Técnicas de Investigación en la Física de Altas Energías

Yithsbey Giraldo

Departamento de Física
Universidad de Nariño

Septiembre - 2014

Contenido

1 Motivación

Contenido

1. Motivación
2. Grupo de Altas Energías
   - Integrantes

Contenido

1. Motivación
2. Grupo de Altas Energías
   - Integrantes
3. Actividades del Grupo

Contenido

1. Motivación
2. Grupo de Altas Energías
   - Integrantes
3. Actividades del Grupo
4. Misterios por Resolver en Física
   - Partículas elementales
   - La materia oscura
   - El bosón de Higgs

Contenido

1. Motivación
2. Grupo de Altas Energías
   - Integrantes
3. Actividades del Grupo
4. Misterios por Resolver en Física
   - Partículas elementales
   - La materia oscura
   - El bosón de Higgs
5. Trabajos del Grupo
   - Artículos publicados, conferencias y seminarios, proyectos de investigación, tesis y trabajos dirigidos

Contenido

1. Motivación
2. Grupo de Altas Energías
   - Integrantes
3. Actividades del Grupo
4. Misterios por Resolver en Física
   - Partículas elementales
   - La materia oscura
   - El bosón de Higgs
5. Trabajos del Grupo
   - Artículos publicados, conferencias y seminarios, proyectos de investigación, tesis y trabajos dirigidos
6. El Proceso de Investigar

Contenido

1. Motivación
2. Grupo de Altas Energías
   - Integrantes
3. Actividades del Grupo
4. Misterios por Resolver en Física
   - Partículas elementales
   - La materia oscura
   - El bosón de Higgs
5. Trabajos del Grupo
   - Artículos publicados, conferencias y seminarios, proyectos de investigación, tesis y trabajos dirigidos
6. El Proceso de Investigar
7. Herramientas Disponibles para Investigar
   - Archivos en línea
   - Sistema operativo linux
   - Linux en los laboratorios de física
   - El software ROOT para análisis estadístico
   - LaTeX: el procesador de textos científicos

Motivación

- Más que exponer una investigación de física, porque quizás los haga bostezar, más bien explico el proceso de la investigación que se hace en física, los métodos y las herramientas para hacerlo, que también puede servirles a ustedes. Espero que esto sea lo que pretenden en este taller y el enfoque del mismo.

Grupo de Altas Energías

Física de Partículas

Integrantes

- **Juan Bautista Florez Moreno:**

Integrantes

- **Juan Bautista Florez Moreno:**
  - PhD Física, Centro De Investigación y de Estudios Avanzados Del Ipn. Director del grupo.

Integrantes

- **Juan Bautista Florez Moreno:**
  - PhD Física, Centro De Investigación y de Estudios Avanzados Del Ipn. Director del grupo.
- **Yithsbey Giraldo Usuga:**

Integrantes

- **Juan Bautista Florez Moreno:**
  - PhD Física, Centro De Investigación y de Estudios Avanzados Del Ipn. Director del grupo.
- **Yithsbey Giraldo Usuga:**
  - PhD Física, Universidad de Antioquia.

Integrantes

- **Juan Bautista Florez Moreno:**
  - PhD Física, Centro De Investigación y de Estudios Avanzados Del Ipn. Director del grupo.
- **Yithsbey Giraldo Usuga:**
  - PhD Física, Universidad de Antioquia.
- **German Enrrique Ramos Zambrano:**

Integrantes

- **Juan Bautista Florez Moreno:**
  - PhD Física, Centro De Investigación y de Estudios Avanzados Del Ipn. Director del grupo.
- **Yithsbey Giraldo Usuga:**
  - PhD Física, Universidad de Antioquia.
- **German Enrrique Ramos Zambrano:**
  - PhD Física, Instituto de Física Teórica, Universidade Estadual Paulista.

Integrantes

- **Juan Bautista Florez Moreno:**
  - PhD Física, Centro De Investigación y de Estudios Avanzados Del Ipn. Director del grupo.
- **Yithsbey Giraldo Usuga:**
  - PhD Física, Universidad de Antioquia.
- **German Enrrique Ramos Zambrano:**
  - PhD Física, Instituto de Física Teórica, Universidade Estadual Paulista.
- **Alfredo Pasaje Salcedo:**

Integrantes

- **Juan Bautista Florez Moreno:**
  - PhD Física, Centro De Investigación y de Estudios Avanzados Del Ipn. Director del grupo.
- **Yithsbey Giraldo Usuga:**
  - PhD Física, Universidad de Antioquia.
- **German Enrrique Ramos Zambrano:**
  - PhD Física, Instituto de Física Teórica, Universidade Estadual Paulista.
- **Alfredo Pasaje Salcedo:**
  - PhD Física, Universidad del Valle.

Integrantes

- **Juan Bautista Florez Moreno:**
  - PhD Física, Centro De Investigación y de Estudios Avanzados Del Ipn. Director del grupo.
- **Yithsbey Giraldo Usuga:**
  - PhD Física, Universidad de Antioquia.
- **German Enrrique Ramos Zambrano:**
  - PhD Física, Instituto de Física Teórica, Universidade Estadual Paulista.
- **Alfredo Pasaje Salcedo:**
  - PhD Física, Universidad del Valle.
- **Jaime Alfredo Betancourt Minganquer:**

Integrantes

- **Juan Bautista Florez Moreno:**
  - PhD Física, Centro De Investigación y de Estudios Avanzados Del Ipn. Director del grupo.
- **Yithsbey Giraldo Usuga:**
  - PhD Física, Universidad de Antioquia.
- **German Enrrique Ramos Zambrano:**
  - PhD Física, Instituto de Física Teórica, Universidade Estadual Paulista.
- **Alfredo Pasaje Salcedo:**
  - PhD Física, Universidad del Valle.
- **Jaime Alfredo Betancourt Minganquer:**
  - Maestria/Magister Física Universidad de los Andes.

Integrantes

- **Juan Bautista Florez Moreno:**
  - PhD Física, Centro De Investigación y de Estudios Avanzados Del Ipn. Director del grupo.
- **Yithsbey Giraldo Usuga:**
  - PhD Física, Universidad de Antioquia.
- **German Enrrique Ramos Zambrano:**
  - PhD Física, Instituto de Física Teórica, Universidade Estadual Paulista.
- **Alfredo Pasaje Salcedo:**
  - PhD Física, Universidad del Valle.
- **Jaime Alfredo Betancourt Minganquer:**
  - Maestria/Magister Física Universidad de los Andes.
- **Juan Carlos Salazar Montenegro:**

Integrantes

- **Juan Bautista Florez Moreno:**
  - PhD Física, Centro De Investigación y de Estudios Avanzados Del Ipn. Director del grupo.
- **Yithsbey Giraldo Usuga:**
  - PhD Física, Universidad de Antioquia.
- **German Enrrique Ramos Zambrano:**
  - PhD Física, Instituto de Física Teórica, Universidade Estadual Paulista.
- **Alfredo Pasaje Salcedo:**
  - PhD Física, Universidad del Valle.
- **Jaime Alfredo Betancourt Minganquer:**
  - Maestria/Magister Física Universidad de los Andes.
- **Juan Carlos Salazar Montenegro:**
  - Maestria/Magister Física, Universidad de Antioquia. Aspirante a Doctor en Física Universidad de los Andes.

Integrantes

- **Juan Bautista Florez Moreno:**
  - PhD Física, Centro De Investigación y de Estudios Avanzados Del Ipn. Director del grupo.
- **Yithsbey Giraldo Usuga:**
  - PhD Física, Universidad de Antioquia.
- **German Enrrique Ramos Zambrano:**
  - PhD Física, Instituto de Física Teórica, Universidade Estadual Paulista.
- **Alfredo Pasaje Salcedo:**
  - PhD Física, Universidad del Valle.
- **Jaime Alfredo Betancourt Minganquer:**
  - Maestria/Magister Física Universidad de los Andes.
- **Juan Carlos Salazar Montenegro:**
  - Maestria/Magister Física, Universidad de Antioquia. Aspirante a Doctor en Física Universidad de los Andes.
- **Johana Alexandra Herrera Ruales:**

Integrantes

- **Juan Bautista Florez Moreno:**
  - PhD Física, Centro De Investigación y de Estudios Avanzados Del Ipn. Director del grupo.
- **Yithsbey Giraldo Usuga:**
  - PhD Física, Universidad de Antioquia.
- **German Enrrique Ramos Zambrano:**
  - PhD Física, Instituto de Física Teórica, Universidade Estadual Paulista.
- **Alfredo Pasaje Salcedo:**
  - PhD Física, Universidad del Valle.
- **Jaime Alfredo Betancourt Minganquer:**
  - Maestria/Magister Física Universidad de los Andes.
- **Juan Carlos Salazar Montenegro:**
  - Maestria/Magister Física, Universidad de Antioquia. Aspirante a Doctor en Física Universidad de los Andes.
- **Johana Alexandra Herrera Ruales:**
  - Maestria/Magister Física, Universidad de Antioquia.

Integrantes

- Además el grupo cuenta con diez estudiantes de física y una monitora.

Integrantes

- Además el grupo cuenta con diez estudiantes de física y una monitora.
- Muchos de estos estudiantes luego hacen sus estudios de posgrado en Universidades del Brasil, Argentina, México, hacen pasantías en Estados Unidos, y otros estudian en Colombia: en Bogotá y Medellín.

Integrantes

- Además el grupo cuenta con diez estudiantes de física y una monitora.
- Muchos de estos estudiantes luego hacen sus estudios de posgrado en Universidades del Brasil, Argentina, México, hacen pasantías en Estados Unidos, y otros estudian en Colombia: en Bogotá y Medellín.
- El departamento de Física ofrece el servicio de que los estudiantes puedan presentar el examen de admisión aquí en Pasto, a varias de estas Universidades.

Integrantes

- Además el grupo cuenta con diez estudiantes de física y una monitora.
- Muchos de estos estudiantes luego hacen sus estudios de posgrado en Universidades del Brasil, Argentina, México, hacen pasantías en Estados Unidos, y otros estudian en Colombia: en Bogotá y Medellín.
- El departamento de Física ofrece el servicio de que los estudiantes puedan presentar el examen de admisión aquí en Pasto, a varias de estas Universidades.
- El grupo cuenta con un profesor investigador externo del Brasil:

Integrantes

- Además el grupo cuenta con diez estudiantes de física y una monitora.
- Muchos de estos estudiantes luego hacen sus estudios de posgrado en Universidades del Brasil, Argentina, México, hacen pasantías en Estados Unidos, y otros estudian en Colombia: en Bogotá y Medellín.
- El departamento de Física ofrece el servicio de que los estudiantes puedan presentar el examen de admisión aquí en Pasto, a varias de estas Universidades.
- El grupo cuenta con un profesor investigador externo del Brasil:
- **Bruto Max Pimentel Escobar:**

Integrantes

- Además el grupo cuenta con diez estudiantes de física y una monitora.
- Muchos de estos estudiantes luego hacen sus estudios de posgrado en Universidades del Brasil, Argentina, México, hacen pasantías en Estados Unidos, y otros estudian en Colombia: en Bogotá y Medellín.
- El departamento de Física ofrece el servicio de que los estudiantes puedan presentar el examen de admisión aquí en Pasto, a varias de estas Universidades.
- El grupo cuenta con un profesor investigador externo del Brasil:
- **Bruto Max Pimentel Escobar:**
  - Postdoctorado Princeton University Física.

Integrantes

- Además el grupo cuenta con diez estudiantes de física y una monitora.
- Muchos de estos estudiantes luego hacen sus estudios de posgrado en Universidades del Brasil, Argentina, México, hacen pasantías en Estados Unidos, y otros estudian en Colombia: en Bogotá y Medellín.
- El departamento de Física ofrece el servicio de que los estudiantes puedan presentar el examen de admisión aquí en Pasto, a varias de estas Universidades.
- El grupo cuenta con un profesor investigador externo del Brasil:
- **Bruto Max Pimentel Escobar:**
  - Postdoctorado Princeton University Física.
  - Doctorado Instituto De Física Teórica Física (IFT).

En Categoría A

El grupo de Altas Energías se encuentra en categoría A de Colciencias:

CONVOCATORIA NACIONAL PARA EL RECONOCIMIENTO Y MEDICIÓN DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO Y/O INNOVACIÓN Y PARA EL RECONOCIMIENTO DE INVESTIGADORES DEL SISTEMA NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN. 2013

RECONOCIMIENTO Y MEDICIÓN DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO Y/O INNOVACIÓN

Publicación de resultados preliminares de la Convocatoria 640 de 2013

Bogotá D.C., Marzo 12 de 2014

Acorde con los términos de referencia de la "*Convocatoria Nacional para el Reconocimiento y Medición de Grupos de Investigación, Desarrollo Tecnológico y/o Innovación y para el Reconocimiento de Investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. 2013*", se presentan a continuación los resultados preliminares.

El proceso de revisión y análisis de la información registrada en la Plataforma ScienTI- Colombia en los aplicativos *CvLAC* (currículos) y *GrupLAC* (grupos de investigación) se realizó teniendo en cuenta la información de la ventana de observación definida en los términos de referencia de la Convocatoria 640 de 2013.

Los criterios dispuestos para la definición de Grupo de investigación, Desarrollo Tecnológico y/o Innovación[1] se corrieron solo para los registros *GrupLAC* avalados por las instituciones. De los **14.760** registros, sólo **8.993** contaron con aval institucional.

De los registros avalados, solamente **4.219** fueron *reconocidos* como Grupo de Investigación, Desarrollo Tecnológico y /o Innovación [acorde con los ocho (8) criterios de cumplimiento señalados en la página 24, numeral 2.1.1[1]].

[1] Documento del Modelo de Medición de Grupos de Investigación, Desarrollo Tecnológico y/o De Innovación, Año 2013 Versión II, 10 de Diciembre de 2013, Página 24. http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/documents/documento_modelo_de_medicion_grupos_2013-version_ii_definitiva_dic_10_2013__protected.pdf

ectangle around the text/graphics to copy.

CÓDIGO DEL GRUPO	NOMBRE DEL GRUPO	LÍDER DEL GRUPO	INSTITUCIONES QUE LO AVALAN	GRUPO RECONOCIDO	GRUPO INSCRITO PARA MEDICIÓN	CLASIFICACIÓN DE GRUPO
COL0007598	GRUPO QUÍMICO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO AMBIENTAL	PEDRO NEL MARTÍNEZ YEPES	UNIVERSIDAD DEL QUINDIO - UNIQUINDIO	√	SÍ	B
COL0007604	GRUPO REGIONAL DE INVESTIGACIÓN EN ECONOMÍA Y CULTURA DEL CARIBE COLOMBIANO	ANTONIO HERNANDEZ GAMARRA	CORPORACIÓN OBSERVATORIO DEL CARIBE COLOMBIANO	√	SÍ	D
COL0007622	GRUPO EN RELACIONES INTERNACIONALES - IEPRI	DIANA MARCELA ROJAS RIVERA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	√	SÍ	C
COL0007631	GRUPO REPRODUCCIÓN	ANGELA PATRICIA CADAVID JARAMILLO	UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA - UDEA	√	SÍ	B
COL0007649	GRUPO SALUD OCUPACIONAL - ESCUELA DE SALUD PÚBLICA - UNIVERSIDAD DEL VALLE	CARLOS ALFONSO OSORIO TORRES	UNIVERSIDAD DEL VALLE - UNIVALLE	√	SÍ	C
COL0007669	GRUPO DE AGROQUÍMICA	ISABEL DEL SOCORRO BRAVO REALPE	UNIVERSIDAD DEL CAUCA - UNICAUCA	√	SÍ	B
COL0007678	GRUPO DE ALTAS ENERGÍAS.	JUAN BAUTISTA FLOREZ MORENO	UNIVERSIDAD DE NARIÑO	√	SÍ	A
COL0007687	GRUPO DE ANTROPOLOGÍA SOCIAL	JUANA CAMACHO SEGURA	INSTITUTO COLOMBIANO DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA - ICANH	√	SÍ	C
COL0007696	GRUPO DE ANÁLISIS ECONÓMICO - GRANECO	DANN PAYARES AYOLA	UNIVERSIDAD DEL NORTE - UNINORTE	√	SÍ	B
COL0007702	GRUPO DE ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL Y MANEJO DE FENÓMENOS FITOSANITARIOS	JAIRO ANTONIO OSORIO CARDONA	CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA - CORPOICA	√	NO	
COL0007711	GRUPO DE ARQUEOLOGÍA	CARL HENRIK LANGEBAEK RUEDA	UNIVERSIDAD DE LOS ANDES - UNIANDES	√	SÍ	A1
COL0007729	ARQUEOLOGÍA Y AMBIENTE	GERMÁN ALBERTO PEÑA LEÓN	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	√	SÍ	C
COL0007739	GRUPO DE AUTOMATIZACION Y CONTROL.	ALDO PARDO GARCIA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA - UDP	√	SÍ	B
COL0007749	GRUPO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL Y CONTROL - GAICO	JOSÉ LUIS VILLA RAMIREZ	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR	√	SÍ	B
COL0007758	GRUPO DE AUTOMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL GAUNAL	JAIRO JOSÉ ESPINOSA OVIEDO	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	√	SÍ	A1
COL0007767	GRUPO DE AUTOMÁTICA Y DISEÑO A+D	RAFAEL ESTEBAN VÁSQUEZ MONCAYO	UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - SEDE MEDELLÍN	√	SÍ	A1
COL0007776	GRUPO DE AUTOMÁTICA Y ROBÓTICA	EUGENIO TAMURA MORIMITSU	PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA - PUJ - SEDE	√	SÍ	B

Actividades del Grupo

- El grupo investiga en el área de la física teórica de partículas elementales; específicamente en la fenomenología de la física de partículas, lo cual consiste en la aplicación de la teoría a los experimentos de física de partículas a altas energías.

