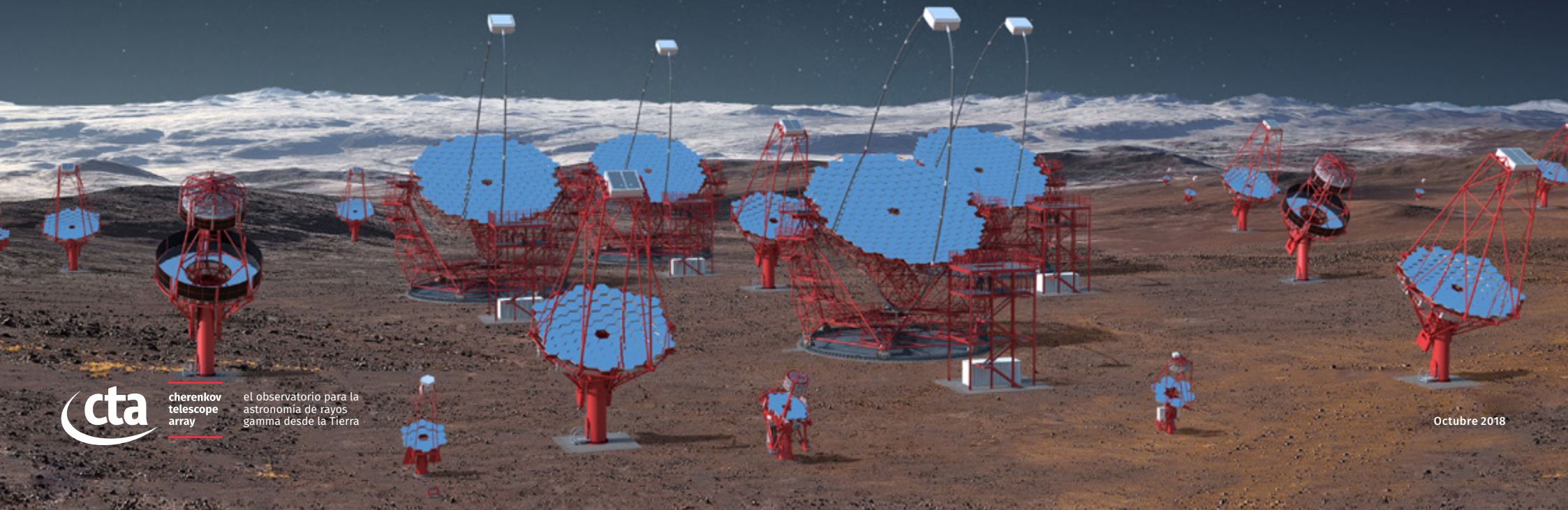
cherenkov telescope array

La exploración del Universo en altas energías



cherenkov telescope array

el observatorio para la astronomía de rayos gamma desde la Tierra

Octubre 2018

Tabla de contenidos

Un avance en la astrofísica de altas energías 3
Cazadores de luz 4 - 5
El espectro electromagnético 4 - 5
El nacimiento de un rayo gamma 6 - 7
Aventurándose más allá de la frontera de las altas energías 8

- Comprensión del origen y rol de las partículas cósmicas relativistas 9 - 10
- Exploración de ambientes extremos 11
- Exploración de las fronteras de la física 12 - 13

Detección de rayos gamma mediante la luz Cherenkov 14 - 15
Dos ojos puestos en el Universo turbulento 16 - 17
De la emisión a la detección 18 - 19
Construcción de la nueva generación de detectores de altas energías 21
Small-Sized Telescopes (telescopios pequeños) 22 - 23
Medium-Sized Telescopes (telescopios medianos) 24 - 25
Large-Sized Telescopes (telescopios grandes) 26 - 27
Medición de la luz con las cámaras de CTA 28
De los datos a la detección 29
Operación del observatorio 30
Capacidades esperadas 31
Una colaboración global 32
Para el beneficio de todos 33
Construido con apoyo internacional 34

Créditos de la imagen de portada:
Gabriel Pérez Díaz, IAC/Marc-André Besel, CTAO

Un avance en la astrofísica de altas energías

Por encima de las nubes, sobre las rocosas cumbres de la isla de La Palma en España, y en un valle de la gran y solitaria extensión del desierto de Atacama en Chile, se están sentando las bases del observatorio más grande y avanzado del mundo para la detección de rayos gamma desde la Tierra.

Crédito de la imagen:
Daniel López/IAC

Hace mucho tiempo que los astrónomos admiran, desde estos y otros lugares estratégicos, las maravillas de nuestra galaxia y más allá, trabajando para revelar sus misterios y expandir nuestra comprensión del Universo. El observatorio Cherenkov Telescope Array (CTA, por sus siglas en inglés) llevará esta búsqueda aún más lejos para descubrir un panorama nuevo y apasionante del cielo turbulento, revolucionando nuestro conocimiento del violento Universo de las altas energías.

La actual generación de detectores terrestres de rayos gamma – los cinco telescopios H.E.S.S. ubicados en Namibia, los dos telescopios MAGIC en La Palma y los cuatro telescopios VERITAS en Arizona – ha estado explorando el Universo de las altas energías desde el año 2003, haciendo aumentar de 10 a más de 150 el número de objetos celestes conocidos que emiten rayos gamma. Con más de 100 telescopios ubicados en los hemisferios norte y sur, CTA usará su precisión y sensibilidad sin precedentes para multiplicar por diez la cantidad de objetos conocidos, y así abordar algunas de las preguntas más desconcertantes de la astrofísica. CTA será una fuente de datos única, que no sólo abrirá nuevos caminos para la comprensión del Universo, sino que también será el primero de su tipo abierto a las comunidades internacionales de Astronomía y de Física de Partículas.

Sin precedentes, poderoso, accesible.
¡Adelante!

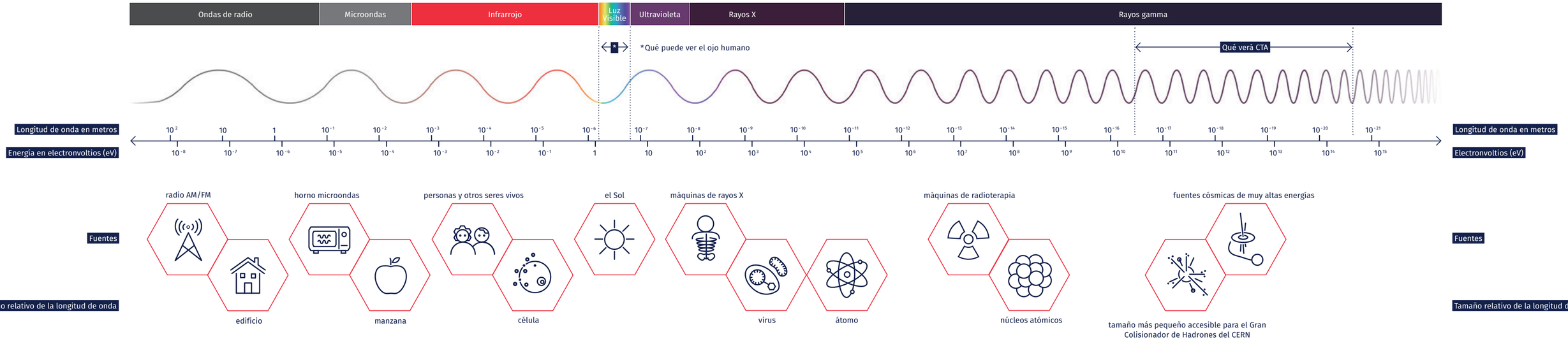
Cazadores de luz

La luz proveniente de estrellas lejanas, planetas u otros objetos celestes que usted ve, corresponde a una pequeña porción del espectro electromagnético. Gran parte de la radiación es invisible para el ojo humano.

El espectro completo abarca desde las frecuencias bajas y longitudes de onda largas de las ondas de radio y las microondas, hasta las frecuencias medias de la luz infrarroja, óptica (visible) y ultravioleta, terminando con las frecuencias más altas de rayos X y gamma. El rango de frecuencias de los rayos gamma es tan amplio que ni siquiera tiene un límite máximo bien definido. De hecho, ¡los rayos gamma que detectará CTA tienen hasta alrededor de cien billones de veces más energía que la luz visible! Los telescopios ópticos han estado capturando la luz visible del cielo nocturno desde principios del siglo XVII, desvelando la belleza del Universo. Para alcanzar un entendimiento más cabal de los fenómenos y de los mecanismos físicos que los rigen, los científicos observan con telescopios especialmente diseñados para captar distintas frecuencias de luz. Dada su capacidad para ver los procesos de más altas energías del Universo, CTA es un elemento clave para mejorar nuestra comprensión de algunos de los fenómenos más inestables y misteriosos que se conocen o que aún quedan por descubrir.

Imagine qué nos contarán estos mensajeros cósmicos...

