y al final se crea una cascada de partículas y radiación, que desciende desde gran altitud en la atmósfera terrestre hasta la superficie, donde alcanza los detectores de HAWC.

“Al entrar esta cascada cósmica en los detectores de Cherenkov, las partículas que la forman y que viajan más rápido que la luz dentro del agua, crean un efecto parecido al de un avión supersónico que produce una onda de choque a su paso (el llamado “boom” sónico)”, explica Magda González, investigadora del Instituto de Astronomía.

En este caso las partículas producen una estela de luz visible o radiación Cherenkov, en lugar de un estruendo, y este centelleo es medido por los sensores de luz en el fondo de cada detector de Cherenkov, revelando su origen.

“Finalmente, mediante electrónica y equipo de cómputo de alta precisión se reconstruye la señal observada por todos los detectores. De esa forma, es posible para los científicos determinar la energía, dirección, tiempo de arribo y naturaleza de la partícula responsable” indica el Dr. Rubén Alfaro, investigador del Instituto de Física.

Los primeros logros

Este año se inaugura formalmente, sin embargo, HAWC ha registrado desde sus primeros 30 detectores más de 100 mil millones de eventos que han proporcionado datos interesantes sobre algunos fenómenos astrofísicos.

Una de las primeras cosas que HAWC observó de manera exitosa fue la sombra de la Luna producida por los rayos cósmicos. Cuando éstos se acercan a la Tierra desde distintos ángulos, algunos impactan nuestro satélite como gotas de lluvia en una sombrilla, de manera que la Luna los intercepta y genera una zona de 'sombra', es decir, una zona de menor cantidad de rayos cósmicos.

“Esto ya había sido observado anteriormente, lo interesante para nosotros es su utilidad para calibrar los instrumentos de HAWC y así confirmar que apunta en la dirección correcta con la resolución adecuada”, dice Sandoval.

Además HAWC ya ha observado la Nebulosa del Cangrejo (una remanente de supernova) y el blazar Markarian 412 que fue producido por una galaxia en la constelación de la Osa Mayor a 400 millones de años luz de nosotros. “Markarian 421, como todos los blazares, tiene en su centro un hoyo negro supermasivo que emite dos chorros de partículas y rayos gamma a muy alta energía, uno de los cuales apunta directamente en nuestra dirección” indica la Dra. Magdalena González.

“Con HAWC y las observaciones de la sombra del Sol podemos estudiar los cambios en el campo magnético de la corona solar alta, así como la configuración del campo magnético global de las llamadas Eyecciones de Masa Coronal (EMC), que son esenciales en términos de clima espacial”, dice Alejandro Lara del Instituto de Geofísica.

HAWC también ha permitido confirmar que los rayos cósmicos no llegan uniformemente de todas direcciones, algo que se conoce como la anisotropía a mediana escala en la dirección de llegada de los rayos cósmicos.

“Hay tres regiones pequeñas del Universo de donde llegan más rayos cósmicos y ahora la interpretación de qué es lo que la genera es un tema abierto” explica Hermes León del Instituto de Física.

Cómputo de alto nivel

HAWC puede detectar cerca de 20,000 cascadas de rayos gamma por segundo. Con un sistema de selección de eventos (o disparo) se decide rápidamente qué información es interesante para el experimento y cuál se debe guardar.

Gracias a los esfuerzos en el desarrollo de la infraestructura computacional para proyectos como Auger y ALICE-LHC, el Instituto de Ciencias Nucleares ha desarrollado y mantiene un sistema de cómputo de alto rendimiento para el análisis de los datos de HAWC, así como su almacenamiento a una tasa de crecimiento de 1.2 TB por día.

De acuerdo con Lukas Nellen investigador del Instituto de Ciencias Nucleares: “tener un experimento de este tipo en México es de suma importancia pues impulsa la creación de infraestructura que se utilizará para varios proyectos en el país. Por ejemplo, se implementó un centro de datos muy moderno para almacenamiento y procesamiento de información”.

HAWC en el mundo

HAWC es único en el mundo. Se diseñó y construyó gracias a la colaboración de 29 instituciones. Catorce de ellas son mexicanas (entre los que destacan los institutos de Astronomía, Ciencias Nucleares, Física y Geofísica de la UNAM, así como el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica) y 15 instituciones de EUA.

Participan en él 130 miembros, de los cuales 76 son estudiantes de pos doctorado, posgrado y licenciatura. Durante todo momento las partes involucradas están conectadas a través de un sistema de video conferencias privado y en tiempo real para coordinar las actividades y avances del mismo.

Para más información:

<http://www.hawc-observatory.org/>

Solicitudes de entrevistas a unidades de comunicación de los institutos:

Instituto de Astronomía: 56223997 / bcarias@astro.unam.mx

Instituto de Ciencia Nucleares: 56224684 / gabriela.frias@nucleares.unam.mx

Instituto de Física: 56225000 ext. 1116 / aleidarueda@fisica.unam.mx

Instituto de Geofísica: 56224120 / boletin@geofisica.unam.mx

Numeralia de HAWC

1,000,000	horas ser humano de trabajo hasta ahora
4,100	metros altitud del sitio sobre el nivel del mar
29	instituciones involucradas
14	de México (UNAM, INAOE)
15	de EUA (Maryland, Wisconsin, Los Alamos)
130	miembros activos
80	académicos
40	trabajadores locales
30,000	metros cuadrados en total cubre el detector y los contenedores
365	días al año está en funcionamiento
55,000,000	litros de agua fueron necesarios para llenar los 300 contenedores
10	años de trabajo desde el inicio de los primeros prototipos
20,000	cascadas (de rayos gamma) se pueden observar por segundo
600	terabytes de datos se analizan por año
2/3	de la bóveda celeste se puede observar
15	millones de dólares se han invertido hasta ahora

Instituciones que colaboran

México

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM):

- Instituto de Astronomía
- Instituto de Física
- Instituto de Ciencias Nucleares
- Instituto de Geofísica

Instituto Politécnico Nacional

- Centro de Investigación en Computación (CIC)
- Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas (UPIITA)
- Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV)

Institutos y universidades estatales

- Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE)
- Universidad Autónoma de Chiapas
- Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
- Universidad Politécnica de Pachuca
- Universidad de Guadalajara
- FCFM Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Estados Unidos

- Los Alamos National Laboratory
- University of Maryland
- University of Wisconsin
- University of Utah
- University of California, Irvine
- Michigan State University
- George Mason University
- Colorado State University
- University of New Hampshire
- Pennsylvania State University
- University of Alabama
- University of New Mexico
- Michigan Technical University
- NASA/Goddard Space Flight Center
- Georgia Institute of Technology