Actividades del Grupo

- El grupo investiga en el área de la física teórica de partículas elementales; específicamente en la fenomenología de la física de partículas, lo cual consiste en la aplicación de la teoría a los experimentos de física de partículas a altas energías.
  - Constituimos un puente entre el campo matemático abstracto propio de la física teórica y la física experimental de partículas.

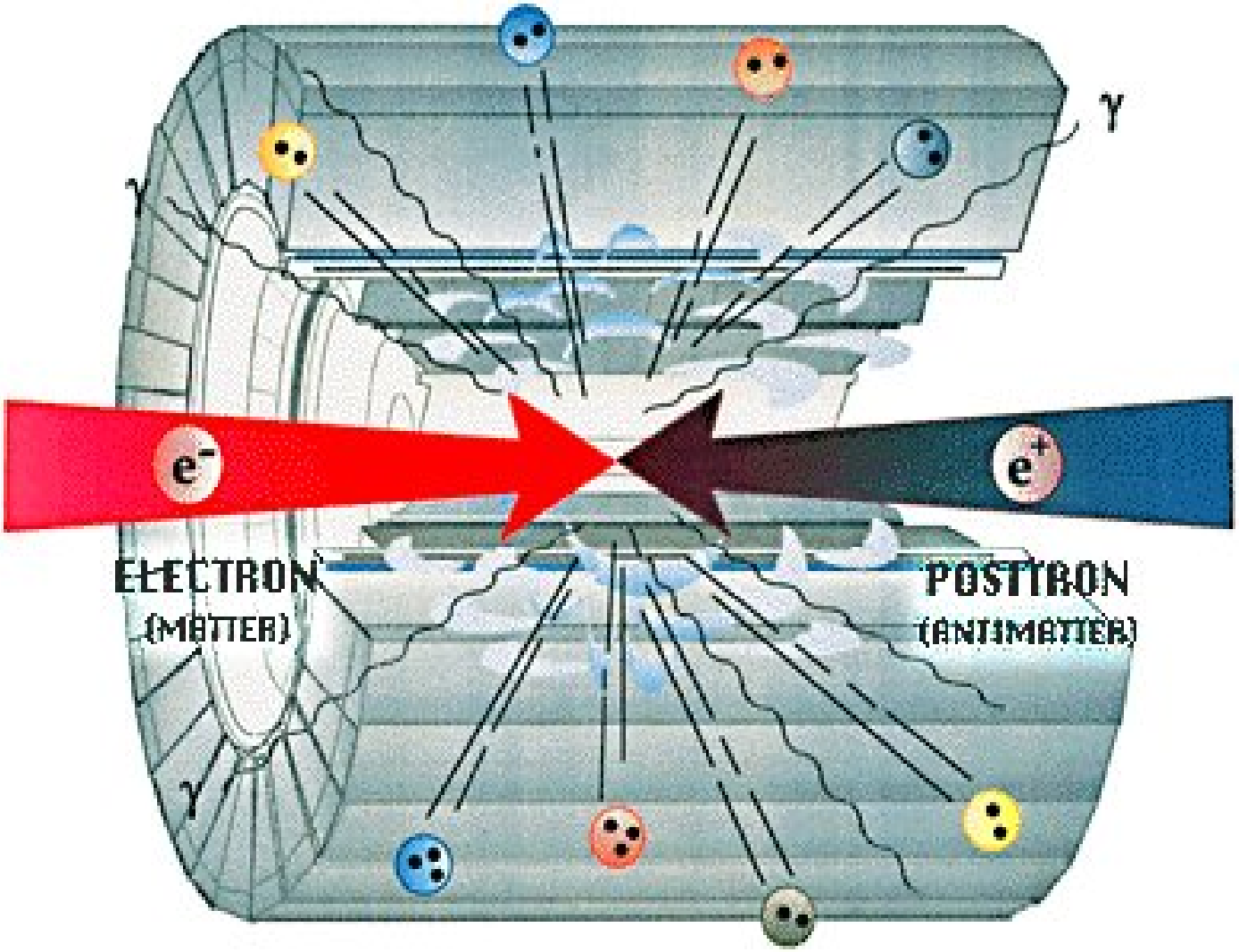
Actividades del Grupo

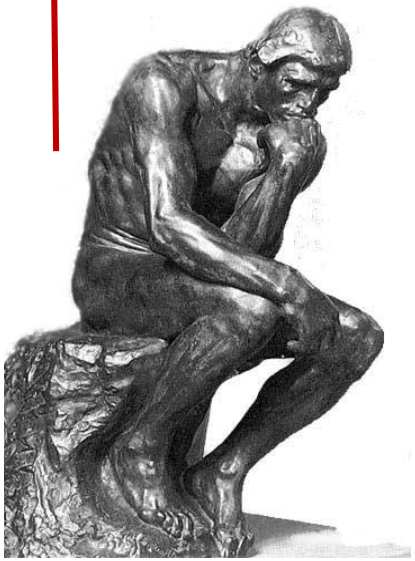
- El grupo investiga en el área de la física teórica de partículas elementales; específicamente en la fenomenología de la física de partículas, lo cual consiste en la aplicación de la teoría a los experimentos de física de partículas a altas energías.
  - Constituimos un puente entre el campo matemático abstracto propio de la física teórica y la física experimental de partículas.
- Nuestra tarea es descifrar de qué está hecha la materia y cómo ésta interacciona para formar el universo.

Actividades del Grupo

- El grupo investiga en el área de la física teórica de partículas elementales; específicamente en la fenomenología de la física de partículas, lo cual consiste en la aplicación de la teoría a los experimentos de física de partículas a altas energías.
  - Constituimos un puente entre el campo matemático abstracto propio de la física teórica y la física experimental de partículas.
- Nuestra tarea es descifrar de qué está hecha la materia y cómo ésta interacciona para formar el universo.
  - Para ello tomemos por ejemplo el caso de "ladrillos" que queremos saber de qué están hechos y cómo están unidos sus constituyentes básicos. Los impactamos contra otros cuerpos para que en su desintegración podamos ver su interior.

Actividades del Grupo





¿Qué es la Física de Partículas?

Es el campo de la Física que estudia

las partículas más pequeñas de la materia **en el Universo**

y las relaciones entre ellas.

estas partículas, no compuestas, se llaman **elementales**

Universo:
mundo **subnuclear** (microscópico) y cosmológico (macroscópico)

Cómo interaccionan entre sí

Simbiosis física de partículas teórica y experimental

- aportar los datos experimentales
- interpretar en el marco de modelos propuestos

➔ encajar las piezas del puzzle de la materia y sus interacciones

Bosón de Higgs en LHC del CERN

Actividades del Grupo

- El problema es que en el caso de la materia, los constituyentes fundamentales son tan pequeños que es imposible una observación directa de ellos. Y son tan "duros" que las energías necesarias para "romperlos" son cientos de millones de veces superiores a las observadas en nuestra vida cotidiana.

Actividades del Grupo

- El problema es que en el caso de la materia, los constituyentes fundamentales son tan pequeños que es imposible una observación directa de ellos. Y son tan "duros" que las energías necesarias para "romperlos" son cientos de millones de veces superiores a las observadas en nuestra vida cotidiana.
  - De esta manera, superando todos los obstáculos técnicos y teóricos, se han descubierto una gran cantidad de partículas elementales y compuestas, y se ha entendido aún más sus interacciones, pero... aún queda mucho por responder.

Misterios de la Física por Descubrir y Entender

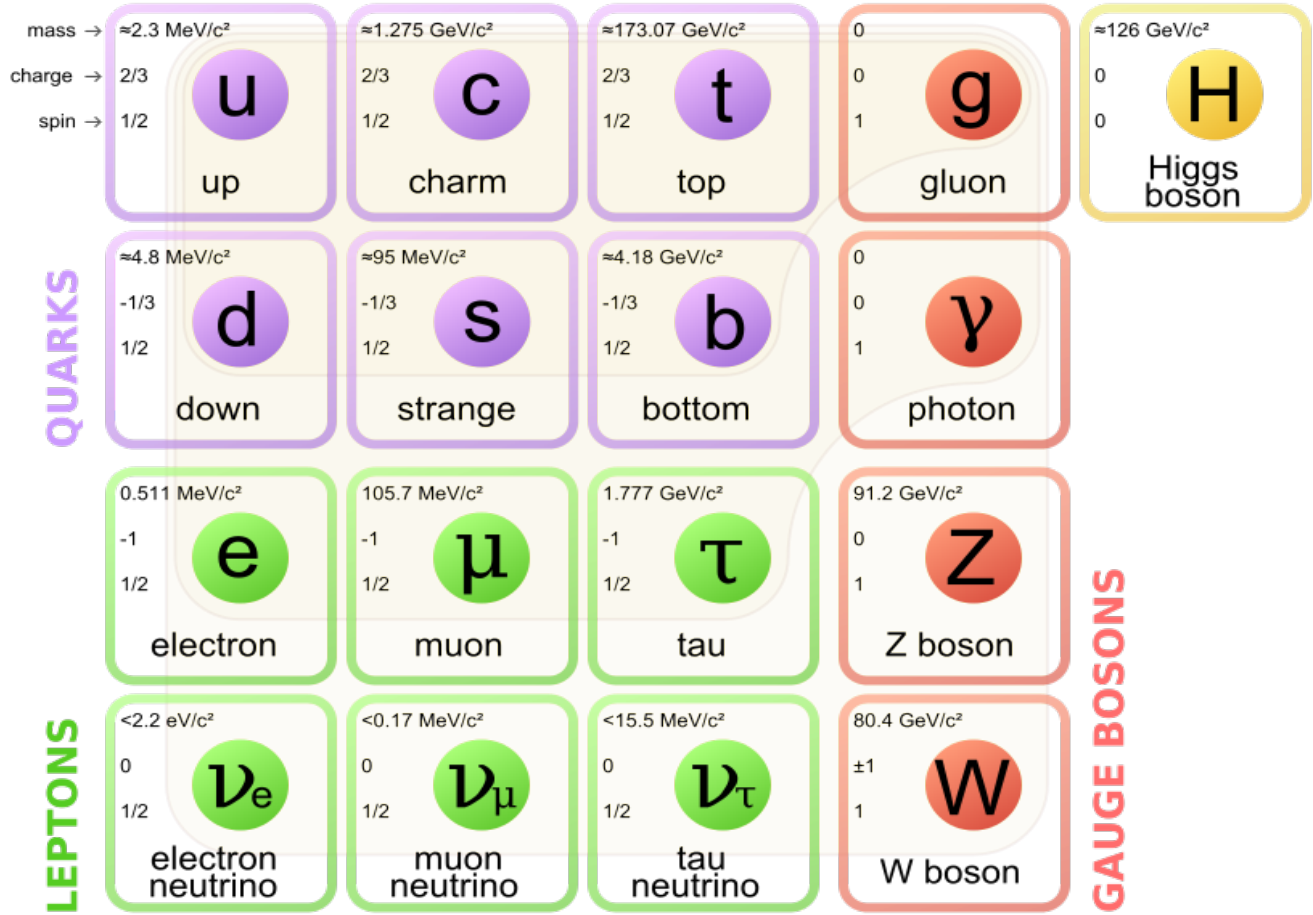
Partículas Elementales

- El modelo estándar es el modelo matemático que mejor tenemos hasta el momento para explicar las partículas elementales y sus interacciones.

Misterios de la Física por Descubrir y Entender

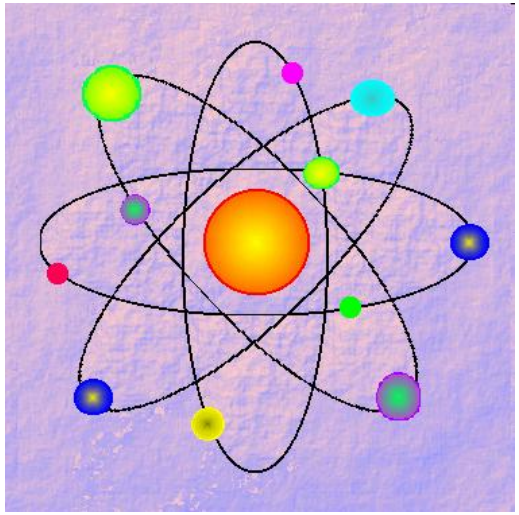
Partículas Elementales

- El modelo estándar es el modelo matemático que mejor tenemos hasta el momento para explicar las partículas elementales y sus interacciones.



Partículas elementales de materia

Atomo



Estructura Atómica
p, n, e-

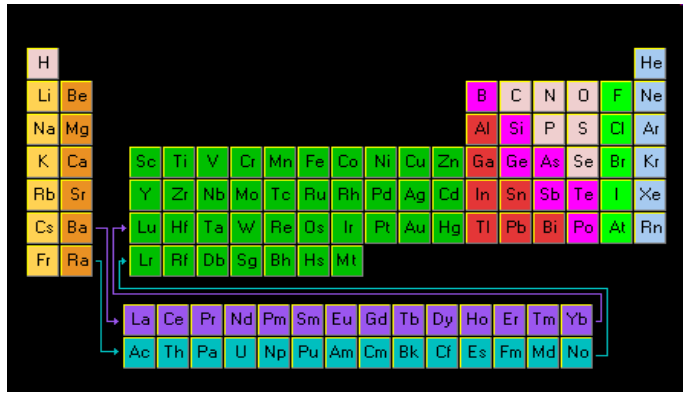
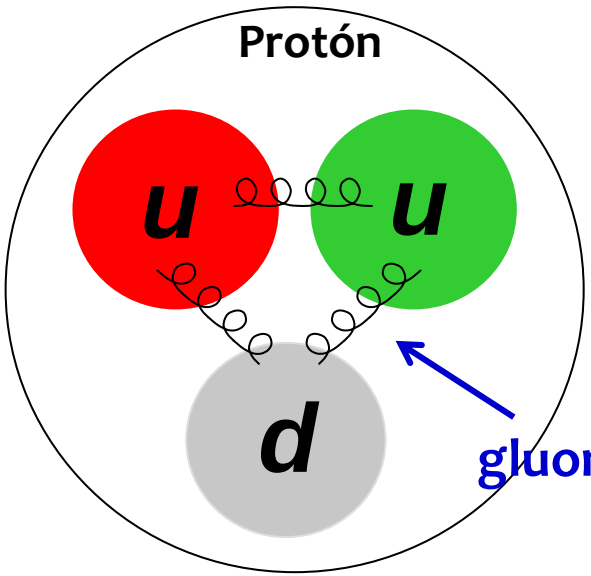
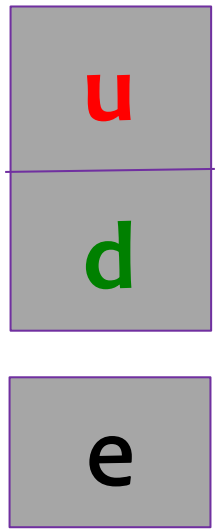


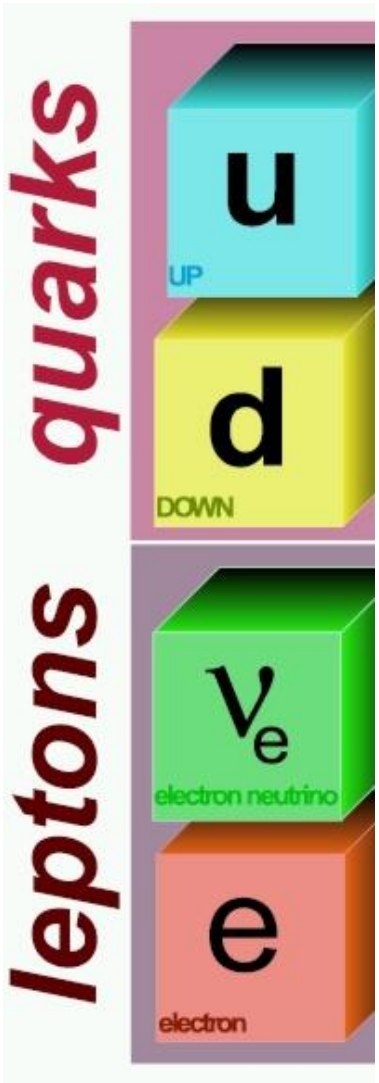
Tabla Periódica



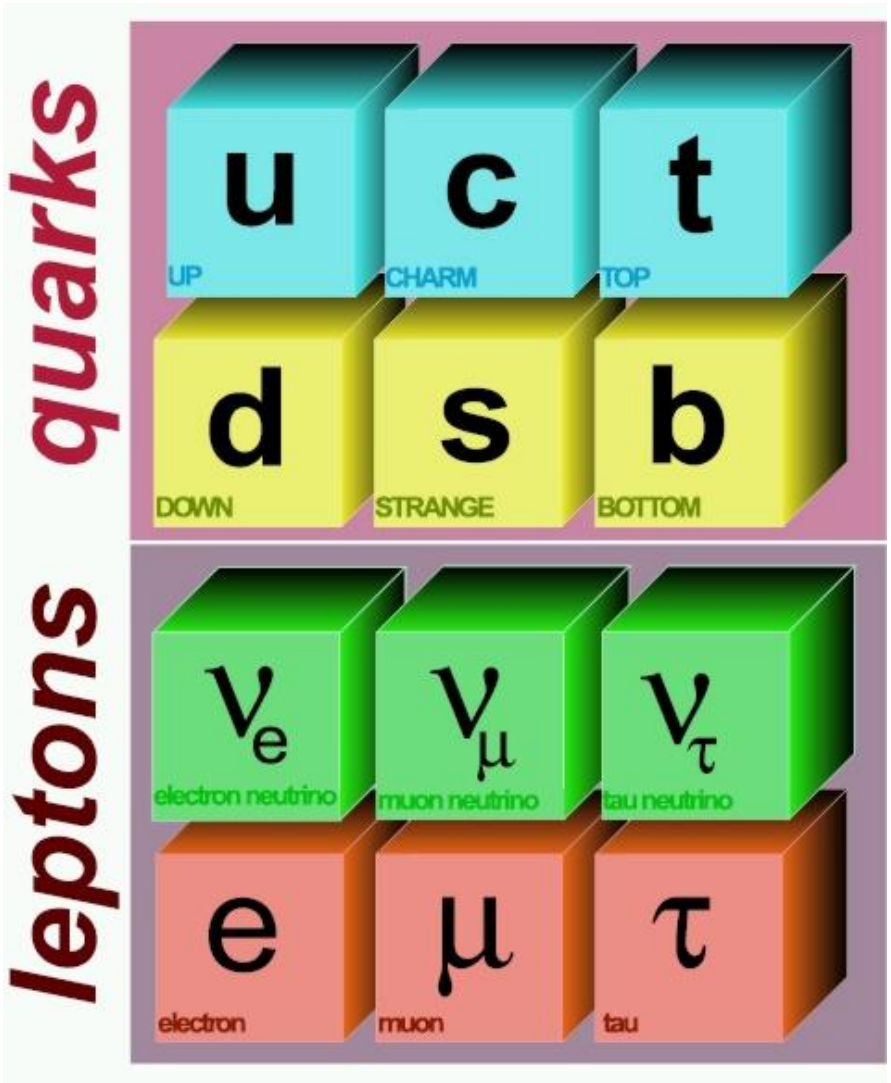
Estructura protón
u, d (quarks)