El espectro electromagnético



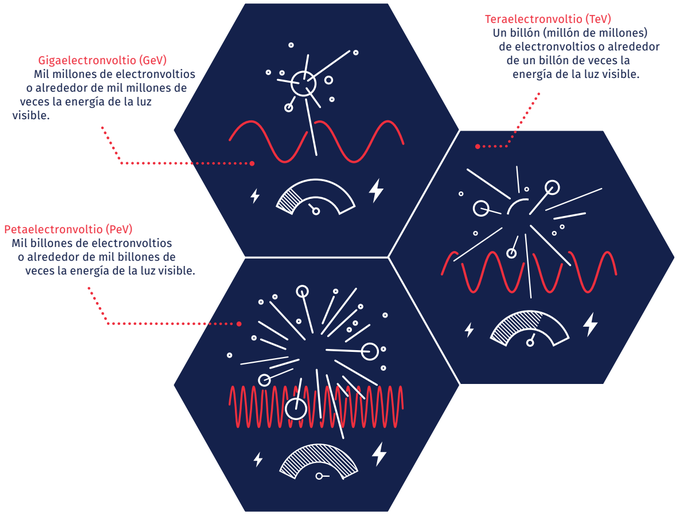
El nacimiento de un rayo gamma

En el centro de una galaxia a miles de millones de años luz, un agujero negro supermasivo, con una masa mil millones de veces superior a la del Sol, acumula a su alrededor un disco muy caliente de material y gas. En este proceso violento, el disco caliente brilla más que todas las estrellas circundantes y surgen chorros de partículas altamente energéticas que viajan más allá de los límites de su galaxia. Es en un ambiente extremo como éste donde se originan los rayos gamma.

Crédito de la imagen:
ESA/NASA

Sin embargo, ningún objeto, ni siquiera un agujero negro supermasivo, produce los rayos gamma directamente. Los rayos gamma son el producto de partículas subatómicas (usualmente protones o electrones) que son aceleradas en ambientes extremos, normalmente asociados a eventos violentos: explosiones, estallidos o potentes chorros que aceleran las partículas casi a la velocidad de la luz. Los rayos gamma se producen cuando las partículas colisionan con la materia y los campos de radiación; tanto en el interior o alrededor de las fuentes que las emiten, como en el espacio interestelar. Los rayos gamma viajan por el Universo hasta otras galaxias, transportando con ellos los secretos de su lugar de origen.

En nuestra galaxia, CTA buscará remanentes de explosiones de supernovas, nebulosas producidas tanto por estrellas ultra densas que giran rápidamente, los púlsares, como por estrellas más normales en sistemas binarios o en grandes cúmulos. Más allá de nuestra galaxia, CTA detectará otras galaxias con formación estelar activa, galaxias con agujeros negros supermasivos en sus centros (núcleos galácticos activos) y, posiblemente, cúmulos enteros de galaxias. Los rayos gamma detectados con CTA también pueden proporcionar una huella directa de la materia oscura, evidencias de desviaciones de la teoría de la relatividad especial de Einstein y respuestas más concretas sobre el contenido de los espacios cósmicos vacíos.



Energías de hasta 300 TeV llevarán a CTA más allá de los márgenes del espectro electromagnético conocido, proporcionando una visión totalmente nueva del cielo. El electronvoltio (eV) es una unidad de energía comúnmente usada por los científicos. Los rayos gamma que detectará CTA tienen energías de miles de millones a muchos billones de electronvoltios.

Aventurándose más allá de la frontera de las altas energías

¿Qué hubiera pasado si nuestros ancestros nunca hubieran navegado más allá del horizonte o nunca se hubieran aventurado a observar fuera de los límites de nuestro vecindario celeste? Si ellos no hubieran tenido el coraje de hacer preguntas o desafiar la frontera de lo conocido, nuestra comprensión del mundo y del Universo estaría drásticamente atrasada.

La astronomía de rayos gamma desde la Tierra es un campo nuevo con un potencial científico enorme, ampliamente demostrado por la actual generación de instrumentos. Con capacidades superiores, las posibilidades de CTA combinan la comprensión profunda de objetos conocidos con la anticipada detección de nuevas clases de emisores de rayos gamma, abriendo la vía para descubrimientos fundamentalmente nuevos.

CTA transformará nuestra comprensión del Universo de las altas energías abordando una extensa clase de preguntas de la astrofísica y de la física fundamental.

Estos interrogantes atañen a los siguientes tres temas principales de estudio:

I. Comprensión del origen y rol de las partículas cósmicas relativistas

II. Exploración de ambientes extremos

III. Exploración de las fronteras de la física

Código QR: Conozca más sobre los temas de estudio de CTA

I. Comprensión del origen y rol de las partículas cósmicas relativistas

La Tierra es constantemente bombardeada por rayos cósmicos, principalmente en la forma de protones de altas energías y núcleos atómicos; sin embargo, no se ha logrado una total comprensión de las fuentes y mecanismos de producción de estos rayos cósmicos. Los aceleradores naturales de los rayos cósmicos dentro de nuestra galaxia son capaces de acelerar partículas subatómicas a energías mucho mayores que las del Gran Colisionador de Hadrones (LHC) del CERN, el más poderoso acelerador de partículas de la Tierra. No obstante, como los rayos cósmicos poseen una carga eléctrica, sus recorridos son desviados por los campos magnéticos existentes entre sus fuentes y la Tierra, lo que hace casi imposible rastrearlos hasta su origen.

Por otra parte, los rayos gamma – algunos de los cuales son subproductos de la aceleración de rayos cósmicos de alta energía – no tienen carga eléctrica por lo que su ruta no se desvía mientras pasan por los campos magnéticos. Su trayectoria recta les permite transportar imágenes de sus fuentes y de las partículas energéticas que los crearon.

El gran rango de energías que cubrirá CTA y su resolución angular sin precedentes nos permitirán buscar las posibles fuentes de los rayos cósmicos dentro de nuestra propia galaxia y más allá, e identificar el papel que estos juegan en los procesos de retroalimentación que ocurren durante la formación de estrellas y evolución de las galaxias.

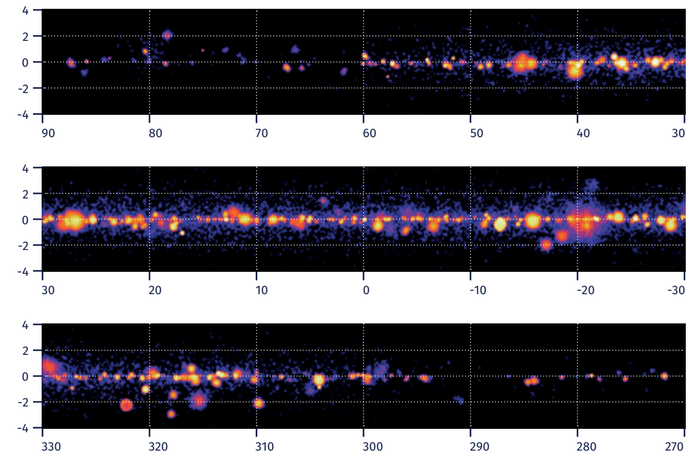
Un campo de visión de 8 grados permitirá a CTA sondear el cielo rápidamente y medir regiones muy extensas de emisión de rayos gamma.

Objetivo 1: El Plano Galáctico — sondeando nuestra galaxia

La Vía Láctea es un disco en rotación con alrededor de 200 mil millones de estrellas, un diámetro de unos 90.000 años luz y un espesor de 1.000 años luz. En el punto medio de este grosor se sitúa el plano galáctico, donde vive la gran mayoría de las estrellas. Se espera que el sondeo del plano galáctico que realice CTA lleve a la detección de más de 400 fuentes individuales de emisión de rayos gamma, la mayoría de las cuales nunca han sido vistas en rayos gamma de alta energía. Estos descubrimientos brindarán información sobre la física que acelera las partículas a las más altas energías y sobre cómo estas partículas viajan desde sus lugares de aceleración. Encontrar las fuentes que son capaces de acelerar partículas a tan altas energías será clave para finalmente entender el origen de los rayos cósmicos que llenan la Vía Láctea.

x = Longitud galáctica (deg)

y = Latitud galáctica (deg)



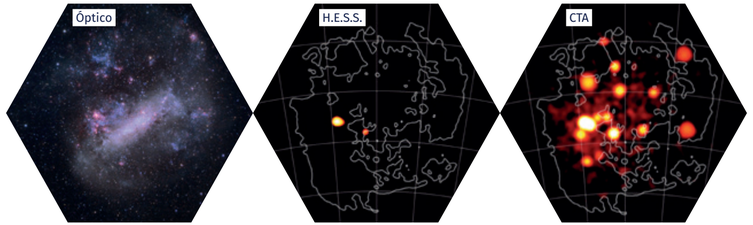
Izquierda: Simulación de lo que podría observar CTA durante su sondeo del plano galáctico.

Una resolución angular próxima a un minuto de arco permitirá a CTA localizar muchas fuentes cósmicas que ayudaran a entender cómo las partículas ultra-relativistas se distribuyen en y alrededor de estos cuerpos celestes.

Crédito de la imagen:
NASA/ESA/A. Fruchter/ERO

Objetivo 2: La Gran Nube de Magallanes – nuestra vibrante galaxia vecina

Como satélite de la Vía Láctea, la Gran Nube de Magallanes (LMC, por sus siglas en inglés) es una de las galaxias más cercanas. Es una galaxia única que alberga diversos objetos excepcionales, incluyendo regiones de formación estelar, cúmulos estelares, nebulosas originadas por vientos de púlsares y remanentes de supernova. CTA observará la LMC con diversos objetivos científicos, entre ellos, el de entender mejor el trasporte de los rayos cósmicos a gran escala – desde su liberación al medio interestelar hasta su escape de las galaxias.