Partículas elementales de materia



Partículas Elementales de Materia



- Toda la materia está formada a partir de estas 12 partículas.
  protón: (uud)
  neutrón: (udd)

- Existen también las correspondientes antipartículas (igual masa pero números cuanticos de signo distinto)

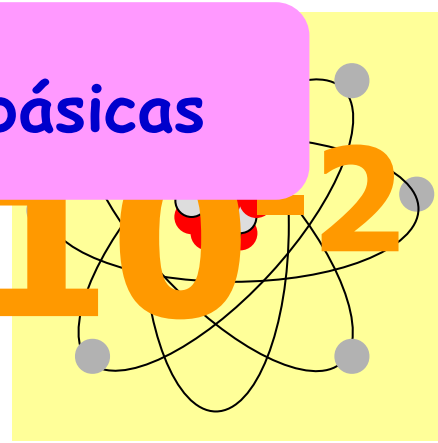
- Todas las partículas de materia son Fermiones . Tienen spin semientero (1/2, 3/2, …)

Interacciones fundamentales

4 interacciones básicas

10^{40}

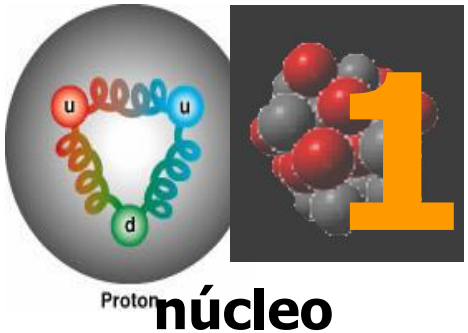
Fuerza gravitatoria



10^{-2}

átomo

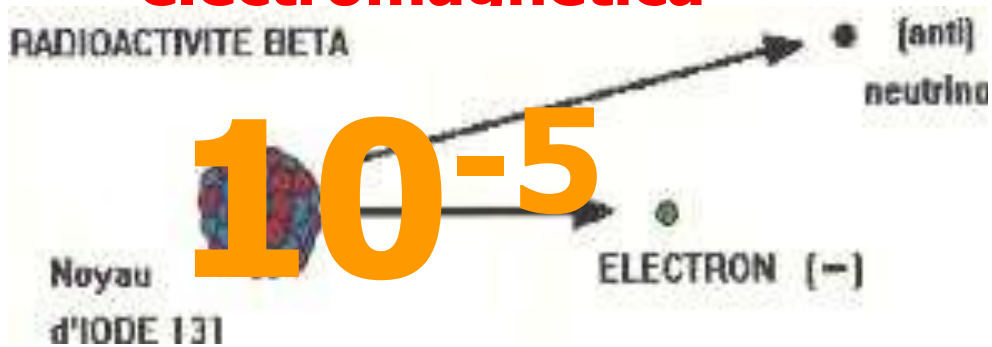
Fuerza electromagnética



1

núcleo

Fuerza fuerte



10^{-5}

$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$

Fuerza débil $d \rightarrow u + e^- + \bar{\nu}_e$

Misterios de la Física por Descubrir y Entender

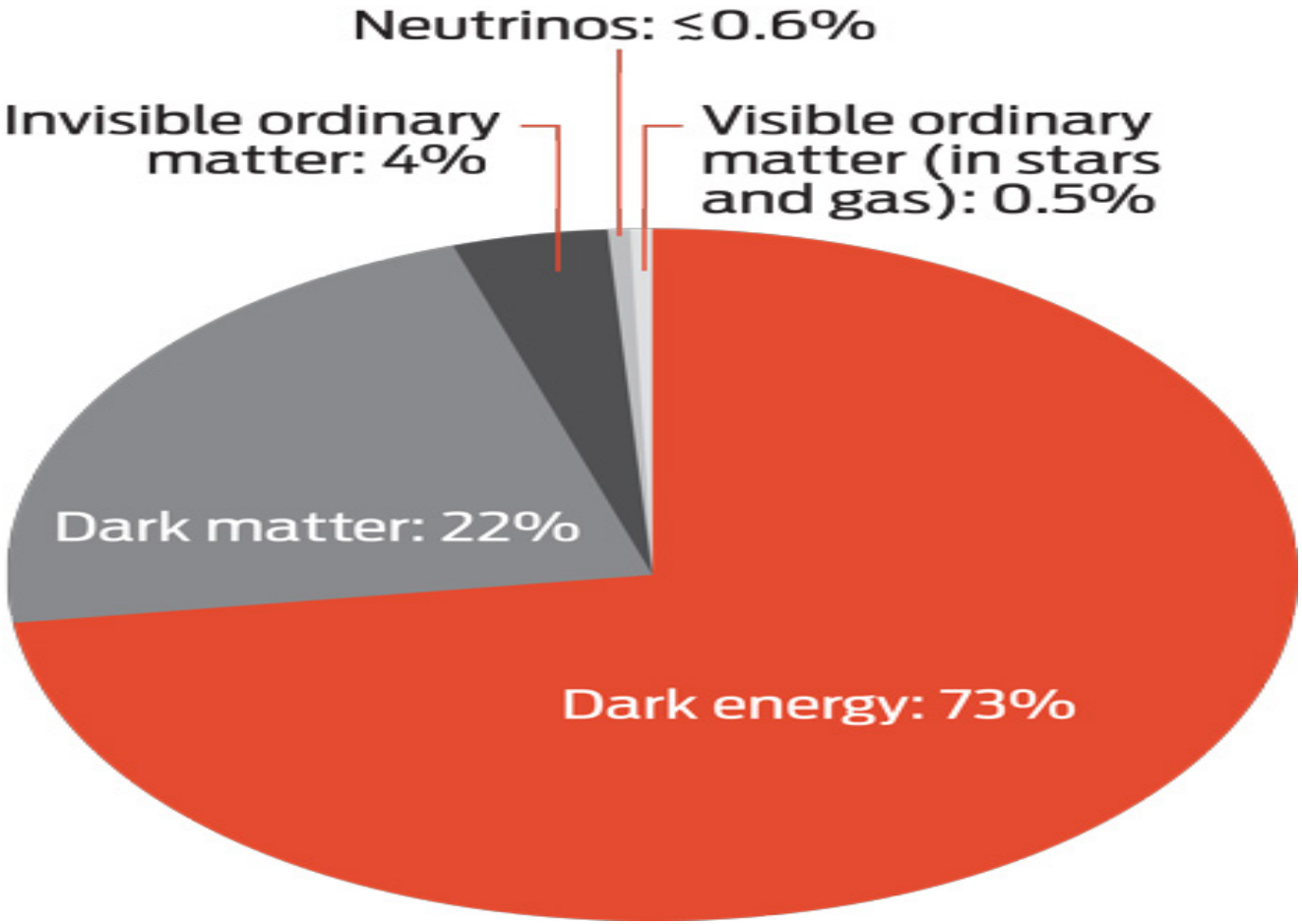
Materia Oscura

- Una forma nueva extraña de materia, denominda "materia oscura", llena el universo, y es aproximadamente cinco veces mas abundante que la materia ordinaria.

Misterios de la Física por Descubrir y Entender

Materia Oscura

- Una forma nueva extraña de materia, denominda "materia oscura", llena el universo, y es aproximadamente cinco veces mas abundante que la materia ordinaria.



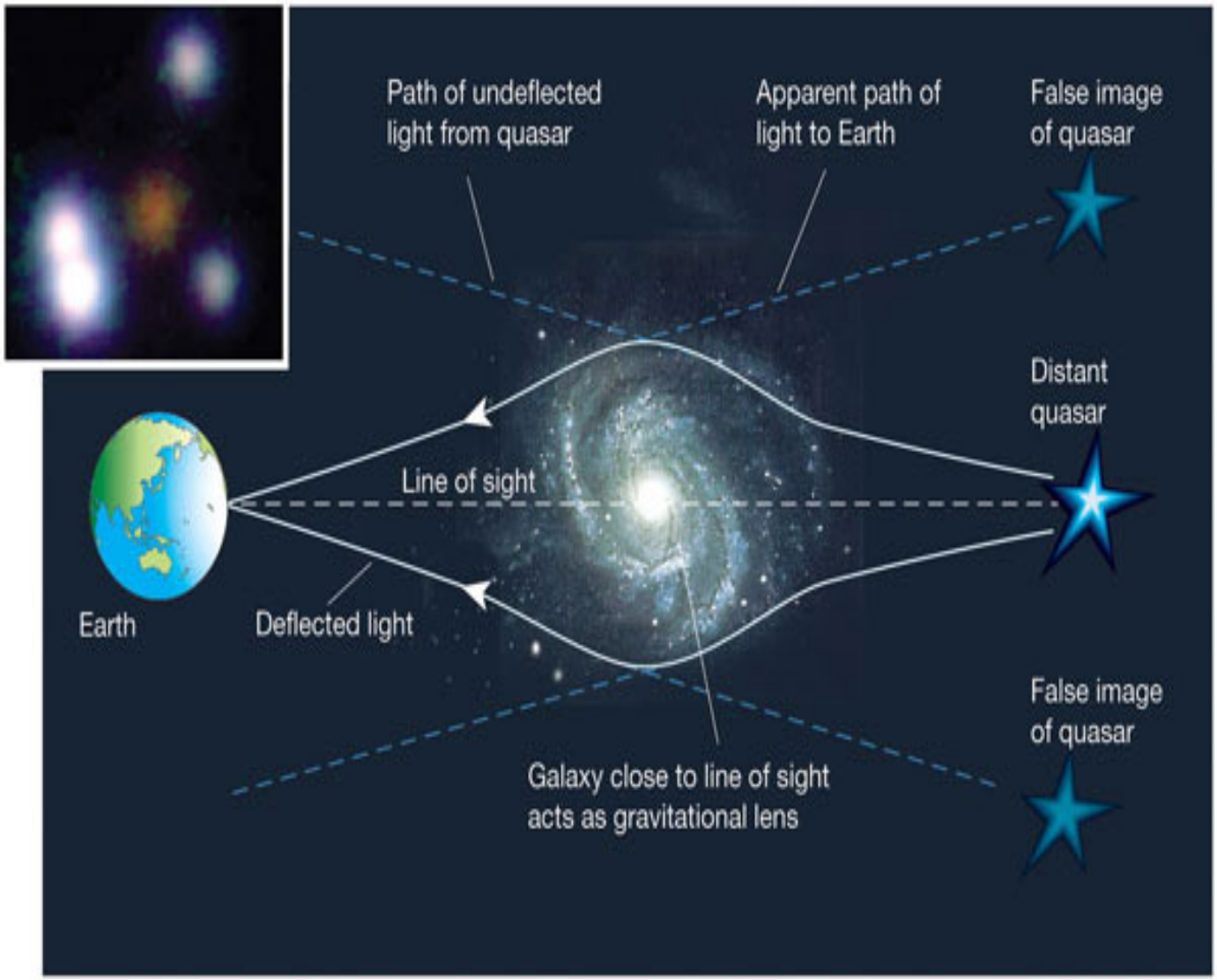
Misterios de la Física por Descubrir y Entender

Materia Oscura

- Aunque este material no se ha detectado en el laboratorio, hay muchas evidencias que apuntan a su existencia.