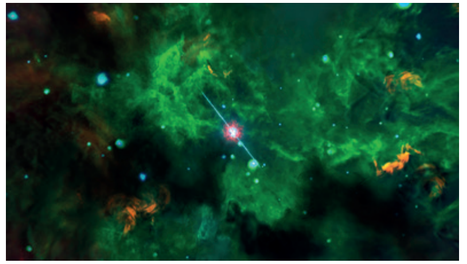
Comparación simulada del sondeo de CTA a la LMC con las imágenes actuales de los telescopios H.E.S.S. y ópticos.

Objetivo 3: Los cúmulos de galaxias — Un manojo de oportunidades

Los cúmulos de galaxias típicamente albergan miles de estos objetos, por lo que cabe esperar la existencia de rayos cósmicos acelerados por procesos de formación o por los núcleos galácticos activos (AGN, por sus siglas en inglés) ubicados en los centros de algunas galaxias. Se cree que los rayos cósmicos juegan un rol importante al suprimir los flujos de enfriamiento en los cúmulos de galaxias, pero no existen pruebas de esto. Uno de los cúmulos de galaxias que estudiará CTA es Hydra A, el cual tiene un AGN que expulsa burbujas de material caliente. Puesto que se cree que los rayos cósmicos son acelerados como un subproducto de este proceso, también podrían emitirse rayos gamma. Si CTA detectara estos rayos gamma, podría proporcionar información sobre la aceleración de rayos cósmicos en estos lugares y el rol que potencialmente tendrían en la evolución y crecimiento de las galaxias.

II. Exploración de ambientes extremos

Los rayos gamma que detectará CTA poseen energías que sobrepasan a las de los rayos X o incluso a las de los rayos gamma detectados por instrumentos espaciales. Por esto, contienen información sobre los procesos físicos que ocurren en algunos de los ambientes más energéticos del Universo. Especialmente interesantes son los agujeros negros y las estrellas de neutrones generados por la explosión de estrellas masivas que alcanzan el final de sus vidas. Se han observado rayos gamma provenientes de chorros de numerosos agujeros negros, aunque no se comprenden completamente los mecanismos exactos por los cuales ocurre el proceso de emisión. Las capacidades de CTA nos permitirán abordar estos interrogantes con un nivel de precisión nunca antes visto.



Objetivo: Eventos transitorios – explosiones imprevisibles llenas de información

El Universo alberga una población diversa de objetos astrofísicos que explotan, destellan o intensifican su actividad de forma drástica e imprevisible a lo largo de todo el espectro electromagnético y en un amplio rango de escalas temporales, abarcando desde milisegundos a años. Denominados colectivamente como "transitorios," estos eventos son conocidos por ser emisores prominentes de rayos gamma de alta energía y también por ser potenciales fuentes de señales no electromagnéticas, tales como rayos cósmicos, neutrinos u ondas gravitacionales. Son de gran interés científico, ya que están asociados a eventos catastróficos que involucran objetos compactos relativistas como estrellas de neutrones y agujeros negros, los cuales se desarrollan en las condiciones físicas más extremas de nuestro Universo. Con su excepcional sensibilidad a los rayos gamma de muy alta energía (VHE, por sus siglas en inglés), CTA tiene la capacidad de abrir nuevos caminos para explicar la física de los eventos cósmicos transitorios y para descubrir clases totalmente nuevas de fuentes transitorias.

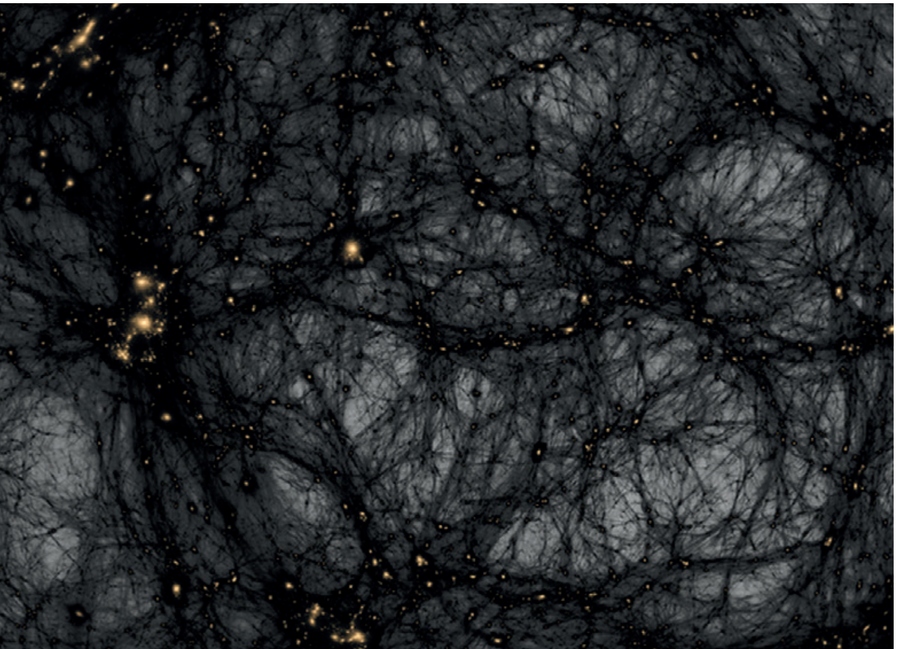
Acceder a energías mínimas que alcanzan los 20 GeV permitirá a CTA explorar con una precisión nunca antes vista fenómenos transitorios y variables de rayos gamma en el Universo muy distante.

Créditos de la imagen:
NAOJ; NAOJ; ESO/A. Roquette; ESO/L.Calçada

III. Exploración de las fronteras de la física

Una resolución energética de un 10 por ciento mejoraría la capacidad de CTA de buscar características y líneas espectrales asociadas con la aniquilación de partículas de materia oscura.

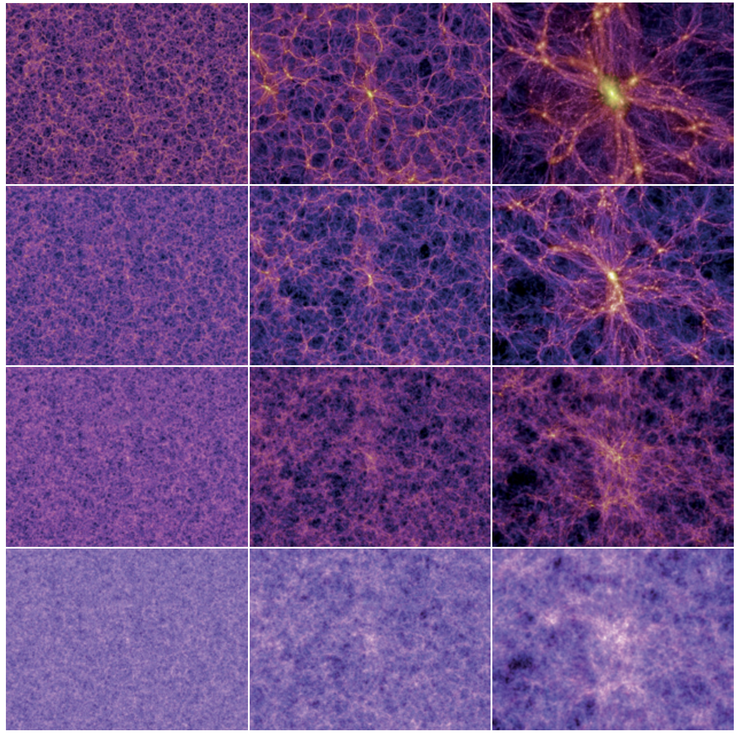
Los avances notables en la sensibilidad y cobertura energética pueden traer descubrimientos en la física fundamental, otro campo al alcance de CTA, donde se investiga cómo se comporta el Universo a nivel más básico. Específicamente, CTA busca descubrir la naturaleza y propiedades de la materia oscura, investigar la existencia de la hipotética partícula llamada axión y buscar posibles desviaciones de la teoría de la relatividad especial de Einstein. Cualquiera de estos descubrimientos significaría una revolución para la física de partículas y la cosmología.



Objetivo 1: La materia oscura – Uno de los grandes misterios de la ciencia

Se cree que la materia oscura representa gran parte de la masa total del Universo, pero su naturaleza sigue siendo uno de los misterios más grandes de la ciencia. La materia oscura se manifiesta por sus efectos gravitacionales y parece encontrarse en cantidades mucho mayores que la materia normal, pero no se sabe casi nada sobre su naturaleza. CTA será un instrumento de descubrimiento de la materia oscura con una sensibilidad sin precedentes y podría proporcionar una herramienta para estudiar la física de partículas, así como las propiedades astrofísicas de las aún no identificadas partículas de materia oscura. CTA intentará encontrar materia oscura buscando los rayos gamma que se producen cuando las partículas de materia oscura (que según se cree son partículas masivas que interaccionan débilmente, o WIMPs, por sus siglas en inglés) se aniquilan entre sí. Existe una teoría bien fundamentada sobre con qué frecuencia ocurren estas aniquilaciones y dónde buscar sus señales – en lugares donde la densidad de la materia oscura es muy alta (por ejemplo, el centro de nuestra propia galaxia). Los instrumentos actuales no son lo suficientemente sensibles como para detectar la señal prevista por los modelos. CTA alcanzará esta sensibilidad crítica y complementará las búsquedas llevadas a cabo con el satélite Fermi, el Gran Colisionador de Hadrones (LHC), así como la búsqueda directa de WIMPs bajo tierra. Juntos, todos estos instrumentos tienen muchas posibilidades de resolver el misterio de la materia oscura dentro de una década.

Crédito de la imagen:
Museo Americano de Historia Natural



Objetivo 2: Los espacios vacíos entre galaxias – Regiones inexploradas del Universo

La mayor parte del Universo está prácticamente vacía, con la materia agrupada en cúmulos de galaxias, súper cúmulos y filamentos, separados por inmensos espacios vacíos. Un tema que genera gran debate es si realmente estos espacios están vacíos, pues se cree que podrían contener reliquias de los primeros momentos del Universo. Para explorar estos vacíos, CTA observará un ingrediente conocido del espacio existente entre cúmulos de galaxias – la luz de fondo extragaláctica (EBL, por sus siglas en inglés). La EBL representa la luz emitida desde el nacimiento del Universo y contiene información sobre la historia de la formación estelar. Cuando los rayos gamma colisionan con fotones de la EBL, generan una señal espectral específica que puede ser medida. Por otra parte, cuando los rayos gamma interactúan, generan cascadas de partículas secundarias y rayos gamma adicionales de menor energía. La distribución de estos rayos gamma está influenciada por pequeños campos magnéticos que pueden ser medidos con CTA para adquirir más información sobre cómo se formó el Universo.

Crédito de la imagen:
Instituto Max Planck
de Astrofísica

Detección de rayos gamma mediante la luz Cherenkov

Sabemos la forma en la que se originan los rayos gamma, pero ¿cómo los detectará CTA? y ¿ cómo descifrará los detalles de su origen? Es interesante resaltar que CTA no detectará los rayos gamma directamente, ya que estos en la realidad nunca llegan a la superficie terrestre.

rayo gamma que interacciona con la atmósfera

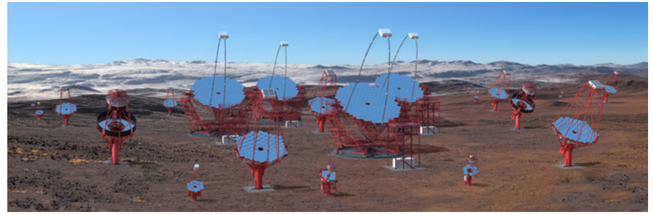
instantánea de 10 nanosegundos

Código QR:
Conozca más sobre cómo funciona CTA

Después de un largo viaje desde sus fuentes, los rayos gamma interactúan con la atmósfera terrestre, produciendo cascadas de partículas subatómicas conocidas como cascadas atmosféricas. Nada puede viajar más rápido que la velocidad de la luz en el vacío. Sin embargo, en el aire, una partícula altamente energética puede viajar más rápido que la luz, cuya velocidad se ve reducida por el índice de refracción del aire. Así, en la atmósfera, las partículas cargadas de muy alta energía pueden crear un cono de "luz Cherenkov" azul (descubierto por el físico ruso Pavel Cherenkov en 1934), similar a la explosión sónica producida por un avión al superar la velocidad del sonido. Aunque la luz se distribuye en una zona extensa (250 m de diámetro), la duración del pulso de luz es de milmillonésimas de segundo. Su brillo es demasiado débil como para ser detectado por el ojo humano, pero no tan débil como para escapar a los telescopios de CTA, con sus grandes espejos recolectores de luz y sus sensibles detectores. Cuando la luz Cherenkov alcance los telescopios de CTA, los espejos la reflejarán para que las cámaras puedan captar el evento. Las cámaras serán sensibles a estos débiles destellos y usarán detectores extremadamente rápidos para capturar la luz y luego convertirla en una señal eléctrica que será finalmente digitalizada y transmitida para registrar la imagen de la cascada que la emitió.

Dos ojos puestos en el Universo turbulento

Capturar las cascadas de partículas que crean los rayos gamma que golpean la atmósfera terrestre es como “buscar una aguja en un pajar.”



Crédito de la imagen:
Gabriel Pérez Diaz, IAC/Marc-André Besel, CTAO

De hecho, la media de rayos gamma que llegan a la atmósfera es de sólo uno por metro cuadrado y año desde una fuente brillante, o uno por metro cuadrado por siglo desde una fuente tenue. Para mejorar su capacidad de detectar rayos gamma, CTA usará más de 100 telescopios, además los repartirá entre dos ubicaciones – una en el hemisferio norte y otra en el hemisferio sur para así explorar la totalidad del cielo.

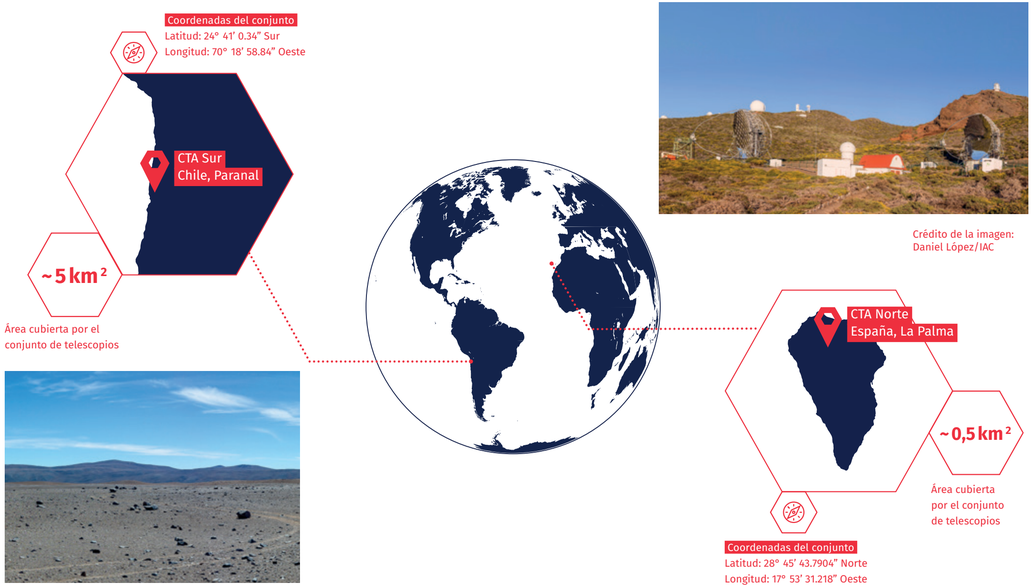
Emplazamiento del hemisferio norte

El emplazamiento de CTA en el hemisferio norte se encuentra en el Observatorio del Roque de los Muchachos, instalación perteneciente al Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y ubicada en el municipio de Garafía, en La Palma, una de las siete islas españolas que conforman el archipiélago de las Canarias. A 2.200 metros de altitud y situada en una meseta debajo del borde de un extinto cráter volcánico, el sitio actualmente alberga los dos telescopios Cherenkov MAGIC. El conjunto del hemisferio norte estará compuesto por unos 20 telescopios y se concentrará en el rango de energías medio y bajo de CTA, de 20 GeV a 20 TeV.

Emplazamiento del hemisferio sur

El emplazamiento de CTA en el hemisferio sur se encuentra a menos de 10 km al sureste del existente Observatorio Paranal, perteneciente al Observatorio Europeo Austral (ESO) y ubicado en el desierto de Atacama en Chile. Ésta es una de las regiones más áridas y aisladas de la Tierra, un paraíso oscuro para los astrónomos. El conjunto del hemisferio sur cubrirá todo el rango energético de CTA, incluyendo energías de rayos gamma desde 20 GeV a más de 300 TeV con alrededor de 100 telescopios distribuidos sobre una superficie de 5 kilómetros cuadrados.

Ubicaciones del conjunto



En el centro de una galaxia a miles de millones de años luz, un agujero negro supermasivo, con una masa mil millones de veces superior a la del Sol, acumula un disco muy caliente de material y gas...

De la emisión a la detección

cherenkov telescope array

Emisión

Agujero negro supermasivo

Disco de acreción

Choque

Aceleración de partículas

Rayos X

Ondas de radio

Mil millones de años después

Rayo gamma de alta energía

Cascada atmosférica

Rayo gamma primario

Rayo gamma que interactúa con la atmósfera

Atmósfera de la Tierra

Efecto Cherenkov

CTA Norte

CTA Sur

Detección

La Palma

(LST, MST)

Chile

(LST, MST, SST)

Medium-Sized Telescope (MST)

Schwarzschild-Couder Telescope (SCT)

Small-Sized Telescope (SST)

Cámara

Espejo

Large-Sized Telescope (LST)

Datos

Procesamiento de datos, archivo y acceso

Instantánea de 10 nanosegundos

El espejo refleja la luz y ésta es capturada por la cámara

Almacenamiento in-situ

Procesamiento

Archivo externo

Científicos / Usuarios

Análisis en tiempo real

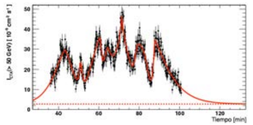
Alerta

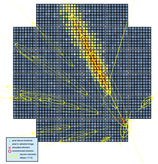
Programación de la observación + control del telescopio

Alerta

Otras observaciones

Descubrimiento





Reconstrucción de la cascada

cherenkov telescope array

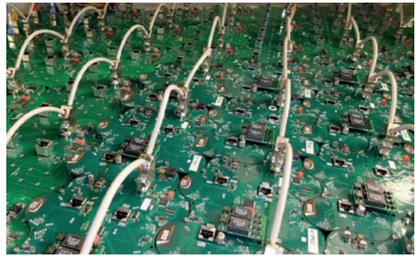
sitio web www.cta-observatory.org
facebook facebook.com/ctaobservatory
twitter @CTA_Observatory

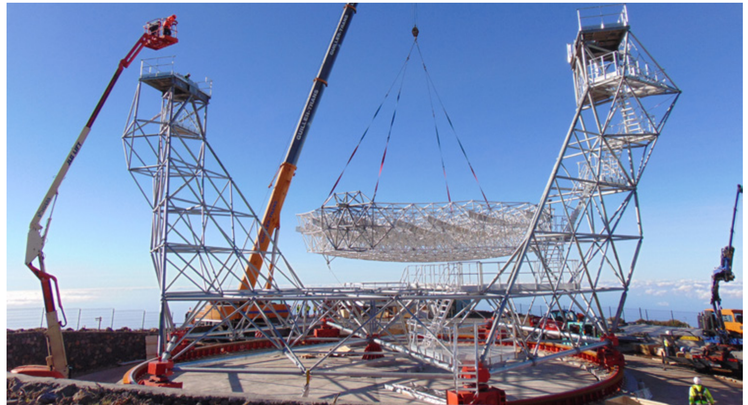
cherenkov telescope array

Sin precedentes poderoso accesible

Las tecnologías de CTA alrededor de mundo...