Misterios de la Física por Descubrir y Entender

Materia Oscura

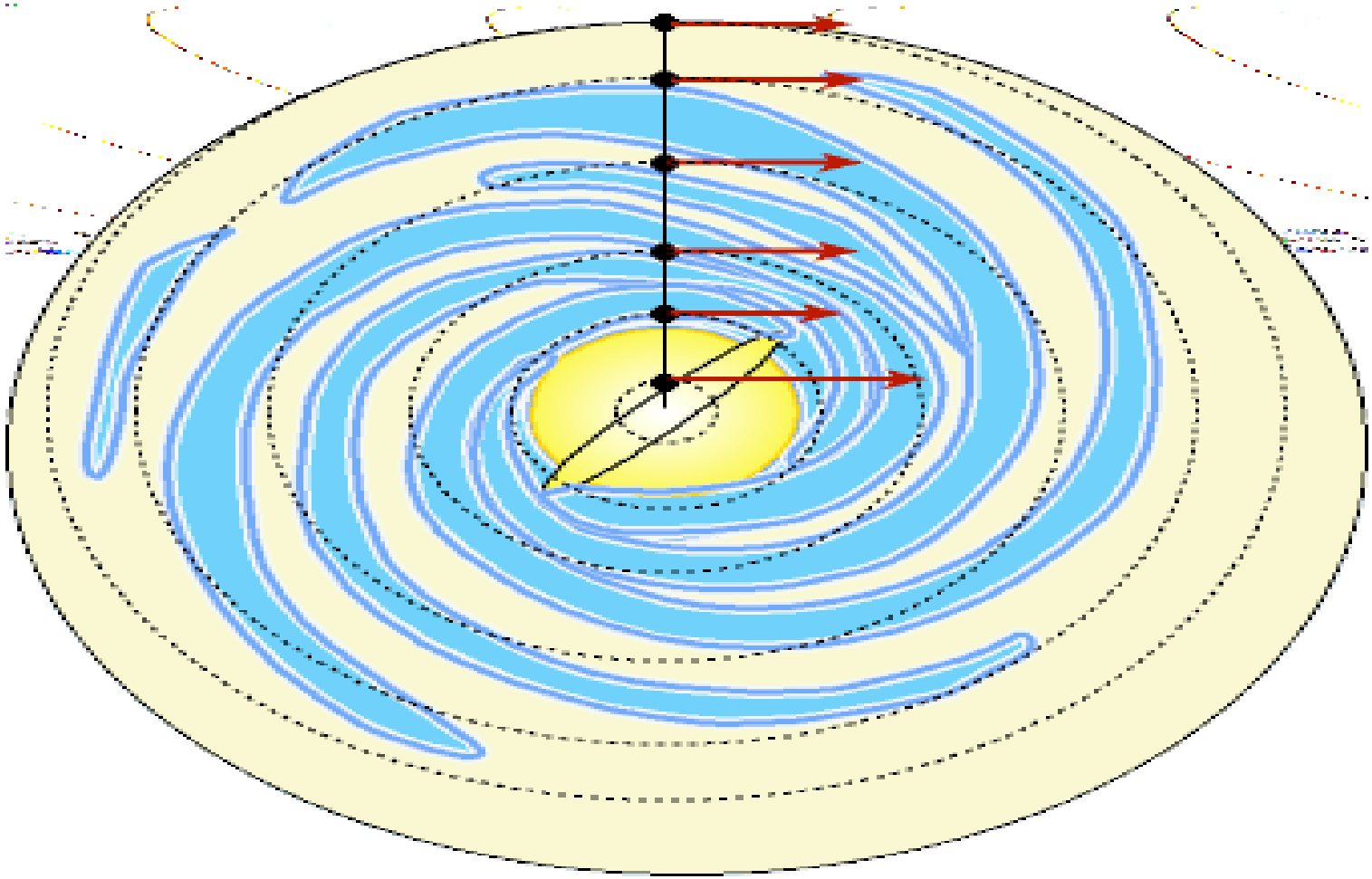


Misterios de la Física por Descubrir y Entender

Materia Oscura

Misterios de la Física por Descubrir y Entender

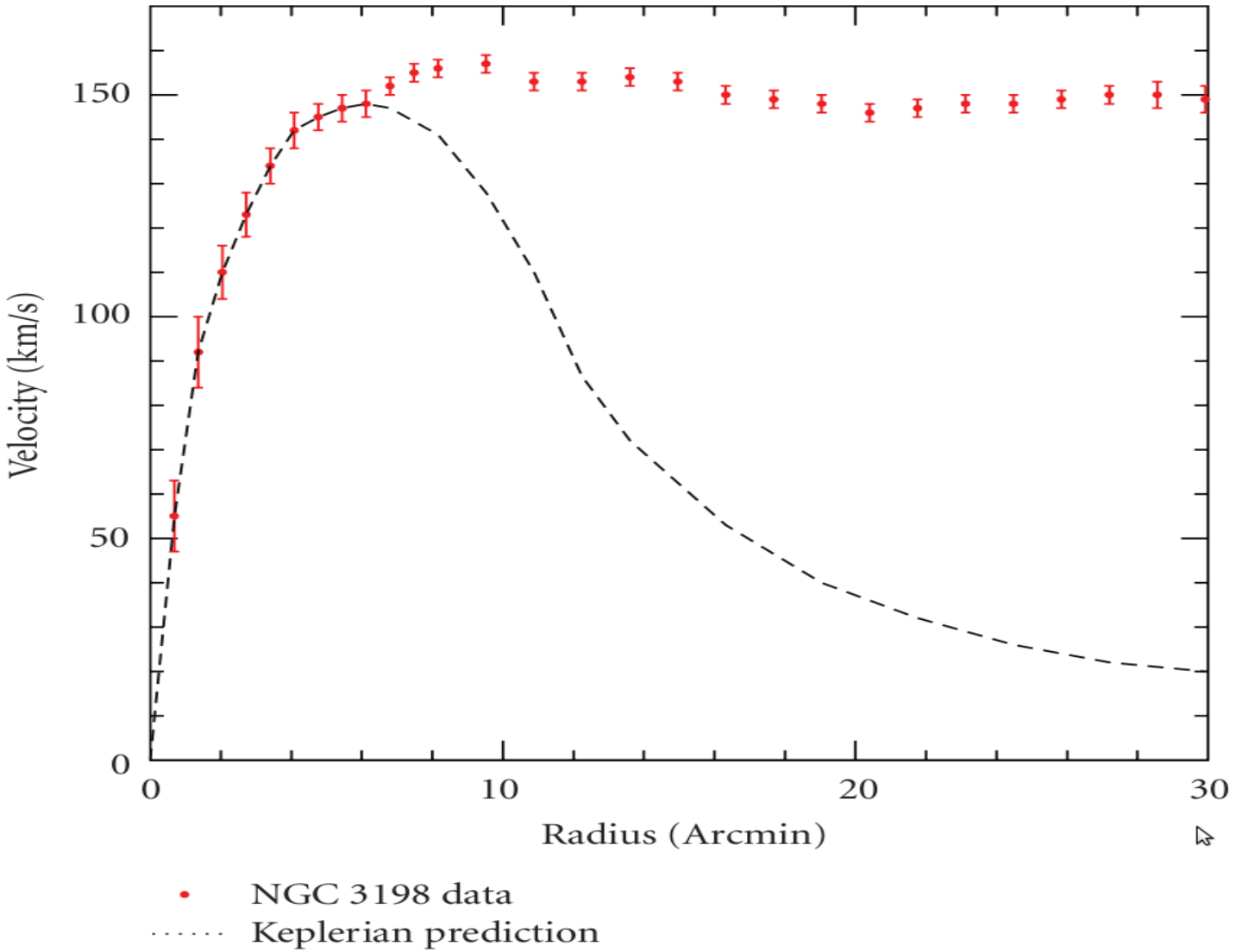
Materia Oscura



The mass inside an orbit can be found using the size of the orbit and the orbital speed. The arrows show the speeds for certain points on the **rotation curve** for this galaxy.

Misterios de la Física por Descubrir y Entender

Materia Oscura



Misterios de la Física por Descubrir y Entender

Materia Oscura

- Una forma nueva extraña de materia, denominda “materia oscura”, llena el universo, y es aproximadamente cinco veces mas abundante que la materia ordinaria.

Misterios de la Física por Descubrir y Entender

Materia Oscura

- Una forma nueva extraña de materia, denominda “materia oscura”, llena el universo, y es aproximadamente cinco veces mas abundante que la materia ordinaria.
- Casi el 80 % de la materia gravitatoria del Universo no es luminosa, y su naturaleza y distribución es en su mayor parte desconocido.

Misterios de la Física por Descubrir y Entender

El bosón de Higgs

- El bosón de Higgs explica el origen de la masa de las partículas elementales.

El descubrimiento del bosón de Higgs

Qué

Misterios de la Física por Descubrir y Entender

El bosón de Higgs

- El bosón de Higgs fue descubierto en el LHC del CERN, en el año 2012.

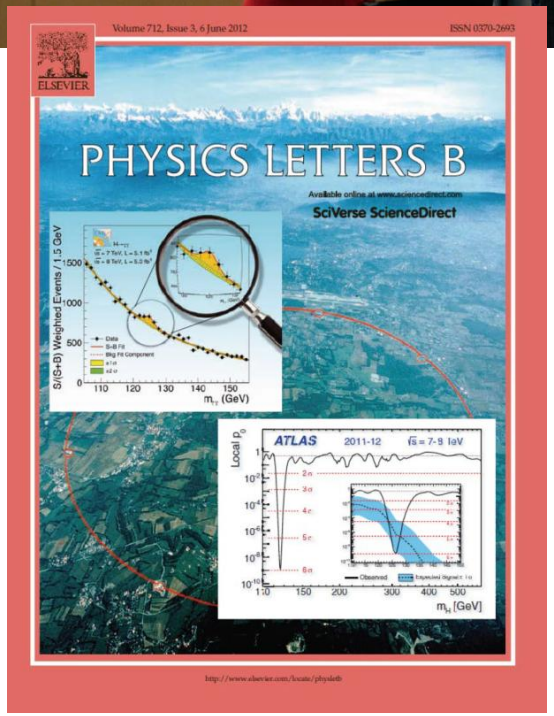
Anuncio descubrimiento 4-Julio-2012

Discovery of New Particle Could Redefine Physical World

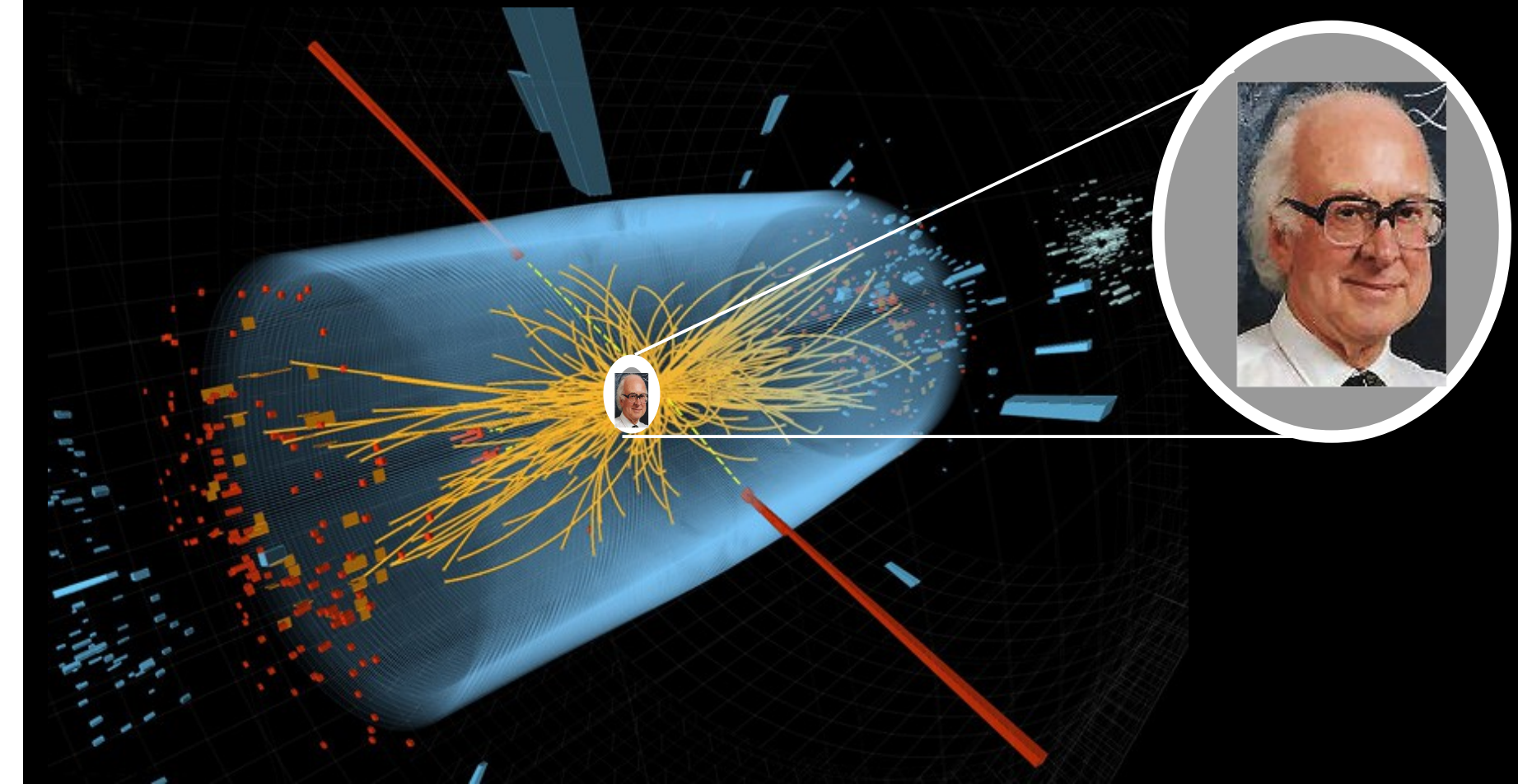
By DENNIS OVERBYE
21 minutes ago

The discovery by physicists at CERN's Large Hadron Collider, if confirmed to be the Higgs boson particle, could lead to a new understanding of how the universe began.

· The Lede Blog: What in the



El descubrimiento del bosón de Higgs



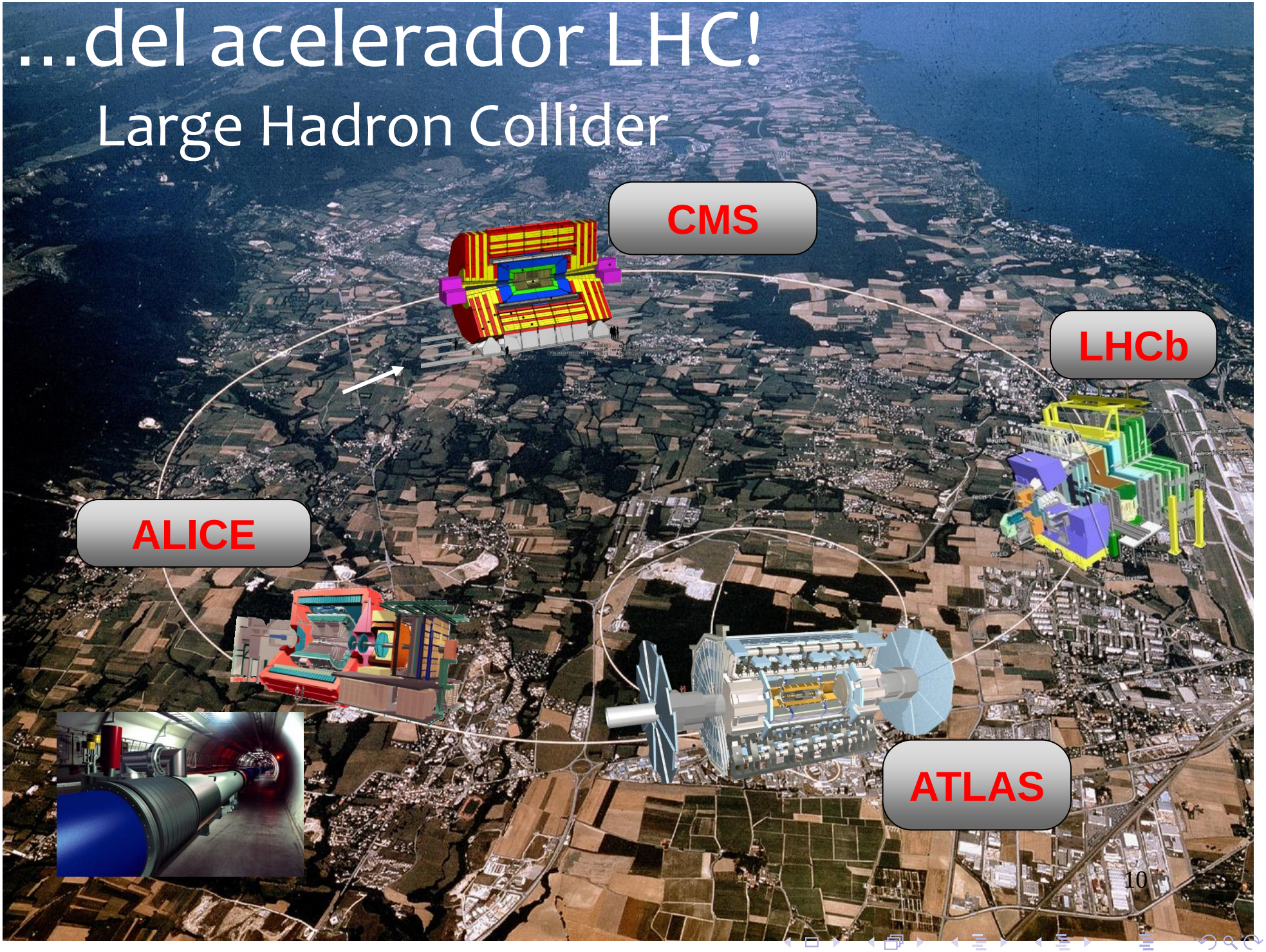
Gabriel González Sprinberg
Facultad de Ciencias, Uruguay

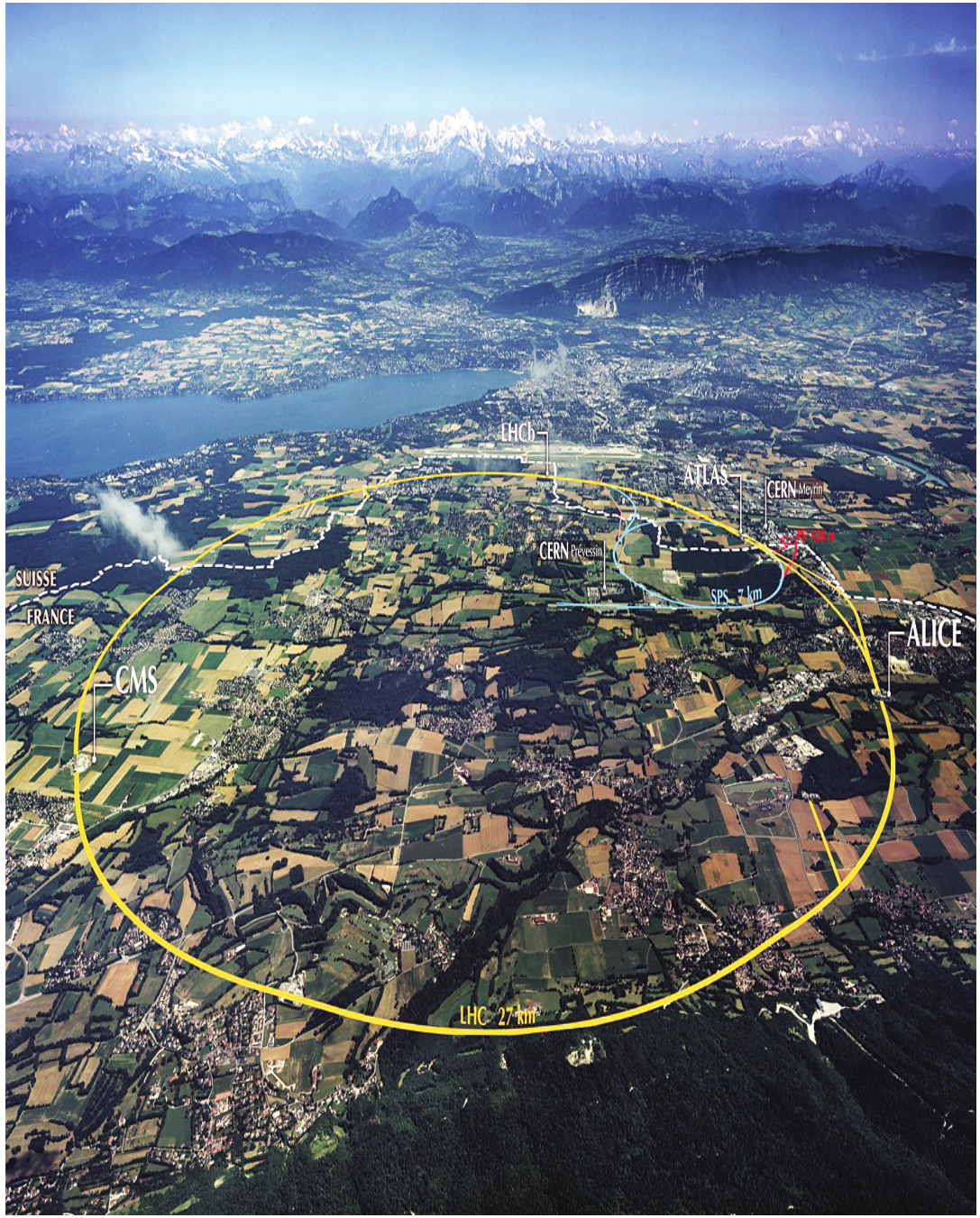
El descubrimiento del bosón de Higgs

Qué

...del acelerador LHC!