Crédito de las imágenes:
CTA Collaboration





La actual generación de detectores terrestres ha entreabierto la puerta al Universo de las altas energías, ofreciéndonos un vistazo de lo que podemos observar.

Se espera que CTA abra totalmente esta puerta, revelando una visión completamente nueva del Universo. Esto no será una tarea fácil, científicos e ingenieros de todo el mundo han estado trabajando durante más de una década en la planificación de CTA y en la construcción de la próxima generación de detectores. ¿Cómo lo harán? Sencillamente, compartiendo sus conocimientos y recursos para construir el mayor número de los telescopios Cherenkov más avanzados que se hayan fabricado jamás.

El proyecto para construir CTA está bien encaminado: ya existen prototipos para todos los diseños de telescopios, mientras que el trabajo de infraestructura se encuentra en fase de preparación para la preproducción de los primeros telescopios in situ.

Se necesitan tres clases de telescopios para cubrir todo el rango de energías de CTA (20 GeV a 300 TeV). Para su rango principal de energía (100 GeV a 10 TeV), CTA tendrá 40 Medium-Sized Telescopes (telescopios medianos) distribuidos en los dos emplazamientos. Está previsto que ocho Large-Sized Telescopes (telescopios grandes) y 70 Small-Sized Telescopes (telescopios pequeños) extiendan el rango de energía bajo 100 GeV y sobre 10 TeV, respectivamente. Los telescopios están distribuidos dentro de los conjuntos en base a sus distintos rangos de energía. Los eventos de rayos gamma de baja energía (mejor detectados por los espejos más grandes) suceden más frecuentemente, requiriendo un menor número de LSTs (telescopios grandes, de sus siglas en inglés) muy próximos, mientras que los eventos de alta energía que se pueden detectar por espejos más pequeños son sumamente improbables, requiriendo un número mayor de SSTs (telescopios pequeños, de sus siglas en inglés) distribuidos sobre una superficie de varios kilómetros cuadrados. El amplio rango de energía de los MSTs (telescopios medianos, de sus siglas en inglés) cubre el centro del rango energético de CTA.

Las tres clases de telescopios de CTA brindarán una amplia cobertura energética de miles de millones a billones de veces la energía de la luz visible (20 GeV a 300 TeV).

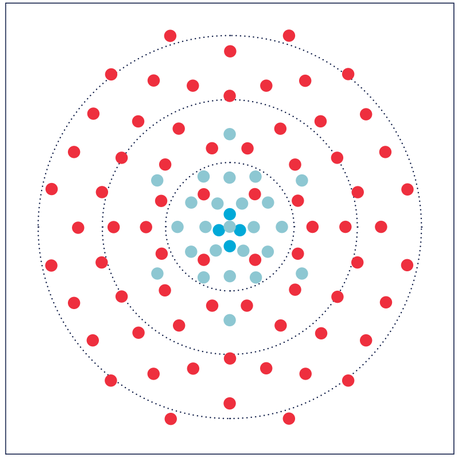
Código QR: Conozca más sobre el proyecto

Small-Sized Telescopes (telescopios pequeños)

Los telescopios más pequeños, Small-Sized Telescopes (SSTs), superarán en número a todos los otros telescopios y estarán distribuidos sobre una superficie de varios kilómetros en el conjunto del hemisferio sur.

CTA usará más de 7.000 segmentos altamente reflectantes en sus espejos (con diámetros de 90 cm a 2 m) para enfocar la luz hacia las cámaras de los telescopios.

Conjunto del hemisferio sur 70 SSTs



1000 m

Círculos: 400 m, 800 m, 1200 m

- Small-Sized Telescope (telescopios pequeños), (SST)
- Medium-Sized Telescope (telescopios medianos), (MST)
- Large-Sized Telescope (telescopios grandes), (LST)

Esto ocurre porque las lluvias de rayos gamma de muy alta energía producen una gran cantidad de luz Cherenkov, y los SSTs son sensibles a los rayos gamma de energía más alta. Sus espejos tendrán unos 4 m de diámetro y sus cámaras un amplio campo de visión de 8-10 grados. Se están realizando prototipos y pruebas de tres implementaciones distintas de SST – un diseño de espejo único y dos diseños con un sistema de dos espejos.

El SST-1M es un diseño de espejo único, con un reflector de 4 m de diámetro (focal de 5,6 m) compuesto por segmentos hexagonales. Los equipos de proyecto del SST-1M están en Republica Checa, Irlanda, Polonia y Suiza. Se está probando un prototipo del telescopio en Cracovia, Polonia.

El diseño SST-2M ASTRI tiene una configuración tipo Schwarzschild-Couder de dos espejos. El espejo primario de 4,3 m de diámetro está segmentado en facetas hexagonales y el espejo secundario de 1,8 m es monolítico. Equipos en Brasil, Italia, y Sudáfrica están contribuyendo a ASTRI. En 2016, el prototipo ASTRI en Serra La Nave, Italia, demostró por primera vez la viabilidad del diseño Schwarzschild-Couder, desde su concepción inicial en 1905 y detectó los primeros sucesos Cherenkov en 2017.

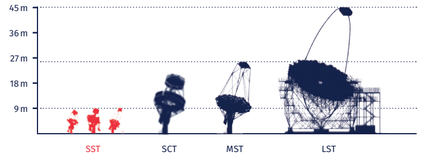
El SST-2M GCT tiene un diseño de dos espejos. La óptica es muy similar a la del SST-2M ASTRI, pero el modelo GCT privilegia un diseño de baja masa. El espejo primario de 4 m de diámetro y los espejos secundarios de 2 m de diámetro están divididos en seis segmentos dispuestos como pétalos y una protección desmontable resguardará el telescopio cuando éste no se encuentre en observación. Equipos de Alemania, Australia, Francia, Holanda, Japón y el Reino Unido están construyendo el GCT. Mientras se realizaban pruebas en Meudon, Francia, en 2015, el prototipo del GCT fue el primero de CTA en detectar luz Cherenkov.

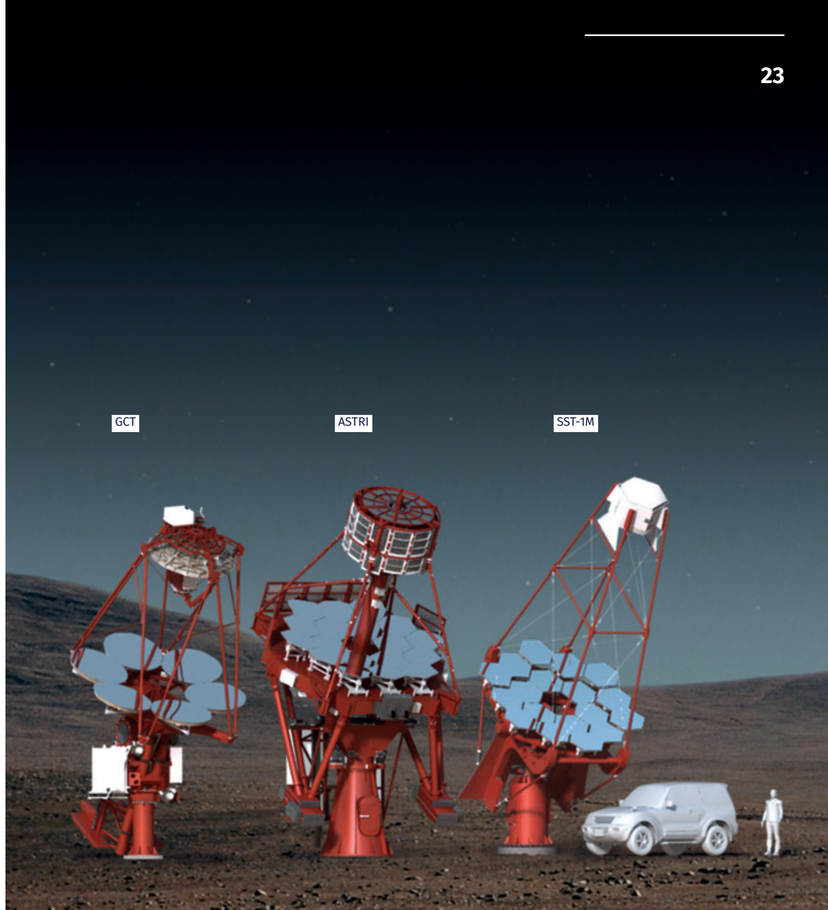
Principales parámetros del SST

Rango de energía	1-300 TeV		
Parámetros mecánicos y ópticos	**ASTRI**	**GCT**	**SST-1M**
Forma del plato	2-Espejos Schwarzschild-Couder	2-Espejos Schwarzschild-Couder	Davies-Cotton
Diámetro del plato	4,3 m	4 m	4 m
Longitud focal	2,15 m	2,28 m	5,60 m
Peso total	19 t	11 t	8,6 t
Parámetros de la cámara			
Tipo de sensores	Fotomultiplicadores de silicio	Fotomultiplicadores de silicio	Fotomultiplicadores de silicio
Número de pixeles	2.368	2.048	1.296
Campo de visión	10,5 °	8,3 °	8,8 °

(Las cifras son estimaciones.)

Proporciones





Medium-Sized Telescopes (telescopios medianos)

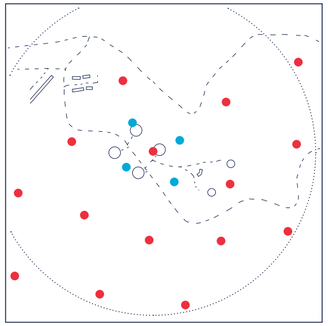
Los Medium-Sized Telescopes (MSTs, 25 en el hemisferio sur y 15 en el hemisferio norte), son los "caballos de batalla" de CTA y tienen la tarea de cubrir la zona central del rango energético de CTA. En los dos emplazamientos, los MSTs están distribuidos en torno al centro, justo alrededor de los LSTs.

Los espejos de los MSTs tendrán 11,5 m de diámetro y dos diseños de cámara distintos. El amplio campo de visión de 7,5-7,7 grados permitirá a los MSTs hacer sondeos rápidos de los rayos gamma en el cielo.

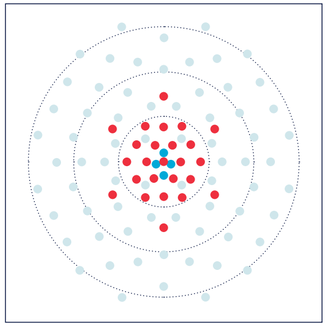
Los MSTs están siendo diseñados y construidos gracias a una colaboración internacional de institutos y universidades de Austria, Alemania, Brasil, España, Francia, Italia, Polonia y Suiza. El 2012 se desplegó en Berlín un prototipo del MST, que está actualmente siendo sometido a pruebas de desempeño.

Como un tipo alternativo de telescopio mediano, se está proponiendo una versión de dos espejos para el MST, un telescopio Schwarzschild-Couder (SCT, por sus siglas en inglés). El sistema óptico de dos espejos del SCT está diseñado para enfocar mejor la luz, obtener una imagen más detallada y mejorar la detección de fuentes débiles. Institutos de Estados Unidos han sido los pioneros del diseño SCT desde el año 2006, en colaboración con los grupos SST-2M y MST, así como con institutos de Alemania, Italia, Japón y México. Un prototipo del SCT se encuentra instalado en el Observatorio Whipple en Arizona.

Conjunto del hemisferio norte 15 MSTs



Conjunto del hemisferio sur 25 MSTs



- Small-Sized Telescope (telescopios pequeños), (SST)
- Medium-Sized Telescope (telescopios medianos), (MST)
- Large-Sized Telescope (telescopios grandes), (LST)

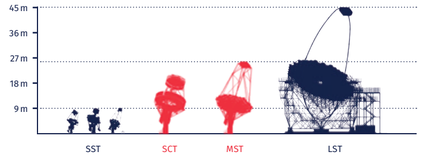
Principales parámetros del MST y SCT

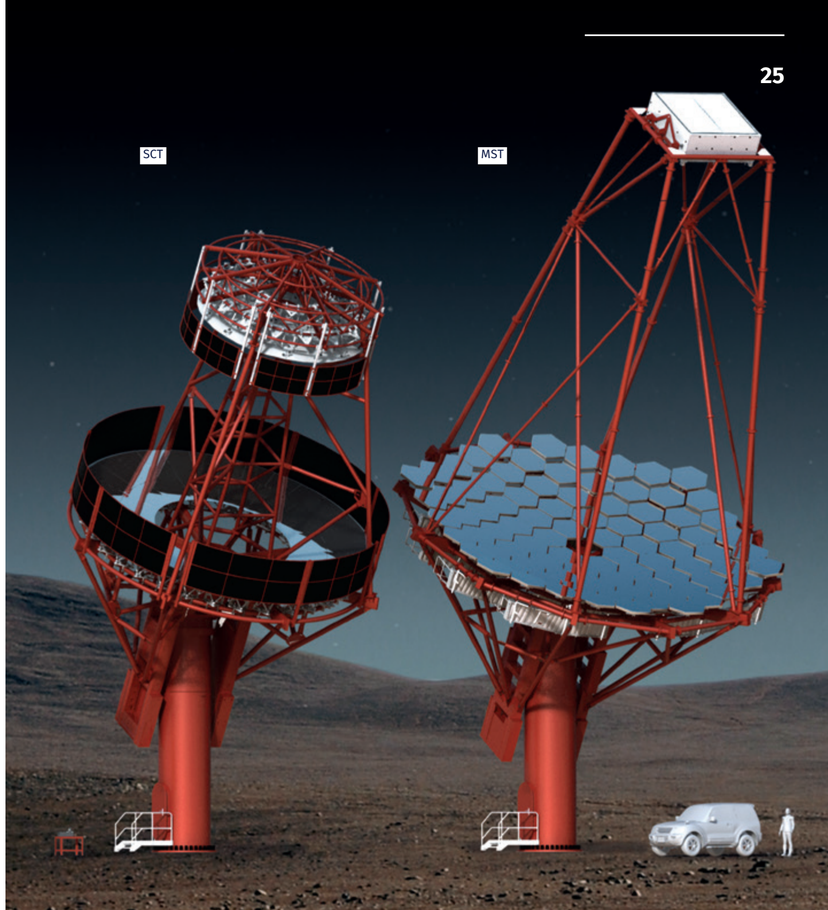
Rango de energía	80 GeV - 50 TeV	
Parámetros mecánicos y ópticos	**MST**	**SCT**
Forma del plato	Davies-Cotton Modificado	2-Espejos Schwarzschild-Couder
Diámetro del plato	11,5 m	9,7 m
Longitud focal	16 m	5,6 m
Peso total	82 t	80 t

Parámetros de la cámara	**FlashCAM**	**NectarCAM**	**Cámara de SCT**
Tipo de sensores	Tubos fotomultiplicadores	Tubos fotomultiplicadores	Fotomultiplicadores de silicio
Número de pixeles	1.764	1.855	11.328
Campo de visión	7,5 °	7,7 °	7,6 °

(Las cifras son estimaciones.)

Proporciones





Large-Sized Telescopes (telescopios grandes)

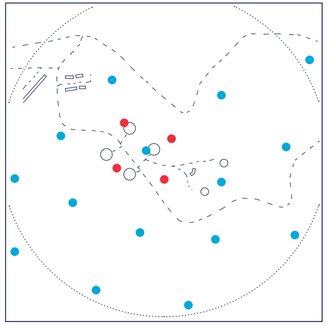
En el centro de ambos conjuntos, el del hemisferio norte y el del hemisferio sur, se encuentra un grupo de cuatro Large-Sized Telescopes (LSTs).

Con 45 m de altura y unas 100 toneladas de peso, los LSTs son los telescopios más grandes de CTA. ¿Por qué tan grandes? Porque los rayos gamma de bajas energías producen cascadas pequeñas con menor cantidad de luz Cherenkov, por lo que se requieren telescopios con espejos más grandes para capturarlos.

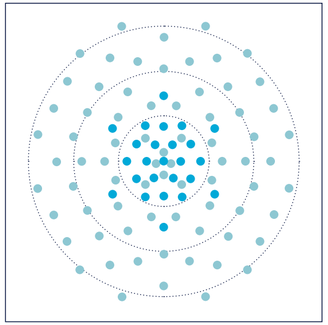
Los espejos del LST tendrán 23 m de diámetro y forma parabólica, mientras que las cámaras cubrirán un campo de 4,5 grados. Pero, las apariencias engañan, estos enormes telescopios deben ser al mismo tiempo ligeros para poder capturar las señales breves de los rayos gamma de baja energía. El plan es que los LSTs sean capaces de reapuntar hacia cualquier nuevo blanco en el cielo en un lapso de 20 segundos.

Más de 100 científicos e ingenieros de Alemania, Brasil, Croacia, España, Francia, India, Italia, Japón, Polonia y Suecia están trabajando juntos para diseñar y construir los LSTs. Un prototipo del LST se está construyendo en el emplazamiento de CTA en la isla de La Palma.