Large Hadron Collider




LHCb
ATLAS
CERN Meyrin
CERN Prevessin
SPS 7 km
SUISSE
FRANCE
CMS
ALICE
LHC 27 km

CERN – European Centre for Nuclear Research

Se sitúa la más rápida y trepidante carrera...

~2800 paquetes con 10^{11} protones cada uno, corren en un anillo de 27 km de perímetro con el 99.999999% de la velocidad de la luz,

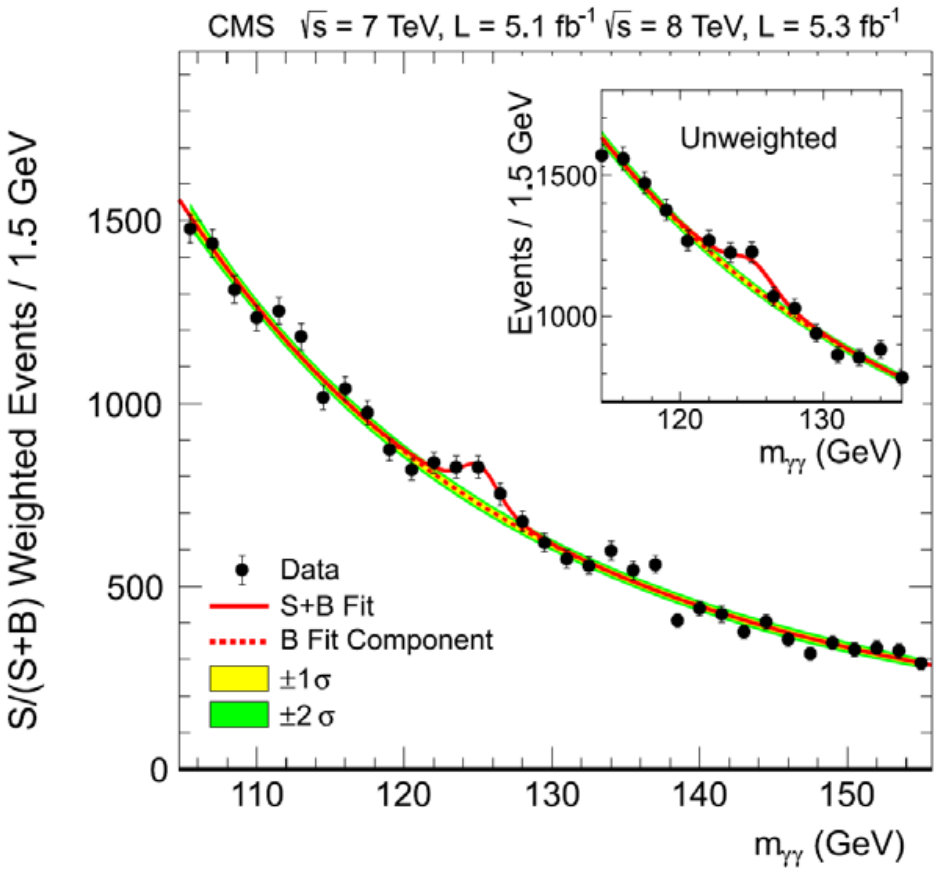
Colisionando unos contra otros 40,000,000 veces por segundo (40M Hz)

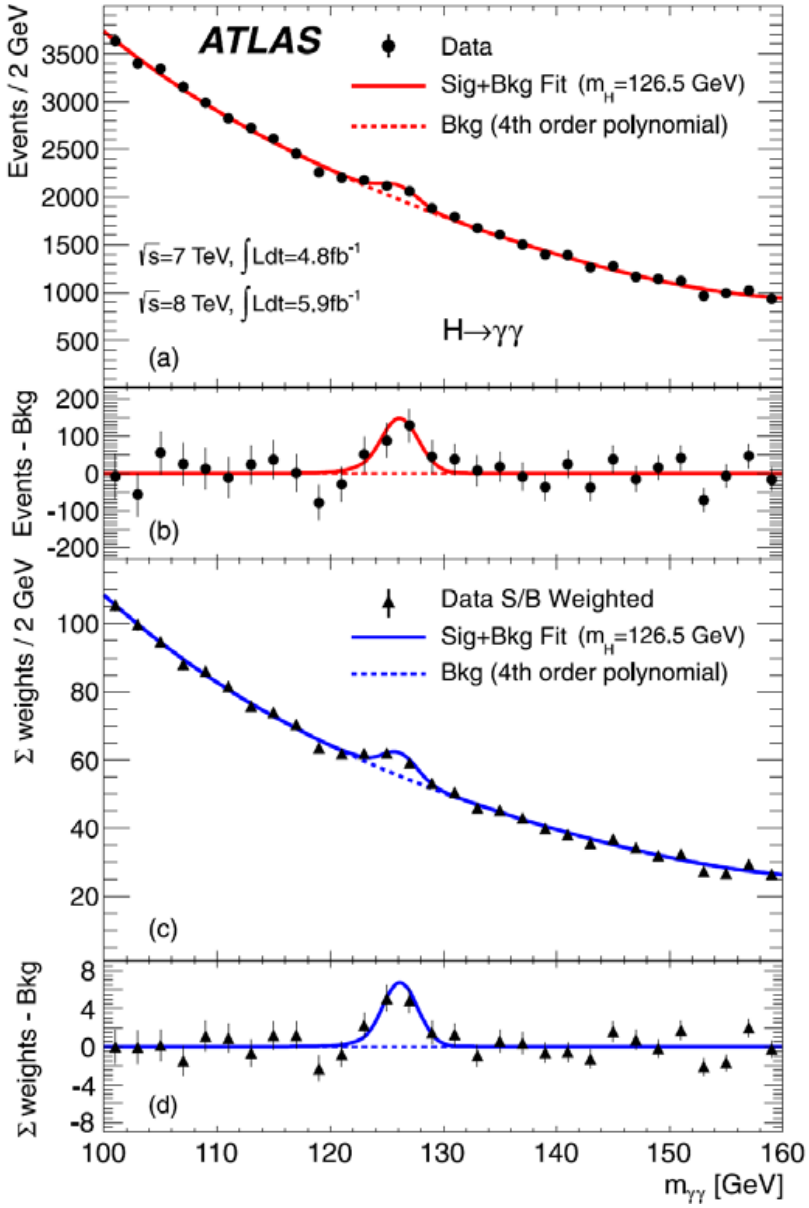
CERN – European Centre for Nuclear Research

Los detectores cuentan con 140 millones de canales de datos recibiendo información 40 millones de veces por segundo

$H \rightarrow \gamma\gamma$

De nuevo, ambos experimentos observan exceso en $m_{\gamma\gamma} \sim 125$ GeV





- Su existencia se predijo hace más de 40 años.

O.J.D.: 276380
E.G.M.: 1851000
Tarifa: 23220 €
Área: 678 cm2 - 60%

EL PAÍS
EL PERIÓDICO GLOBAL EN ESPAÑOL

Fecha: 09/10/2013
Sección: SOCIEDAD
Páginas: 38

Nobel para Englert y Higgs, los científicos teóricos del bosón

La Academia Sueca destaca el hallazgo en julio de 2012 en el CERN

ALICIA RIVERA
Madrid

Un año después de que se confirmara experimentalmente, la teoría del bosón de Higgs, propuesta en 1964 y que ayuda a explicar el origen de la masa, logra el Premio Nobel de Física. El belga François Englert (de 80 años) y el británico Peter Higgs (de 84) son los galardonados por la Real Academia Sueca de Ciencias por su contribución esencial para la comprensión de las leyes que rigen el universo.

La decisión de la Academia zanjó así las hipótesis de los últimos días acerca de si los científicos del Laboratorio Europeo de Física de partículas (CERN) entrarían también en el premio, dado que fueron ellos —y son más de 7.000 los integrantes de los experimentos— quienes descubrieron el bosón de Higgs. Finalmente, su contribución se ha quedado en mención especial del comité Nobel para el CERN, que concede la máxima distinción directamente a Englert y Higgs "por el descubrimiento teórico de un mecanismo que contribuye a la comprensión del origen de la masa de partículas subatómicas, y que recientemente fue confirmado por el descubrimiento de la predicha partícula fundamental por los experimentos Atlas y CMS del Gran Colisionador de Hadrones del CERN".

Casi medio siglo después de proponer su teoría del llamado mecanismo de Brout-Englert-Higgs, el profesor británico, ayer, en el gran día, se refugió en paradero desconocido —según contó el director del CERN, Rolf Heuer, a la vez que felicitaba a los dos premiados— y su satisfacción se limitó a una frase en un comunicado de su Universidad de Edimburgo: "Estoy abrumado por recibir este premio y quiero dar las gracias a la Academia Sueca de Ciencias. Quisiera también felicitar a todos aquellos que han contribuido al descubrimiento de esta nueva partícula y agradecer a mi familia y colegas su apoyo. Espero que este reconocimiento de la ciencia fundamental ayude a promover el reconocimiento de la investigación guiada solo por la curiosidad".

François Englert (izquierda) y Peter Higgs en el anuncio del bosón en el CERN, en 2012. / DENIS BALIBOUSE / REUTERS

Englert (junto con su colega ya fallecido Robert Brout) e, independientemente, Higgs, propusieron, en 1964, una teoría que ayuda a explicar cómo adquieren su masa las partículas elementales que la tienen, algo que no podía abordar por sí mismo el muy exitoso Modelo Estándar de física de partículas, la teoría comprobada experimentalmente con una altísima precisión en múltiples experimentos, pero incompleta. Si fuese cierto ese mecanismo, con el denominado campo de Higgs, existiría una partícula elemental denominada bosón de Higgs, según propusieron los teóricos. Y así ha sido. Pero dar con esa partícula costó décadas de esfuerzo de los científicos e ingenieros, hasta que lo lograron el año pasado los experimentos Atlas y CMS del gran acelerador de partículas LHC, del CERN. Lo anunciaron el 4 de julio de 2012. El hallazgo pasó directamente a la historia de la ciencia.

Según el Modelo Estándar, toda la materia ordinaria, desde las flores hasta las personas, las estrellas y los planetas, esta hecha de partículas elementales y las fuerzas que median entre ellas, recordó ayer el comité Nobel. "Pero el Modelo Estándar descansa sobre la existencia de un tipo especial de partícula, el bosón de Higgs, originado por un campo invisible que permea todo el espacio y sin él no existiríamos porque es por contacto con él como las partículas adquieren masa", añaden los físicos suecos.

Dicho de modo más sencillo: Si ese campo fuera agua, las partículas que tienen masa la adquirirían al nadar por ella, de manera que las más ligeras serían como pequeños peces que se deslizan fácilmente y las más pesadas como animales de mayor tamaño que tienen que vencer más resistencia. El físico Alberto Casas añade en este símil que cuando el agua se agita se forman olas y que el bosón de Higgs sería como esas olas que se pueden apreciar, mientras que el agitador sería el LHC.

Pese al reconocimiento mundial del descubrimiento y la gran expectación creada en torno al anuncio del Nobel, el comité de la Academia Sueca ayer se retrasó una hora sobre el horario previsto para anunciar el premio de física, que siguió la norma de galardonar, como máximo, a tres personas (vivas) en cada categoría, y no a instituciones. Higgs y Englert se reparten los 915.000 euros de dotación de esta distinción.

El trabajo premiado, de 1964, ayuda a explicar el origen de la masa

Los dos galardonados trabajaron de forma independiente

Englert convocó una rueda de prensa en la Universidad Libre de Bruselas y dijo que se sentía "muy honrado" por recibir este prestigioso galardón. Y añadió: "Pero a la vez siento un cierto pesar porque mi colaborador y mi amigo de toda la vida, Robert Brout, no está aquí ya para compartir este premio por un trabajo que hicimos juntos", informa France Press. También felicitó a Peter Higgs, al que apenas conoce, dijo, porque se vieron por primera vez el pasado 4 de julio en el CERN, como invitados de honor en el anuncio del descubrimiento del famoso bosón.

O.J.D.: 171010
E.G.M.: 577000
Tarifa: 22325 €
Área: 910 cm2 - 100%

ABC

Fecha: 09/10/2013
Sección: SOCIEDAD
Páginas: 44,45

El triunfo de la física teórica

FRANÇOIS ENGLERT
INVESTIGADOR BELGA

François Englert (Bélgica, 1932) se licenció en Ciencias Físicas en la Universidad Libre de Bruselas en 1958 y se doctoró al año siguiente. Ha recibido numerosos reconocimientos, junto al físico británico Peter Higgs, por sus aportaciones a la física, entre ellos, el Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica 2013. Su Nobel de Física le llega por proponer el mecanismo por el que los objetos adquieren su masa en el Universo.

Los físicos François Englert (izquierda) y Peter Higgs

AFP

PETER HIGGS
FÍSICO BRITÁNICO

Peter Higgs (Newcastle, Reino Unido, 1929) estudió Física en el King's College de la Universidad de Londres, donde se doctoró en 1954. Desarrolló casi toda su carrera docente e investigadora en la Universidad de Edimburgo, de la que es catedrático emérito. Higgs se ha hecho con el Nobel de Física por proponer la existencia de la partícula elemental, el bosón, que lleva su nombre, según explicó ayer el comité del prestigioso premio.

El Nobel de Física, para los «padres» del bosón de Higgs

▸ Higgs y Englert predijeron la existencia de la partícula que da masa a todas las demás

J. DE JORGE
MADRID

Este año no había lugar a dudas. Si no eran ellos, ¿quién podría llevarse el premio? No existía ninguna otra investigación en el campo de la Física que superara estos impresionantes resultados, aunque la tardanza de los miembros de la Real Academia Sueca de las Ciencias en Estocolmo en dar el anuncio —alrededor de una hora y con varios retrasos— hacía pensar que existía alguna duda. Pero no, como todo el mundo esperaba, los «padres» del famoso bosón de Higgs, el escocés Peter Higgs y su colega belga François Englert, han ganado el Nobel de Física 2013 por predecir, de forma independiente, la existencia de esta escurridiza partícula que da masa a todas las demás y que reafirma el Modelo Estándar de la Física. Sin su existencia, el Universo no existiría como lo conocemos. Fuera del premio han quedado los físicos de la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN) que con sus experimentos confirmaron la existencia del bosón, quizás porque la Academia Karolinska tiene como tradición no distinguir a instituciones, sino a personas.

Higgs, de 84 años (Universidad de Edimburgo en Escocia), Englert, de 81 (Universidad Libre de Bruselas) y su colega el físico belga Robert Brout, fallecido en el año 2011, postularon en 1964 la existencia de un bosón popularmente conocido como el de Higgs o «la partícula de Dios», aunque al británico no le gustara el término. Desde entonces, la partícula ha sido buscada sin descanso. Por fin, en julio del pasado año, los físicos de CMS y ATLAS, los dos mayores experimentos del Gran Colisionador de Hadrones (LHC), ubicado en el CERN, cerca de Ginebra, en Suiza, confirmaban que, en efecto, habían encontrado una partícula que coincidía con la descripción. El hallazgo se hizo merecedor del Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica 2013 y fue reconocido por la revista Science como la investigación del año.

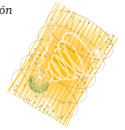
Ayer, en cuanto supo que recibía el Nobel, el británico admitió sentirse «abrumado». En una declaración divulgada a través de la Universidad de Edimburgo, el investigador también quiso felicitar a todos los que han trabajado para conseguir este avance y manifestó su esperanza de que este «reconocimiento de la ciencia fundamental» ayude a mejorar el «valor de la investigación teórica». Por su parte, François Englert confesaba por teléfono estar «muy, muy feliz de ser reconocido» con «un premio extraordinario».