Conjunto del hemisferio norte 4 LSTs



Conjunto del hemisferio sur 4 LSTs



- Small-Sized Telescope (telescopios pequeños), (SST)
- Medium-Sized Telescope (telescopios medianos), (MST)
- Large-Sized Telescope (telescopios grandes), (LST)

Principales parámetros del LST

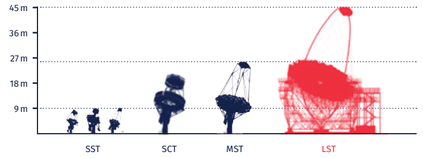
Rango de energía	20 GeV - 3 TeV

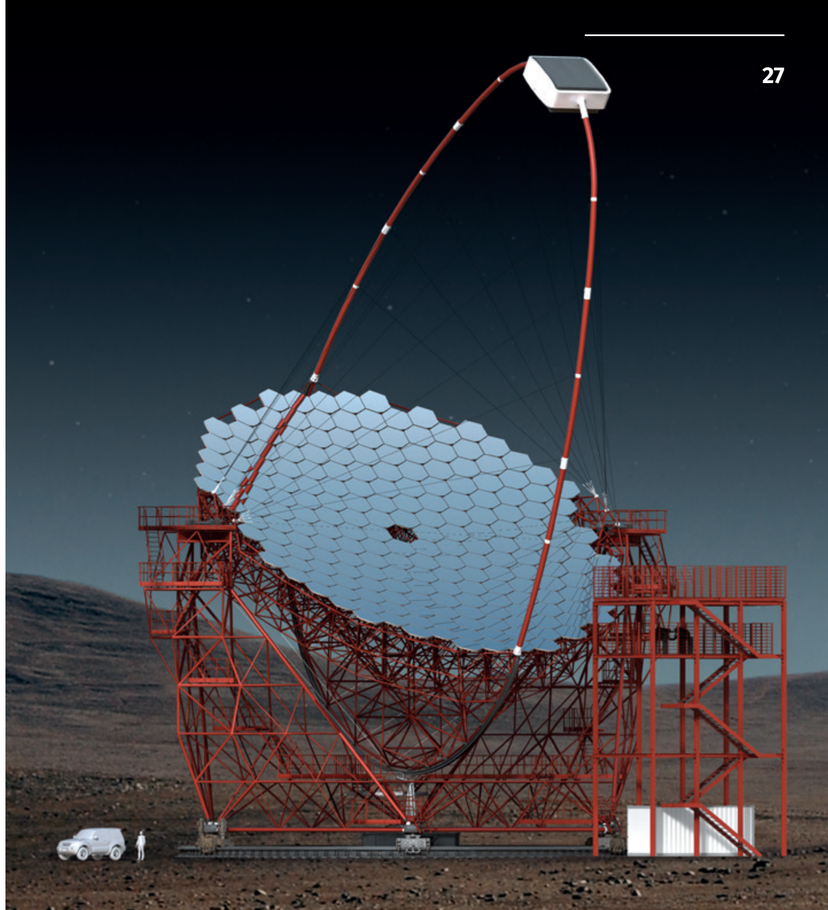
Parámetros mecánicos y ópticos	
Forma del plato	Parabólica
Diámetro del plato	23 m
Longitud focal	28 m
Peso total	103 t

Parámetros de la cámara	
Tipo de sensores	Tubos fotomultiplicadores
Número de pixeles	1.855
Campo de visión	4,3 °

(Las cifras son estimaciones.)

Proporciones





Medición de la luz con las cámaras de CTA

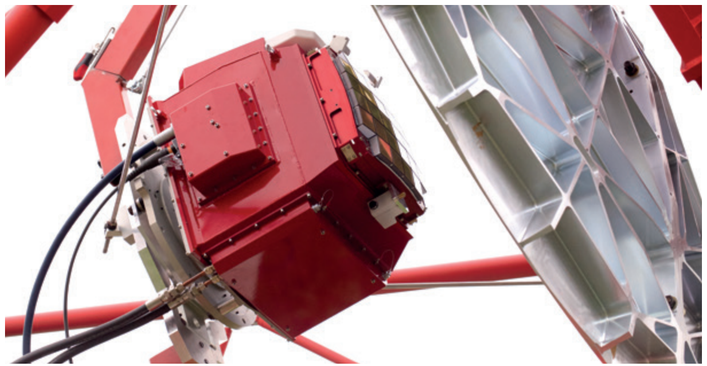
Cuando un rayo gamma produce una cascada, la débil luz Cherenkov azul-ultravioleta sólo dura milmillonésimas de segundo.

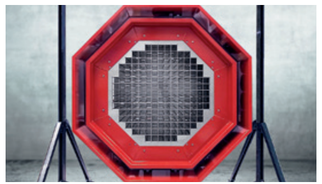
Las cámaras de CTA usarán tubos fotomultiplicadores (PMTs) y fotomultiplicadores de silicio (SiPMs) hasta un total de más de 200.000 pixeles ultra rápidos sensibles a la luz.

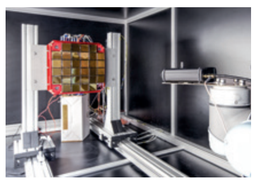
Los espejos de los telescopios de CTA tendrán la tarea de capturar el destello, pero la medición de la luz es tarea de las cámaras. Los diseños de las cámaras varían ligeramente según el tipo de telescopio, pero todas están pensadas para detectar la débil luz Cherenkov, un destello de muy corta duración.

Para detectar los breves destellos de luz producidos por los rayos cósmicos y los rayos gamma cuando golpean la atmósfera de la Tierra, las cámaras de los telescopios deben ser un millón de veces más rápidas que una cámara digital. Para conseguir esto, las cámaras emplearán digitalización de alta velocidad y una tecnología de disparo capaz de registrar mil millones de fotogramas por segundo; además, serán lo suficientemente sensibles como para resolver fotones individuales.

Dependiendo de la cámara, tubos fotomultiplicadores (PMTs, por sus siglas en inglés) o fotomultiplicadores de silicio (SiPMs, por sus siglas en inglés) convertirán la luz en una señal eléctrica que luego será digitalizada y transmitida para registrar la imagen de la cascada. Los SiPMs pueden operar con niveles elevados de luz lunar, mejorando la eficiencia de CTA para recoger la luz Cherenkov en presencia de luna. Ambos sensores serán más eficientes y avanzados que los que se usan con la actual generación de instrumentos.







Crédito de las imágenes:
Akira Okumura, CTA Collaboration

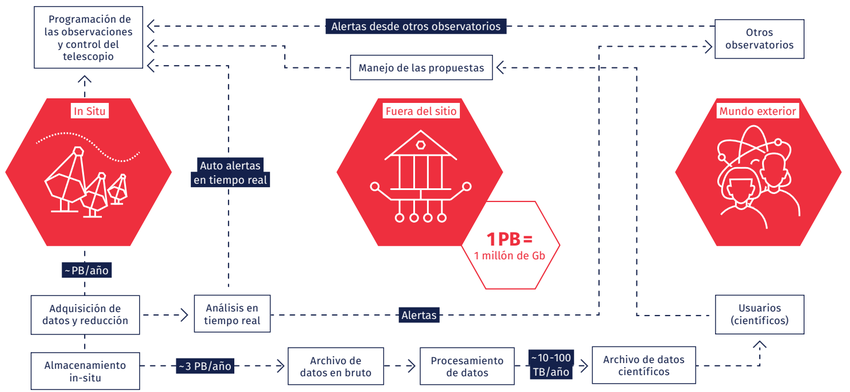
De los datos a la detección

Una vez que los telescopios registren las imágenes Cherenkov de una cascada, éstas serán limpiadas para reducir la intensidad del “ruido” antes de que la imagen sea analizada en tiempo real.

Si el análisis en tiempo real de los datos revela una señal inesperada de rayos gamma, se generarán alertas para adaptar el programa de observación de CTA y se notificará a otros observatorios. El sistema de alerta instantánea ayudará a garantizar que CTA y sus colaboradores no pasen por alto eventos cósmicos relevantes. Las imágenes procesadas serán luego transmitidas a las instalaciones informáticas centrales para ser calibradas y analizadas con más detalle antes de ser finalmente archivadas.

Las imágenes calibradas se usarán para reconstruir las propiedades de los rayos gamma individuales. Se proporcionará a los científicos usuarios del observatorio la energía y dirección de llegada de los rayos gamma, que serán utilizadas para extraer los espectros, curvas de luz e imágenes de los objetos astronómicos. El Centro de Gestión de Datos Científicos de CTA (SDMC, por sus siglas en inglés), se ubicará en el campus DESY en Zeuthen, Alemania, y coordinará el procesamiento y almacenamiento a largo plazo de los datos, además de proporcionar datos, herramientas y soporte a los científicos usuarios de la instalación.

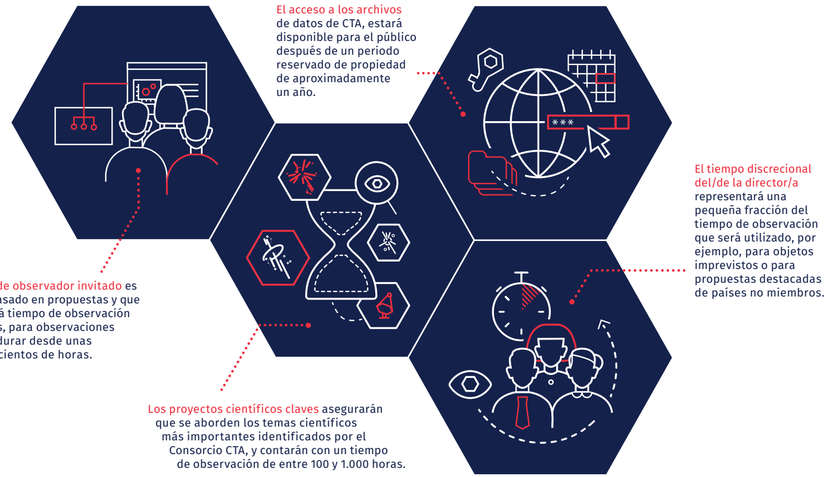
CTA es un proyecto de “big data” o datos masivos. Se espera que el Observatorio genere aproximadamente 100 petabytes (PB) en los primeros cinco años de operaciones.