«La relación que debe existir entre teoría y experimento culmina con este premio que supone un gran reconocimiento para la teoría de la física de partículas y que es el fruto de

El bosón de Higgs, la pequeña gran partícula

El **CERN** *(Organización Europea para la Investigación Nuclear)* anunció el año pasado que habían encontrado la partícula **bosón de Higgs.**

La conocida como «La partícula de Dios» fue propuesta en 1964 por el físico británico Peter Higgs. Sería la responsable de la masa de todas las demas partículas, sin la cual no habría ni gravedad ni universo

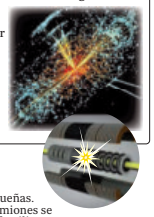


LHC: el lugar del hallazgo

Gran Colisionador de Hadrones

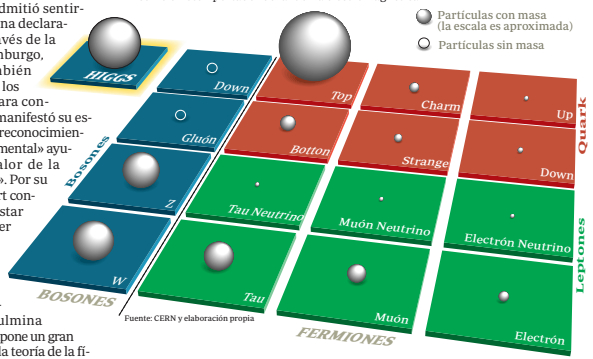
Se provocan colisiones de protones, esperando que el bosón de Higgs se materialice a partir de la energía liberada (la energía se puede convertir en materia, y viceversa, cumpliendo la ecuación de Einstein

$E = mc^2$



Partículas elementales de la naturaleza

Son las que no están compuestas por partículas más pequeñas. Se dividen en **fermiones y bosones**. La familia de los fermiones se divide a su vez en dos, los **leptones y los quark.** La otra familia son **los bosones, partículas relacionadas con las fuerzas de interacción**, como el fotón portador de la fuerza electromagnética



Fuente: CERN y elaboración propia

P. SÁNCHEZ / ABC

O.J.D.: 93617
E.G.M.: 268000
Tarifa: 13108 €
Área: 932 cm2 - 90%

LA RAZÓN

Fecha: 09/10/2013
Sección: SOCIEDAD
Páginas: 50,51

Premio de Física para Peter Higgs y François Englert

La partícula de Dios y del Nobel

Los teóricos del bosón de Higgs obtienen la distinción de la Academia Sueca un año después de que el CERN detectara la célebre partícula

J. V. Echagüe - Madrid

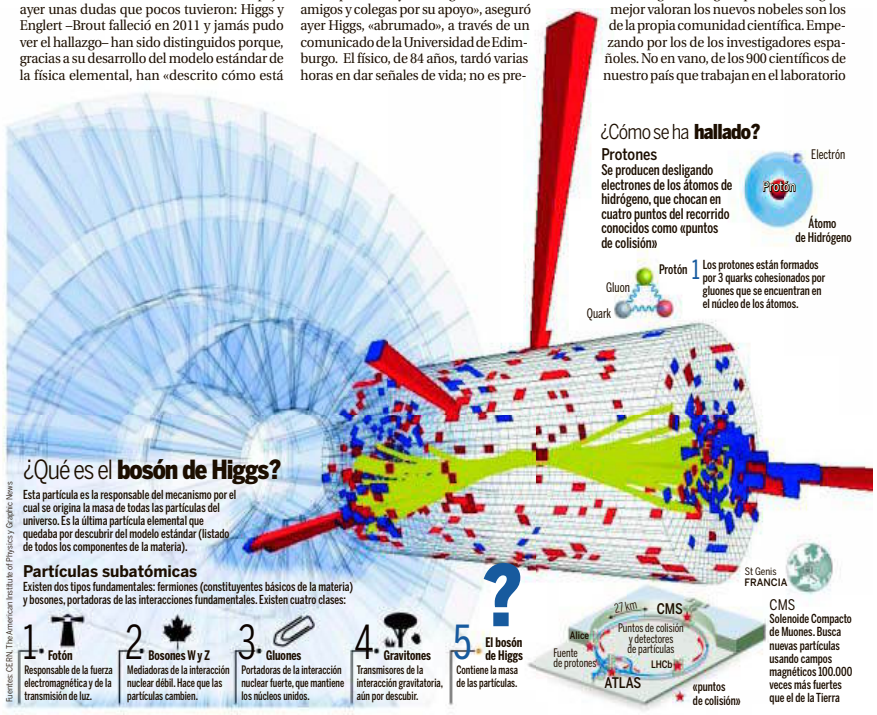
El Nobel de Física concedido ayer era como el propio bosón de Higgs: escurridizo y nadie hasta ahora lo había visto, pero se daba por hecho. Puede decirse que tenía ganadores desde hace más de un año. Concretamente, desde el 7 de julio de 2013, cuando los investigadores de la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN) dieron con el «ingrediente» secreto que ponía la guinda a nuestro universo. Esta partícula había sido teorizada, pero jamás se había obtenido evidencia de su existencia. Medio siglo antes –en 1964–, había sido teorizada–y bautizada– por el británico Peter Higgs, mientras que los belgas François Englert y Robert Brout la formularon de manera independiente. La Real Academia Sueca de las Ciencias de Estocolmo despejó ayer unas dudas que pocos tuvieron: Higgs y Englert –Brout falleció en 2011 y jamás pudo ver el hallazgo– han sido distinguidos porque, gracias a su desarrollo del modelo estándar de la física elemental, han «descrito cómo está construido el mundo», según afirmó la institución en un comunicado.

Eso es precisamente lo que supusieron sus teorías. Poco después del Big Bang, la irrupción del bosón de Higgs posibilitó que el resto de partículas adquirieran masa, constituyendo así la materia y, por tanto, el universo que hoy conocemos –o desconocemos–. Hasta tal punto radica su importancia que el descubrimiento se ganó el apelativo de «divino». Para lamento de los físicos, eso sí, a los que nunca acabó de convencer. Pero la ecuación no alberga dudas: sin este «pegamento» de la materia no existiría la masa; el universo sería muy diferente al que conocemos; los conceptos de química y biología no existirían, y, por tanto, podría concluirse que, directamente, no existiríamos.

«Me gustaría felicitar a todos aquellos que han contribuido al descubrimiento de esta nueva partícula, y dar las gracias a mi familia, amigos y colegas por su apoyo», aseguró ayer Higgs, «abrumado», a través de un comunicado de la Universidad de Edimburgo. El físico, de 84 años, tardó varias horas en dar señales de vida; no es precisamente amigo de las nuevas tecnologías. «Espero que este reconocimiento en la ciencia fundamental contribuya a aumentar la atención en la ciencia brillante», añadió. Englert, de 81 años, fue aún más escueto. Desde la Universidad Libre de Bruselas dijo sentirse «muy, muy feliz de ser reconocido» por este «premio extraordinario». Hay que recordar que ambos, junto al CERN, fueron distinguidos también este años con el Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica.

Tanto el «premier» británico, David Cameron, como el primer ministro belga, Elio Di Rupo así como el rey Felipe de Bélgica felicitaron ayer a Higgs y Englert respectivamente. La Comisión Europea también aprovechó la oportunidad: «Esto es un reconocimiento de la contribución hecha a la Física moderna por parte de François Englert y Peter Higgs».

Sin embargo, los elogios que a buen seguro mejor valoran los nuevos nobeles son los de la propia comunidad científica. Empezando por los de los investigadores españoles. No en vano, de los 900 científicos de nuestro país que trabajan en el laboratorio



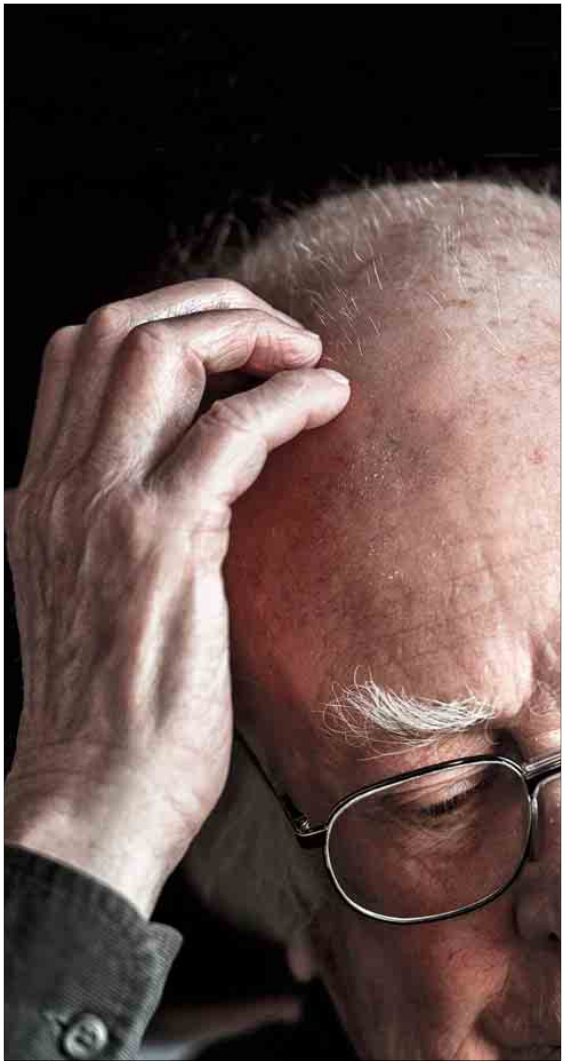
O.J.D.: 243260
E.G.M.: 1150000
Tarifa: 20440 €
Área: 725 cm2 - 70%

EL MUNDO

Fecha: 09/10/2013
Sección: CIENCIA
Páginas: 41

ENTREVISTA

«Me da vergüenza la atención mediática que recibo»



PABLO JÁUREGUI

Peter Higgs volvió a demostrar ayer con su insólita huida del *circo* de los Nobel hasta qué punto es alérgico a los *flashes*. Precisamente por eso, el tímido sabio británico casi nunca concede entrevistas. Sin embargo, el pasado mes de diciembre, cuando EL MUNDO decidió nombrar al CERN *Ciudad del Año*, al profesor Higgs le hizo ilusión este reconocimiento a la importancia histórica de su hallazgo, y aceptó dialogar con nosotros en Edimburgo. Éstas son sólo algunas perlas de una inolvidable conversación que resumen su visión de la ciencia y la vida.

► EL BOSÓN REVOLUCIONARIO.
«El descubrimiento del bosón nos ha permitido llegar al final de un largo camino: la demostración definitiva del llamado Modelo Estándar. Pero esto es sólo el principio de un nuevo viaje. Ahora queremos aprender mucho más sobre esta partícula, ya que su comportamiento podría permitirnos averiguar lo que existe más allá de este modelo y descubrir otros tipos de materia cuya naturaleza desconocemos por completo ahora mismo, como la materia oscura. Todavía nos queda mucho por comprender».

► LA MATERIA OSCURA.
«La mayoría de los físicos teóricos esperamos que el próximo gran avance en nuestro campo sea el hallazgo de otras partículas del mismo tipo que el bosón. La supersimetría, una teoría que va más allá del Modelo Estándar y podría explicar la naturaleza de la materia oscura, predice la existencia de otras cuatro partículas del mismo tipo con una masa y una energía mayor».

► EL PESO DE LA FAMA.
«Me da bastante vergüenza la atención mediática que recibo, porque en realidad yo sólo fui uno de los seis científicos que estuvimos desarrollando la teoría del bosón. Aunque mi trabajo fue el primero que propuso de manera explícita la existencia de esta partícula, todos estuvimos trabajando en el mismo terreno y propusimos ideas similares, pero yo me he llevado casi toda la publicidad».

► EL VALOR DEL CERN.
«A veces se critican las inversiones que requiere el CERN, pero aunque sus experimentos no permiten aplicaciones directas, proporcionan múltiples beneficios indirectos. El ejemplo más claro es que la World Wide Web se desarrolló allí para establecer una red de comunicación entre científicos. Si no fuera por eso, la web no existiría tal y como la conocemos hoy. Al mismo tiempo, el desarrollo de los aceleradores de partículas ha permitido aplicaciones médicas muy importantes contra el cáncer».

► DIOS Y LA CIENCIA.
«No me gusta nada el mote de *la partícula de Dios*. No soy creyente, y me parece lamentable que algunos usen un hallazgo científico para intentar defender posturas religiosas. Dicho esto, creo que una persona puede ser a la vez científica y religiosa, con tal de que no sea dogmática. El problema de los ateos militantes como Richard Dawkins es que concentran todos sus ataques contra los fundamentalistas religiosos, pero evidentemente no todos los creyentes lo son».

► ESPAÑA Y LA CRISIS.
«España es un país que ya padeció un grave retraso científico en el pasado, sobre todo durante el régimen de Franco. Pero por eso mismo creo que sería especialmente lamentable que ahora se volviera a producir un retroceso, cuando lo que necesita el país es seguir recuperando el terreno perdido. Al fin y al cabo, la mejor fórmula para asegurar su crecimiento económico sería precisamente a través del desarrollo industrial, cimentado sobre la investigación científica».

ORBYT.*es*

>Lea hoy en Orbyt toda la entrevista con Peter Higgs.

O.J.D.: 243260
E.G.M.: 1150000
Tarifa: 23670 €
Área: 932 cm2 - 90%

EXTRA
EL MUNDO

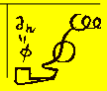
Fecha: 09/10/2013
Sección: ESPECIAL
Páginas: 8

LOS MEJORES DESCUBRIMIENTOS ESTÁN POR LLEGAR

El hallazgo del bosón de Higgs es un hito histórico, pero es sólo el principio de un proyecto científico mucho más ambicioso

3 EL FUTURO DEL CERN

POR ROLF HEUER



Para mí, el término ciudad evoca estampas de bullicio de actividad, una comunidad compuesta de otras muchas más pequeñas, todas las cuales interactúan de forma constructiva para crear un todo coherente. Cada una de esas comunidades menores tiene su propia personalidad e independencia, pero si no trabajaran juntas todas ellas, la ciudad sería un lugar muy diferente. Intentemos imaginar Nueva York sin Greenwich Village, Hamburgo sin su distrito portuario o Madrid sin la Gran Vía.

En el CERN, nuestros ciudadanos son nuestro personal, y nuestros distritos los equipos de experimentos a los que pertenecen. Y, si otras ciudades cuentan con distritos mayores y menores, en el CERN ocurre otro tanto. Sin sus experimentos más modestos, el CERN sería tan inimaginable como sin el Gran Colisionador de Hadrones, el LHC. Así somos ciudad, y lo somos con orgullo.

Un breve artículo nunca podría hacer justicia a toda la complejidad de una ciudad, así que aquí me centraré en un solo aspecto: el que el 4 de julio pasado generó titulares de prensa en todo el mundo cuando anunciamos el descubrimiento de una nueva partícula que se parece mucho al largamente buscado bosón de Higgs. Éste es el ámbito de actuación del LHC y sus dos mayores experimentos, Atlas y CMS, cada uno de ellos una comunidad independiente por propio derecho, que llegaron al resultado trabajando juntos.

La existencia de la partícula de Higgs se propuso por primera vez en 1964. El mecanismo dota de masa a todas las partículas fundamentales de las que estamos hechos. Sin él, las partículas carecerían de masa y volarían por un universo uniforme a la velocidad de la luz. Sin la partícula de Higgs, sencillamente no estaríamos aquí. Desde el anuncio del 5 de julio, se ha progresado mucho en la comprensión de las propiedades de la nueva partícula. De momento, se parece mucho a la partícula prevista en los años 60, pero aún hace falta mucho trabajo antes de que la fotografía se clarifique. Hay mucho en juego, porque la teoría que empleamos para describir las partículas fundamentales de las que estamos hechos y las interacciones que les aportan estructura describe solamente la materia visible, y sabemos que en el universo hay mucho más que eso. Aproximadamente el 95% del mismo nos resulta invisible, y sólo sabemos que existe por los efectos que tiene en el 5% visible. Una variante más exótica de la partícula de Higgs que la que se predijo en los 60 podría abrir una puerta a la comprensión del lado oscuro del universo.

También es importante subrayar que la partícula de Higgs sólo es una parte de un programa de investigación más amplio con el LHC, y sólo estamos en el principio. Los experimentos en el LHC están buscando pruebas directas de la materia oscura en forma de más partículas nuevas. Están investigando la razón de que la naturaleza prefiera la materia antes que la antimateria y cómo era la materia en el principio de los tiempos. Revelen lo que revelen en los años sucesivos los experimentos con el LHC, una cosa puede darse por segura: lo mejor aún está por llegar.

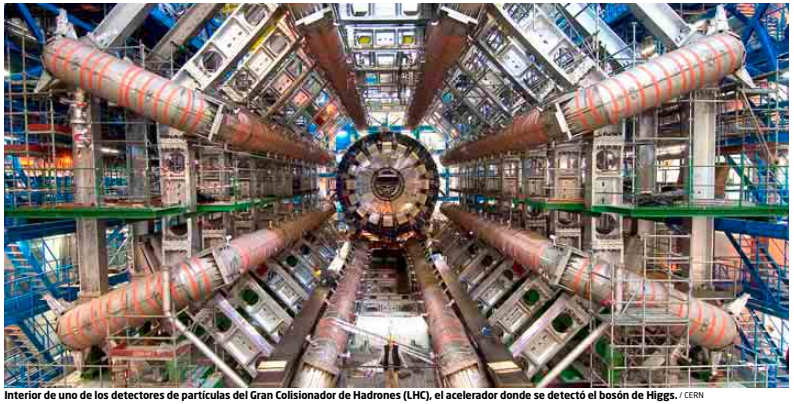
Lo que hace posible todo esto es precisamente la naturaleza de *ciudad* que tiene el CERN, un lugar donde la gente compite y colabora por igual, y la estructura establecida por los padres fundadores del centro cuando este proyecto europeo alzó el vuelo en los años 50. El éxito del CERN ejemplifica lo que Europa puede conseguir si no perdemos de vista la idea que estos pioneros tuvieron de un continente unido en la diversidad en pos de un objetivo común. Relatos del éxito europeo como éste son ahora más importantes que nunca. En un momento en el que el continente está sufriendo la peor crisis económica de las últimas décadas, los ciudadanos, en particular los jóvenes, necesitan ver y apreciar las ventajas de Europa, porque, como demuestra el caso del CERN, Europa tiene capacidad de ser como una ciudad por propio derecho. A quienes han crecido en un período sostenido de paz y prosperidad en el continente hace falta recordarles que los europeos estamos mucho mejor juntos que separados. Instituciones europeas de éxito como el CERN aportan el ejemplo y muestran los fundamentos de nuestra futura prosperidad, científica, económica y cultural.