Operación del observatorio

CTA será el primer observatorio terrestre de rayos gamma abierto a la comunidad astronómica mundial y a la de la física de partículas, al tratarse de una instalación dedicada a la astronomía de altas energías.

La sede de CTA, ubicada en el campus del INAF de Bolonia, Italia, será la oficina central responsable de la administración de las operaciones del observatorio. Las observaciones serán llevadas a cabo por operadores. Después, los datos serán calibrados, reducidos y finalmente puestos a disposición del investigador principal, en los formatos corrientes de datos astrofísicos y junto con las herramientas de análisis. Después del período reservado de propiedad, los datos se harán públicos a través del archivo de CTA. El tiempo de observación de CTA, así como los datos producidos, se entregarán a los usuarios siguiendo distintas modalidades:



El acceso a los archivos de datos de CTA, estará disponible para el público después de un periodo reservado de propiedad de aproximadamente un año.

El tiempo discrecional del/de la director/a representará una pequeña fracción del tiempo de observación que será utilizado, por ejemplo, para objetos imprevistos o para propuestas destacadas de países no miembros.

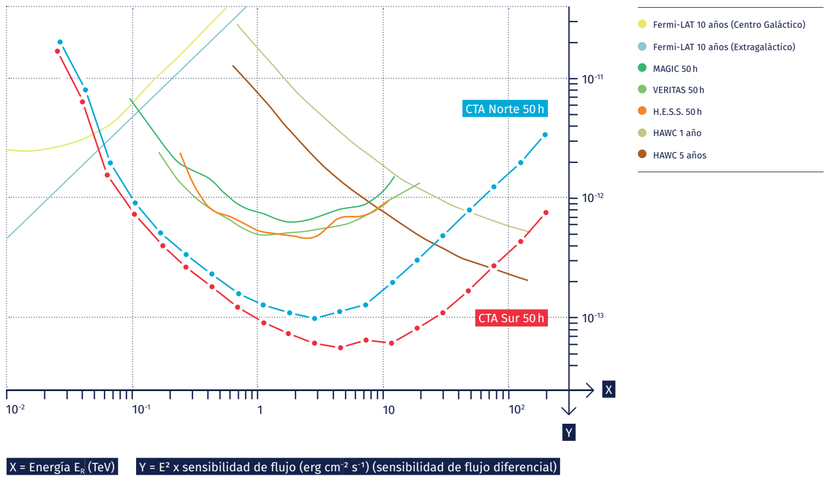
El programa de observador invitado es un sistema basado en propuestas y que proporcionará tiempo de observación a los usuarios, para observaciones que pueden durar desde unas pocas hasta cientos de horas.

Los proyectos científicos claves asegurarán que se aborden los temas científicos más importantes identificados por el Consorcio CTA, y contarán con un tiempo de observación de entre 100 y 1.000 horas.

Capacidades esperadas

Con una sensibilidad que va desde los 20 GeV a los 300 TeV, CTA va más allá de los márgenes conocidos del espectro electromagnético, por lo que se espera que nos muestre una visión totalmente nueva del cielo.

Para calcular el rendimiento esperado de CTA, se usan modelos computacionales que permiten simular la secuencia de eventos que llevan a la detección de una partícula, desde el desarrollo de la cascada de partículas en la atmósfera y la propagación de la luz Cherenkov, hasta que los espejos de los telescopios capturan y enfocan la luz, y, finalmente, el procesamiento electrónico de los datos. El resultado son las expectativas de rendimiento que incluyen una sensibilidad diez veces mejor que la de los instrumentos actuales, lo que convertirá a CTA en el instrumento más sensible a energías por encima del rango de los rayos X.



X = Energía E_R (TeV)

Y = E^2 x sensibilidad de flujo (erg cm^{-2} s^{-1}) (sensibilidad de flujo diferencial)

La figura de la izquierda compara el rendimiento estimado de CTA con el de una selección de instrumentos que existen en la actualidad para astronomía de rayos gamma. El nivel de flujo muestra cómo los conjuntos de CTA en el hemisferio norte (CTA Norte) y en el hemisferio sur (CTA Sur) serán capaces de realizar mediciones importantes en cada rango de energía independiente (cinco por década) en 50 horas de observaciones.

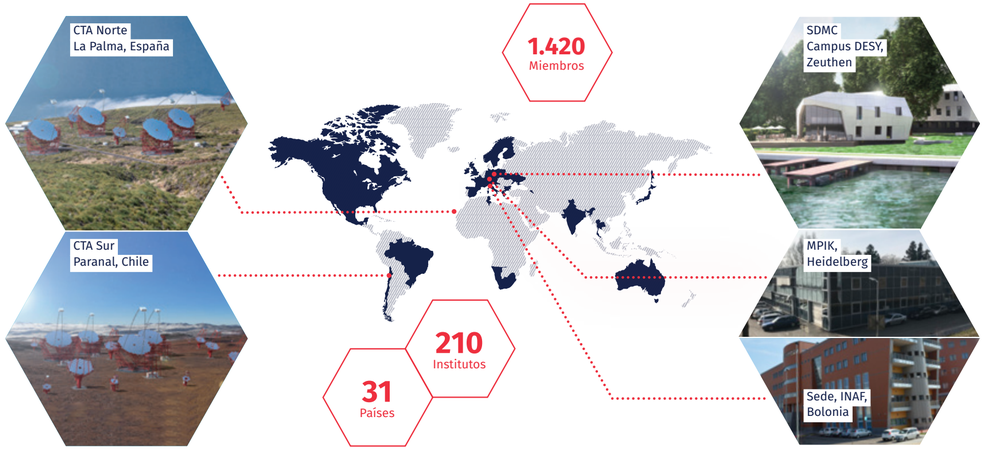
Código QR: Conozca más sobre las expectativas de rendimiento de CTA

Una colaboración global

Desde su base en Europa, hasta América, Asia, África y Australia, la colaboración CTA abarca todo el globo.

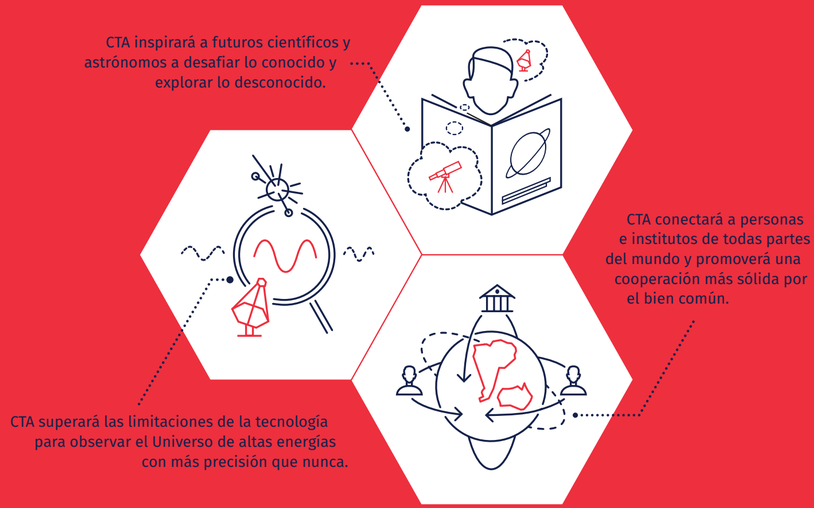
El Consorcio CTA se creó en 2008, e incluye a 1.420 miembros de 210 institutos en 31 países y continúa creciendo a medida que aumenta el entusiasmo por sus futuros descubrimientos. Los equipos de científicos e ingenieros están totalmente comprometidos con el desarrollo científico y técnico de CTA.

La sociedad CTAO GmbH y su oficina de proyecto dirigen la construcción e implementación de CTA, y está gobernada por un consorcio de accionistas y miembros asociados de 13 países (a fecha de Enero de 2018).



Para el beneficio de todos

CTA se aventurará más allá de la frontera de las altas energías, buscando expandir nuestro conocimiento del Universo para el beneficio de todos. Pero CTA es más que una herramienta científica, su valor va mucho más allá de su potencial de detección.



Construido con apoyo internacional

El éxito continuo de CTA no sería posible sin el apoyo financiero de un creciente número de agencias y organizaciones a nivel mundial. CTA recibe componentes del conjunto de telescopios como contribuciones de los miembros del Consorcio CTA, financiado por los accionistas y miembros asociados del CTAO gGmbH. Además, el proyecto y este trabajo han sido financiados por:

El séptimo programa marco de la Unión Europea ([FP7/2007-2013] [FP7/2007-2011]) en virtud del acuerdo de subvención 262053.

El programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea según el acuerdo N° 676134.

Cofinanciado por el programa marco Horizonte 2020 de la Unión Europea.

Código QR: Conozca más sobre las agencias y organizaciones de financiación de CTA
www.cta-observatory.org/about/funding-sources

Información de contacto

Cherenkov Telescope Array Observatory gGmbH
Saupfercheckweg 1
69117 Heidelberg
Germany

email info@cta-observatory.org
teléfono +49-6221-516471
sitio web www.cta-observatory.org
facebook facebook.com/ctaobservatory
twitter @CTA_Observatory

cherenkov telescope array

el observatorio para la astronomía de rayos gamma desde la Tierra