El CERN, como la mayoría de las ciudades de hoy, es un lugar multicultural. Profesionales de más de 100 nacionalidades acuden aquí para realizar sus investigaciones y la comunidad española desempeña un papel vital. Las universidades e industrias españolas hacen contribuciones importantes en todas las facetas del laboratorio, desde el hallazgo del bosón de Higgs a la ingeniería civil subterránea y el desarrollo de dispositivos electrónicos e informáticos punteros. La comunidad española de investigadores goza de buena salud, y un gran número de jóvenes españoles escogen seguir carreras científicas y cuentan con el trampolín que les ofrece el CERN.

Somos una ciudad global con un corazón europeo, pero también somos un laboratorio nacional español de física de partículas. El descubrimiento de una partícula que podría ser el bosón de Higgs es algo de lo que todos los miembros de nuestra comunidad pueden sentirse justamente orgullosos. Y es algo de lo que también pueden enorgullecerse los Estados miembros del CERN: su apoyo continuado al CERN durante más de 60 años ha hecho a la institución lo que es hoy en día: el centro líder en el mundo en la investigación de los fundamentos de la física y la Ciudad del Año 2012 para el periódico EL MUNDO.

«El éxito del CERN ejemplifica lo que Europa puede conseguir en pos de un objetivo común»

Rolf Heuer es director general del CERN



Interior de uno de los detectores de partículas del Gran Colisionador de Hadrones (LHC), el acelerador donde se detectó el bosón de Higgs. / CERN

O.J.D.: 243260
E.G.M.: 1150000
Tarifa: 102200 €
Área: 3626 cm2 - 350%

EXTRA
EL MUNDO

Fecha: 09/10/2013
Sección: ESPECIAL
Páginas: 4-7

PETER HIGGS 'AHORA BUSCAREMOS LA MATERIA OSCURA'

Medio siglo después de lanzar su teoría del bosón, se ha convertido a los 83 años en el nuevo icono de la ciencia y claro favorito al Nobel. EL MUNDO habló con él en Edimburgo

2 EL PADRE DE LA PARTÍCULA

POR PABLO JÁUREGUI

Peter Higgs no pudo contener la emoción cuando, el pasado 4 de julio, sus colegas le ovacionaron en un abarrotado auditorio del CERN. La imagen de este sabio de 83 años, enjugándose las lágrimas con un pañuelo tras el hallazgo del bosón que lleva su nombre, quedará para siempre como uno de los momentos más inolvidables de 2012, y probablemente de toda la historia de la Ciencia. Casi medio siglo tuvo que esperar el paciente profesor Higgs para que su teoría visionaria sobre el *cemento* que une los ladrillos subatómicos de la materia –propuesta por primera vez en un trabajo pionero de 1964– finalmente fuera validada por el gran acelerador de partículas de Ginebra.

Desde aquel día, su vida se ha transformado como consecuencia de esa fiebre mundial que la revista *New Scientist* ha definido como *higgsteria*. Prácticamente todos los principales periódicos y cadenas de televisión del planeta le han solicitado una entrevista. Las peticiones para inaugurar calles, laboratorios, colegios y bibliotecas que llevan su nombre no paran de llover. Incluso ya existe una cerveza, elaborada en Barcelona, bautizada en su honor: el *Higgs Boson Ale*. De hecho, su buzón de correo electrónico es tan ingobernable que un equipo de cinco personas se ocupa de gestionarlo en la Universidad de Edimburgo.

Cuando era niño, nadie hubiera podido imaginar que Higgs, nacido en Newcastle (Inglaterra) en 1929, se iba a convertir en uno de los físicos teóricos más importantes del siglo XX. Aquejado de frecuentes ataques de asma, que a veces derivaban en episodios severos de neumonía, el pequeño Peter perdió muchísimos días de colegio. A su padre apenas le veía, porque era un ingeniero de sonido de la BBC que no paraba de viajar, pero fue su madre quien se convirtió en su verdadera maestra. Con el tiempo su salud mejoró, y el joven Higgs demostró poseer dotes extraordinarias para las Matemáticas.

Tras obtener tanto su Licenciatura como su Doctorado en Física en el King's College de Londres, con las calificaciones más altas, Higgs fue contratado en 1960 como profesor por el Instituto Tait de Física Matemática en la Universidad de Edimburgo, donde cuatro años más tarde lanzaría por primera vez su revolucionaria teoría del bosón. Muy cerca del despacho donde escribió aquel trabajo pionero se encuentra la Royal Society, la Academia de Ciencias de Escocia. Allí, en una heladora mañana de diciembre, el profesor Higgs concedió esta entrevista a EL MUNDO.

Pregunta.– El hallazgo del bosón ha sido sin duda una de las mejores noticias de 2012, un año por lo demás muy duro por culpa de la crisis económica. Como *padre* de la criatura, ¿por qué cree que es un descubrimiento tan importante?

Respuesta.– Ante todo, porque supone la comprobación de una teoría formulada hace casi 50 años, que en el campo de la Física de Partículas ha tenido un enorme éxito en todos los demás aspectos que se han ido verificando hasta ahora. Hemos estado buscando la partícula desde 1964 porque queríamos estar seguros de que esta teoría era plenamente válida. Y finalmente lo hemos conseguido, así que hemos llegado al final de un largo camino: la demostración definitiva del llamado Modelo Estándar. Pero ahora queremos aprender mucho más sobre esta partícula, ya que su comportamiento podría permitirnos averiguar lo que existe más allá de este modelo y descubrir otros tipos de materia cuya naturaleza desconocemos por completo ahora mismo, como la materia oscura.

P.– ¿Podríamos decir, entonces, que es el final de un viaje pero a la vez el principio de una nueva aventura para la Física?

R.– Por supuesto, porque aunque hemos verificado una teoría, sabemos que ese modelo no lo explica todo, y de hecho es sólo un capítulo dentro de una historia mucho más compleja. Sabemos, por ejemplo, que el comportamiento de los neutrinos no se puede explicar con esta teoría. Así que todavía nos queda mucho por comprender.

P.– ¿Cuál cree que será el próximo gran descubrimiento en el CERN?

R.– La mayoría de los físicos teóricos esperamos que sea el hallazgo de otras partículas del mismo tipo que el bosón que acabamos de encontrar. La supersimetría, una teoría que va más allá del Modelo Estándar y podría explicar la naturaleza de la materia oscura, predice la existencia de otras cuatro partículas del mismo tipo con una masa y una energía mayor. El problema ahora mismo es que quizás el LHC no produzca colisiones a una energía lo suficientemente alta como para detectarlas, porque su potencia es insuficiente.

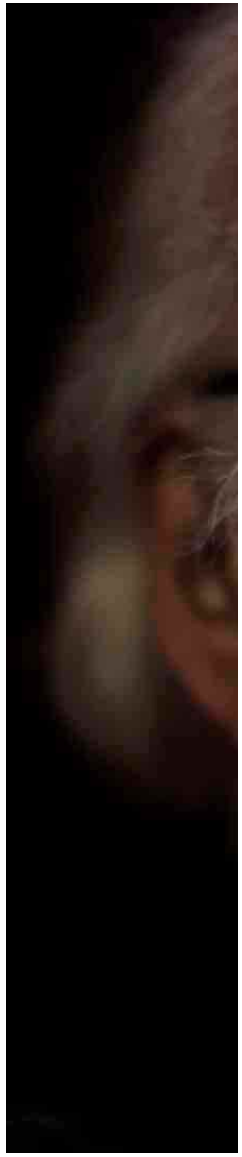
P.– ¿Quiere eso decir que para lograr nuevos avances, necesitamos construir una máquina todavía más potente?

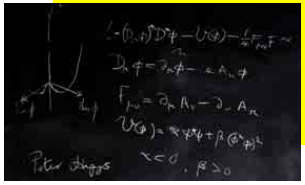
R.– No necesariamente, porque el propio LHC se va a renovar el año que viene para duplicar la energía que logra alcanzar en estos momentos, y eso podría ser suficiente para detectar esas nuevas partículas.

P.– ¿Cree que el hallazgo del bosón podría tener alguna aplicación, o es un avance puramente teórico?

R.– El problema es que esta partícula dura tan poco tiempo, que me parece extremadamente improbable que podamos controlarla. En el pasado, el hallazgo de otras partículas ha servido para desarrollar tratamientos médicos contra el cáncer, pero eso fue posible porque esas partículas tenían una duración más larga, de al menos una millonésima parte de un segundo. Sin embargo, si tenemos en cuenta que el bosón dura una millonésima de una millonésima de una millonésima parte de un segundo, o incluso menos, evidentemente es muy difícil manipularlo para desarrollar un haz de partículas controlable, por ejemplo, para tratar un tumor. Por eso soy más bien pesimista sobre su potencial tecnológico. Pero esto tampoco debería avergonzarnos cuando estamos hablando de un hallazgo fundamental para comprender la naturaleza de la materia.

P.– Pero entonces, ¿qué le diría a





LA FÓRMULA

En la Facultad de Física de la Universidad de Edimburgo, se conserva como una reliquia una pizarra en la que Peter Higgs escribió la fórmula original en la que postuló por primera vez la existencia de su bosón en un trabajo pionero publicado en 1964. El joven Higgs había sido contratado cuatro años antes como profesor del Instituto Tait de Física Matemática en la universidad de la capital escocesa, y allí desarrolló toda su carrera académica hasta su jubilación en 1996. Desde que se anunció el hallazgo del bosón, evita pisar su vieja facultad para evitar el atosigamiento de los alumnos que le rodean para pedirle autógrafos.

El descubrimiento del bosón de Higgs

Futuro

Trabajos del Grupo

Artículos Publicados Años 2008-2014

- A continuación se da un listado ordenado de los productos del grupo.

Los trabajos están organizados por artículos publicados (20), ponencias y póster (6), libros (3), proyectos de investigación (6), tesis dirigidas (10), entre los años 2008 a 2014. Al final se indica el DOI y la página de internet donde se puede ver el respaldo de lo afirmado, en lo posible.

Trabajos del Grupo

Artículos Publicados Años 2008-2014

- Johana A. Herrrera, R. H. Benavides and W. A. Ponce, "Flavor changing neutral currents with a fourth family of quarks", Phys.Rev. D78, 073008 (2008), DOI: 10.1103/PhysRevD.78.073008 (http://inspirehep.net/record/800234).
- A. Pasaje, J. M. Calero, J. C. Granada y E. Z. Da Silva, "EFECTOS DE LA INTERACCION DE CONFINAMIENTO EN SUPERCONDUCTORES MESOSCOPICOS CILINDRICOS BAJO LA ACCION DE UN CAMPO MAGNETICO AXIAL ", Suplemento de la Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales 2009; S1 (3): 881-885 , (http://www.rlmm.org/archives.php?f=/archivos/S01/N3/RLMMArt-09S01N3-p881.pdf.)
- A. Pasaje, J. M. Calero y J. C. Granada, "Efectos del Confinamiento Sobre Muestras Mesoscópicas Superconductoras Cilíndricas Múltiplemente Conexas", Revista Colombiana de Física, vol. 41, No. 1, Enero 2009, (http://revcolfis.org/publicaciones/vol41_1/4101051.pdf).

Trabajos del Grupo

Artículos Publicados Años 2008-2014

- Yithsbey Giraldo, William A. Ponce and Luis A. Sánchez, "Stability of the Scalar Potential and Symmetry Breaking in the Economical 3-3-1 Model", Eur.Phys.J. C63, 461, (2009), DOI: 10.1140/epjc/s10052-009-1101-4 (http://inspirehep.net/record/825376).

- G. E. R. Zambrano, R. Casana, B. M. Pimentel, "SQED on the null-plane", Revista Colombiana de Física,Vol. 41, No.1, Enero 2009, (http://revcolfis.org/publicaciones/vol41_1/4101220.pdf)

- G. E. R. Zambrano, R. Casana y B.M. Pimentel, "First Order SQED on the null-plane", Revista Colombiana de Física,Vol. 41, No.1, Enero 2009, (http://revcolfis.org/publicaciones/vol41_1/4101206.pdf).

Trabajos del Grupo

Artículos Publicados Años 2008-2014

- Yithsbey Giraldo, R. H. Benavides and W. A. Ponce, "FCNC in the 3-3-1 model with right-handed neutrinos", Phys.Rev. D80, 113009, (2009), DOI: 10.1103/PhysRevD.80.113009 (http://inspirehep.net/record/837264).

- Yithsbey Giraldo, R. H. Benavides and W. A. Ponce, "$SU(3)_c \otimes SU(3)L \otimes U(1)_X$ models with four families", Phys.Rev. D82, 013004, (2010) , DOI: 10.1103/PhysRevD.82.013004 (http://inspirehep.net/record/858612).

- G. E. R. Zambrano, B. M. Pimentel and R. Casana, "Hamiltonian formulation of the Yang-Mills field on the null-plane", Nucl.Phys.Proc.Suppl. 199, 219, (2010), DOI: 10.1016/j.nuclphysbps.2010.02.033 (http://inspirehep.net/record/854627).

Trabajos del Grupo

Artículos Publicados Años 2008-2014

- G. E. R. Zambrano, B. M. Pimentel and C. A. Bonin, "Podolsky Electromagnetism at Finite Temperature: Implications on Stefan-Boltzmann Law", Phys.Rev. D81,025003, (2010) , DOI: 10.1103/PhysRevD.81.025003 (http://inspirehep.net/record/839528).

- Yithsbey Giraldo, R. H. Benavides and W. A. Ponce, "$SU(3)_c \otimes SU(3)L \otimes U(1)_X$ models with four families", Phys.Rev. D82, 013004, (2010) , DOI: 10.1103/PhysRevD.82.013004 (http://inspirehep.net/record/858612).

- G. E. R. Zambrano, B. M. Pimentel and R. Casana, "Hamiltonian formulation of the Yang-Mills field on the null-plane", Nucl.Phys.Proc.Suppl. 199, 219, (2010), DOI: 10.1016/j.nuclphysbps.2010.02.033 (http://inspirehep.net/record/854627).

Trabajos del Grupo

Artículos Publicados Años 2008-2014

- Yithsbey Giraldo and W. A. Ponce, "Scalar Potential Without Cubic Term in 3-3-1 Models Without Exotic Electric Charges", Eur.Phys.J. C71, 1693, (2011), DOI: 10.1140/epjc/s10052-011-1693-3 (http://inspirehep.net/record/919026).

- G. E. R. Zambrano, B. M. Pimentel, C. E. Valcarcel and M.C. Bertin, "Hamilton-Jacobi formalism for Linearized Gravity", Class.Quant.Grav. 28, 175015, (2011), DOI: 10.1088/0264-9381/28/17/175015 (http://inspirehep.net/record/919385).

- G. E. R. Zambrano, B. M. Pimentel and Rodrigo Bufalo, "Path Integral Quantization of Generalized Quantum Electrodynamics", Phys.Rev. D83, 045007, (2011), DOI: 10.1103/PhysRevD.83.045007 (http://inspirehep.net/record/865734).

Trabajos del Grupo

Artículos Publicados Años 2008-2014

- G. E. R. Zambrano, B. M. Pimentel and M. C. Bertin, "The Canonical structure of Podolsky's generalized electrodynamics on the Null-Plane", J.Math.Phys. 52,102902, (2011), DOI: 10.1063/1.3653510 (http://inspirehep.net/record/825066).

- Yithsbey Giraldo, "Texture Zeros and WB Transformations in the Quark Sector of the Standard Model", Phys.Rev. D86, 093021, (2012) , DOI: 10.1103/PhysRevD.86.093021 (http://inspirehep.net/record/943300).

- G. E. R. Zambrano, B. M. Pimentel and Rodrigo Bufalo, Renormalizability of generalized quantum electrodynamics", Phys.Rev. D86, 125023, (2012), DOI: 10.1103/PhysRevD.86.125023 (http://inspirehep.net/record/1207480).

Trabajos del Grupo

Artículos Publicados Años 2008-2014

- G. E. R. Zambrano, B. M. Pimentel and A.T. Suzuki, "Functional analysis for gauge fields on the front-form and the light-cone gauge", Few Body Syst. 52, 437, (2012) , DOI: 10.1007/s00601-011-0263-4 (http://inspirehep.net/record/1114627).

- G. E. R. Zambrano, B. M. Pimentel and R. Casana, "SQED4 and QED4 on the null-plane", Braz.J.Phys. 44, 398, (2014) , DOI: 10.1007/s13538-014-0237-3 (http://inspirehep.net/record/781604).

- G. E. R. Zambrano, B. M. Pimentel, C. E. Valcárcel and M. C. Bertin, "Topologically massive Yang-Mills: A Hamilton-Jacobi constraint analysis", J.Math.Phys. 55, 042902, (2014), DOI: 10.1063/1.4870641 (http://inspirehep.net/record/1295015).

Trabajos del Grupo

Conferencias y Memorias: Años 2008-2014

- G. E. R. Zambrano, B. M. Pimentel and M. C. Bertin, "Podolsky's electromagnetic theory on the null-plane", PoS ISFTG, 077, (2009), Prepared for Conference: C09-04-20.4 (http://inspirehep.net/record/862815).

- G. E. R. Zambrano, B. M. Pimentel, C. E. Valcarcel and M. C. Bertin, "Hamilton-Jacobi formalism on the null-plane: Applications", PoS ISFTG, 046, (2009), (http://inspirehep.net/record/862827).

- G. E. R. Zambrano, B. M. Pimentel, C. E. Valcarcel and M. C. Bertin, "Topologically massive Yang-Mills field on the null-plane: A Hamilton-Jacobi approach", AIP Conf.Proc. 1296 (2010) 402-405, DOI: 10.1063/1.3523217, Prepared for 11th Hadron Physics: in Honor of Conference: C10-03-22.1 (http://inspirehep.net/record/882399).

Trabajos del Grupo

Conferencias y Memorias: Años 2008-2014

•G. E. R. Zambrano, B. M. Pimentel and M. C. Bertin, "Podolsky's electromagnetic theory on the null-plane gauge", AIP Conf.Proc. 1296 (2010) 398-401, DOI: 10.1063/1.3523216 , Prepared for 11th Hadron Physics: in Honor of Conference: C10-03-22.1 (http://inspirehep.net/record/882400).

• Yithsbey Giraldo, "Scalar Potential Without Cubic Term in 3-3-1 Models Without Exotic Electric Charges", Segunda Escuela de Física de Partículas - La Física del Bosón de Higgs, póster, (2012), (http://escueladeparticulas.uniandes.edu.co/).

•G. E. R. Zambrano, Çanonical Formulation of the Yang Mills fiel on the null-plane", IX Congreso Argentine Symposium of Particles and Fields, (2009), (http://vipri.udenar.edu.co/consultarPonencias.aspx)

Trabajos del Grupo

Proyectos de Investigación: Años 2008-2014

- Germán Ramos, .Eliminación de divergencias ultravioletas en electrodinámica cuántica generalizada", Financiación VIPRI Udenar (año 2010-2012), Situación: Terminado, Estudiantes:–, (http://vipri.udenar.edu.co/consultarProyectos.aspx?tip=i).

- Yithsbey Giraldo, "Órbitas Gauge para el Modelamiento del Potencial Escalar con Varios Tripletes de Higgses en los Modelos 3-3-1", Financiación VIPRI Udenar (año 2011-2013), Situación: Terminado, Estudiantes: –, (http://vipri.udenar.edu.co/detallesProyectod.aspx).

- Yithsbey Giraldo, "Física del Bosón Higgs en los Modelos 3-3-1 sin Cargas Eléctricas Exóticas", Financiación VIPRI Udenar (año 2014-2016), Situación: En evaluación, Estudiantes de Física: Norman Martínez (cód. 2100182016) , Kevin Luna (cód. 29018203) y Carlos Sarasty (cód. 2100182016), (http://vipri.udenar.edu.co/detallesProyectod.aspx).

Trabajos del Grupo

Proyectos de Investigación: Años 2008-2014

- Germán Ramos, "Estructura Canonica para una teoria de fotones masivos", Registrado VIPRI Udenar (año 2014-2015), Situación: En ejecución, Estudiantes:–, (http://vipri.udenar.edu.co/detallesProyectod.aspx).
- Yithsbey Giraldo, "Higgses en los Modelos 3-3-1", Registrado VIPRI Udenar (año 2014-2015), Situación: En ejecución, Estudiantes:–, (http://vipri.udenar.edu.co/detallesProyectod.aspx).
- Jaime Betancourt: Proyecto: GRID TIER-3 EN LA RED RENATA PARA COLABORACIÓN INTERNACIONAL Inicio: Enero 2010 Fin proyectado: Junio 2012 Fin: Diciembre 2011 Duración 24 Resumen EN ESTE TRABAJO SE HIZO ESTUDIO DE TRAFICO DE DATOS A TRAVES DE LOS NODOS MONTADOS EN LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES CON EL CERN Y SE MONTA UN PUNTO EN LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO A TRAVES DE LA RED RENATA Observaciones FUE UN PROYECTO FINANCIADO POR COLCIENCIAS DONDE PARTICIPARON LAS INSTITUCIONES DE LOS ANDES, UNIVERSIDAD DE NARIÑO Y UNIVERSIDAD DEL TOLIMA, (http://www.renata.edu.co/index.php/edelectronica-telecomunicaciones-e-informatica/1308-grid-tier-3-en-la-red-renata-para-colaboracion-internacional-en-el-experimento-cms-con-el-laboratorio-cern.html).

Trabajos del Grupo

Proyectos de Investigación: Años 2008-2014

No.	Título	Investigador Principal	Departamento	Convocatoria	Fecha de Inicio	Tipo financiación	Estado	Ver
1	Caracterización eléctrica y magnética de composites de [La0.7Ca 0.3MnO3] X [Bi2Sr1.6 (Pb)0.4 Ca 1.95Y 0.05 Cu3 OY]1-X en capas obtenidas por sol gel.	Javier Benavides Erazo	Física	Docente 2009	11/06/2010	Recursos Propios	Vencido	
2	Eliminación de divergencias ultravioletas en electrodinámica cuántica generalizada	German Enrique Ramos Zambrano	Física	Docente 2009	08/06/2010	Recursos Propios	Terminado	
3	Estructura Canonica para una teoria de fotones masivos.	German Enrique Ramos Zambrano	Física	N/A (Registrado)		Recursos Propios	Registrado	
4	Estudio Experimental y Teórico de Asteroides y Cometas Potencialmente Peligrosos.	Alberto Quijano Vodniza	Física	Docente 2010	15/08/2011	Recursos Propios	Vencido	
5	Física del Bosón Higgs en los Modelos 3-3-1 sin Cargas Eléctricas Exóticas	Yithsbey Giraldo Usuga	Física	Banco proyectos docentes de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico, Innovación y Creación Artística, elegibles para ser financiados por la VIPRI - Año 2014		Recursos Propios	En Evaluación	
6	Higgses en los Modelos 3-3-1	Yithsbey Giraldo Usuga	Física	N/A (Registrado)		Recursos Propios	Registrado	
7	Implementación de un modelo a escala para sondeos geofísicos por métodos electromagnéticos inductivos	Sandra Esperanza Sanchez Sierra	Física	Docente 2008	15/02/2000	Recursos Propios	Cancelado	
8	Inclusión de la Universidad de Nariño a la colaboración LAGO (Large Aperture Gamma Ray Burst Observatory) a través del Diseño, Construcción, e Instalación de un Tanque - Detector Cherenkov.	Karla Patricia Reyes Sánchez	Física	Banco proyectos docentes de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico, Innovación y Creación Artística, elegibles para ser financiados por la VIPRI - Año 2014		Recursos Propios	En Evaluación	
9	Interacción de Confinamiento en Muestras Mesoscópicas Superconductoras con Simetría Axial.	Alfredo Pasaje Salcedo	Física	Docente 2010	16/08/2011	Recursos Propios	Prorroga	
10	Métodos variacionales y de cálculo fraccional en teoría de solitones	Álvaro Rugeles Pérez	Física	Docente 2011	04/12/2012	Recursos Propios	En Ejecución	
11	OBTENCIÓN DE LA CURVA LUMINOSA Y ANÁLISIS ESPECTROSCÓPICO DEL COMETA C/2012 S1 (ISON)	Alberto Quijano Vodniza	Física	Docente 2012	16/09/2013	Recursos Propios	En Ejecución	
12	Órbitas Gauge para el Modelamiento del Potencial Escalar con Varios Tripletes de Higgses en los Modelos 3-3-1	Yithsbey Giraldo Usuga	Física	Docente 2010	28/05/2011	Recursos Propios	Terminado	

El grupo tiene dos proyectos en ejecución y uno en evaluación, a través de la VIPRI.

Trabajos del Grupo

Tesis y Trabajos Dirigidos: Años 2008-2014

- Jaime Betancourt, “Estudio de la Resolución Espacial de los Detectores RPCs del Experimento CMSÜniversidad de Nariño Estado: Tesis en curso FISICA, 2009. Persona orientada: DEXY YAMILE VILLAREAL.

- Jaime Betancourt, ”Estudio de squarks en el Experimento CMS del laboratorio CERN”, Universidad de Nariño Estado: Tesis en curso FISICA, 2009. Persona orientada: LINA HUERTAS.

- Germán Ramos, ”DISTRIBUCION DE MATERIA Y DINAMICA ESTELAR EN GALAXIAS ANULARESÜniversidad De Nariño Estado: Tesis concluida Programa de Física, 2009. Persona orientada: JUAN DAVID JURADO BUCH.

Trabajos del Grupo

Tesis y Trabajos Dirigidos: Años 2008-2014

- Germán Ramos, "FORMULACION DE HAMILTON JACOBI PARA SISTEMAS SINGULARESÜniversidad De Nariño Estado: Tesis concluida Programa de Física, 2010. Persona orientada: DANNY MANUEL BOTINA MENESES.
- Germán Ramos, "METODO DE DIRAC APLICADO A SISTEMAS SINGULARES Universidad De Nariño Estado: Tesis concluida Programa de Física, 2010. Persona orientada: MERILYN CRISTINA ORTEGA ORTEGA".
- Germán Ramos, "LAGRANGIANOS DE ORDEN SUPERIOR EN TEORIA CLASICA DE CAMPOSÜniversidad De Nariño Estado: Tesis concluida Programa de Física, 2012. Persona orientada: JAIRO ANDRES FAJARDO.

Trabajos del Grupo

Tesis y Trabajos Dirigidos: Años 2008-2014

- Germán Ramos, "FORMULACION DE HAMILTON HACOBI EN TEORIA CLASICA DE CAMPOS" Universidad De Nariño Estado: Tesis concluida Programa de Física, 2012. Persona orientada: LUIS ALFREDO BRAVO HUERTAS.
- Jaime Betancourt, "VARIACION DE LOS PARAMETROS M-SUGRA EN EL CANAL DE DECAIMIENTO DE UN SQUARK Y UN GLUINO, QUE DECAEN EN UN PAR MUON - ANTIMUON VIA NEUTRALINOS", Universidad de Nariño Estado: Tesis concluida FISICA, 2013. Persona orientada: WILLIAN ERAZO GARZON.
- Jaime Betancourt, "ESTUDIO DE LA MULTIPLICIDAD DE JETS, EN COLISION PROTON- PROTON A ENERGIAS DE CENTRO DE MASA DE 7 TeV EN EL EXPERIMENTO CMS DEL LABORATORIO CERN" Universidad de Nariño. Estado: Tesis concluida FISICA , 2013. Persona orientada: DIEGO BOTINA ISANDARA.

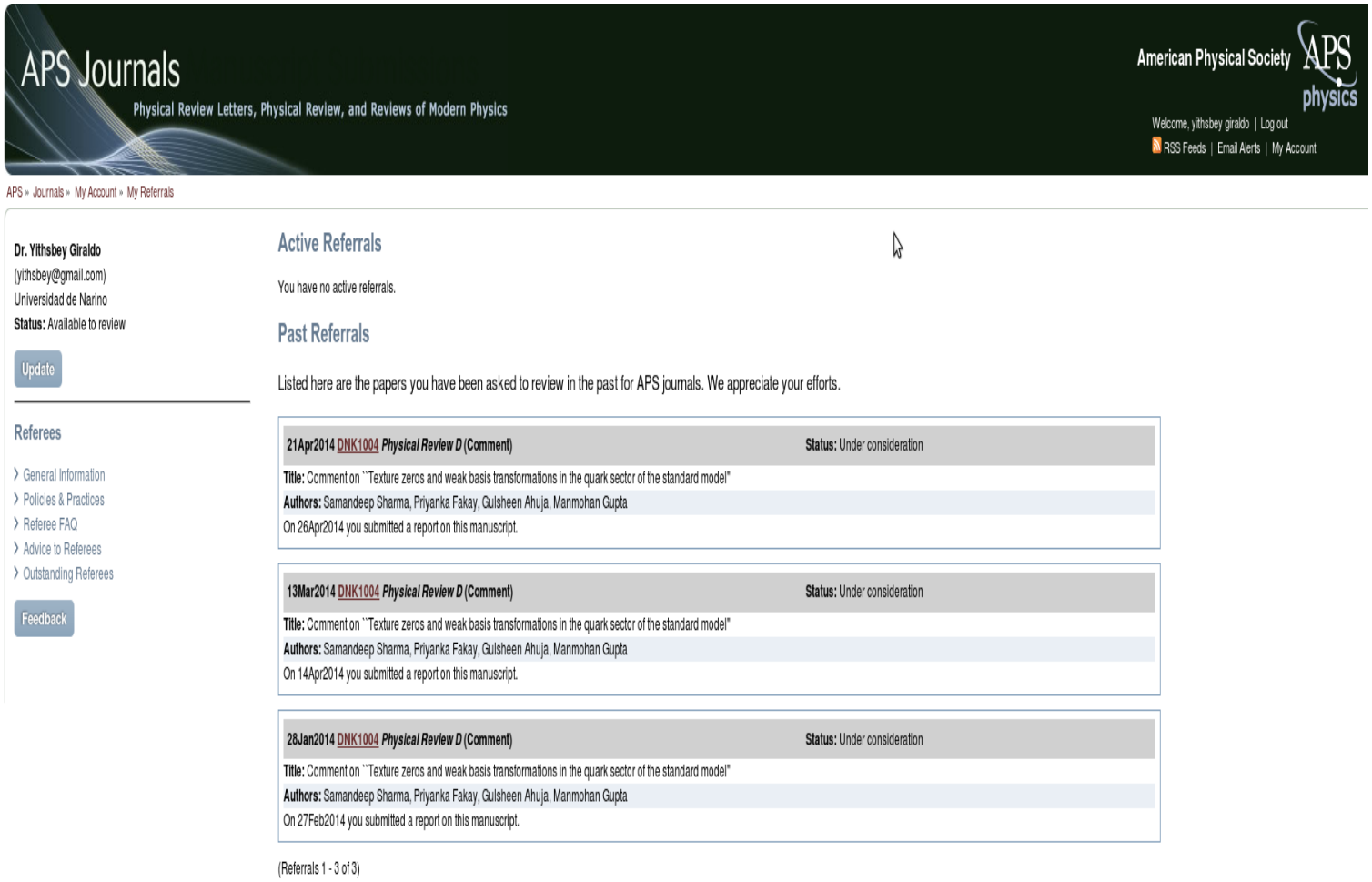
Trabajos del Grupo

Tesis y Trabajos Dirigidos: Años 2008-2014

- Jaime Betancourt, "TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA POR EMISION DE FOTONES INDIVIDUALES BAJO EL FRAMEWORK GAMOS" Universidad de Nariño Estado: Tesis concluida FISICA, 2013. Persona orientada: ALBERTO CUASAPUD.

Trabajos del Grupo

Tesis y Trabajos Dirigidos: Años 2008-2014



APS Journals

Physical Review Letters, Physical Review, and Reviews of Modern Physics

American Physical Society APS physics

Welcome, yithsbey giraldo | Log out

RSS Feeds | Email Alerts | My Account

APS » Journals » My Account » My Referrals

Dr. Yithsbey Giraldo
(yithsbey@gmail.com)
Universidad de Narino
Status: Available to review

Update

Referees

- General Information
- Policies & Practices
- Referee FAQ
- Advice to Referees
- Outstanding Referees

Feedback

Active Referrals

You have no active referrals.

Past Referrals

Listed here are the papers you have been asked to review in the past for APS journals. We appreciate your efforts.

21Apr2014 DNK1004 *Physical Review D* (Comment)	**Status:** Under consideration
Title: Comment on ``Texture zeros and weak basis transformations in the quark sector of the standard model''	
Authors: Samandeep Sharma, Priyanka Fakay, Gulsheen Ahuja, Manmohan Gupta	
On 26Apr2014 you submitted a report on this manuscript.	
13Mar2014 DNK1004 *Physical Review D* (Comment)	**Status:** Under consideration
Title: Comment on ``Texture zeros and weak basis transformations in the quark sector of the standard model''	
Authors: Samandeep Sharma, Priyanka Fakay, Gulsheen Ahuja, Manmohan Gupta	
On 14Apr2014 you submitted a report on this manuscript.	
28Jan2014 DNK1004 *Physical Review D* (Comment)	**Status:** Under consideration
Title: Comment on ``Texture zeros and weak basis transformations in the quark sector of the standard model''	
Authors: Samandeep Sharma, Priyanka Fakay, Gulsheen Ahuja, Manmohan Gupta	
On 27Feb2014 you submitted a report on this manuscript.	

(Referrals 1 - 3 of 3)

APS | Journals | Privacy | Policies | Contact Information | Join APS | Feedback | help@aps.org

Use of the American Physical Society websites and journals implies that the user has read and agrees to our Terms and Conditions and any applicable Subscription Agreement. Physical Review®, Physical Review Letters®, Reviews of Modern Physics®, and Physical Review Special Topics® are trademarks of the American Physical Society.

El Proceso de Investigar

- Investigar es un proceso que empieza por ilustrarse bien sobre tema a tratar, leyendo la mayor cantidad de literatura científica al respecto, preguntando a personas conocedoras del tópico, explorando en el internet., etc.

El Proceso de Investigar

- Investigar es un proceso que empieza por ilustrarse bien sobre tema a tratar, leyendo la mayor cantidad de literatura científica al respecto, preguntando a personas conocedoras del tópico, explorando en el internet., etc.
- Esta investigación previa le permite no solo empaparse de información, sino que le ayuda a no repetir investigaciones ya realizadas, o le permite mejorar las ya existentes.

El Proceso de Investigar

- Investigar es un proceso que empieza por ilustrarse bien sobre tema a tratar, leyendo la mayor cantidad de literatura científica al respecto, preguntando a personas conocedoras del tópico, explorando en el internet., etc.
- Esta investigación previa le permite no solo empaparse de información, sino que le ayuda a no repetir investigaciones ya realizadas, o le permite mejorar las ya existentes.
- Después de esto, ya puede abordar el problema en cuestión y obtener sus resultados. Es recomendable que sus resultados sean evaluados por expertos en el mismo, para que den una opinión, que le permita mejorar o corregir su investigación. Finalmente, publicar sus resultados.

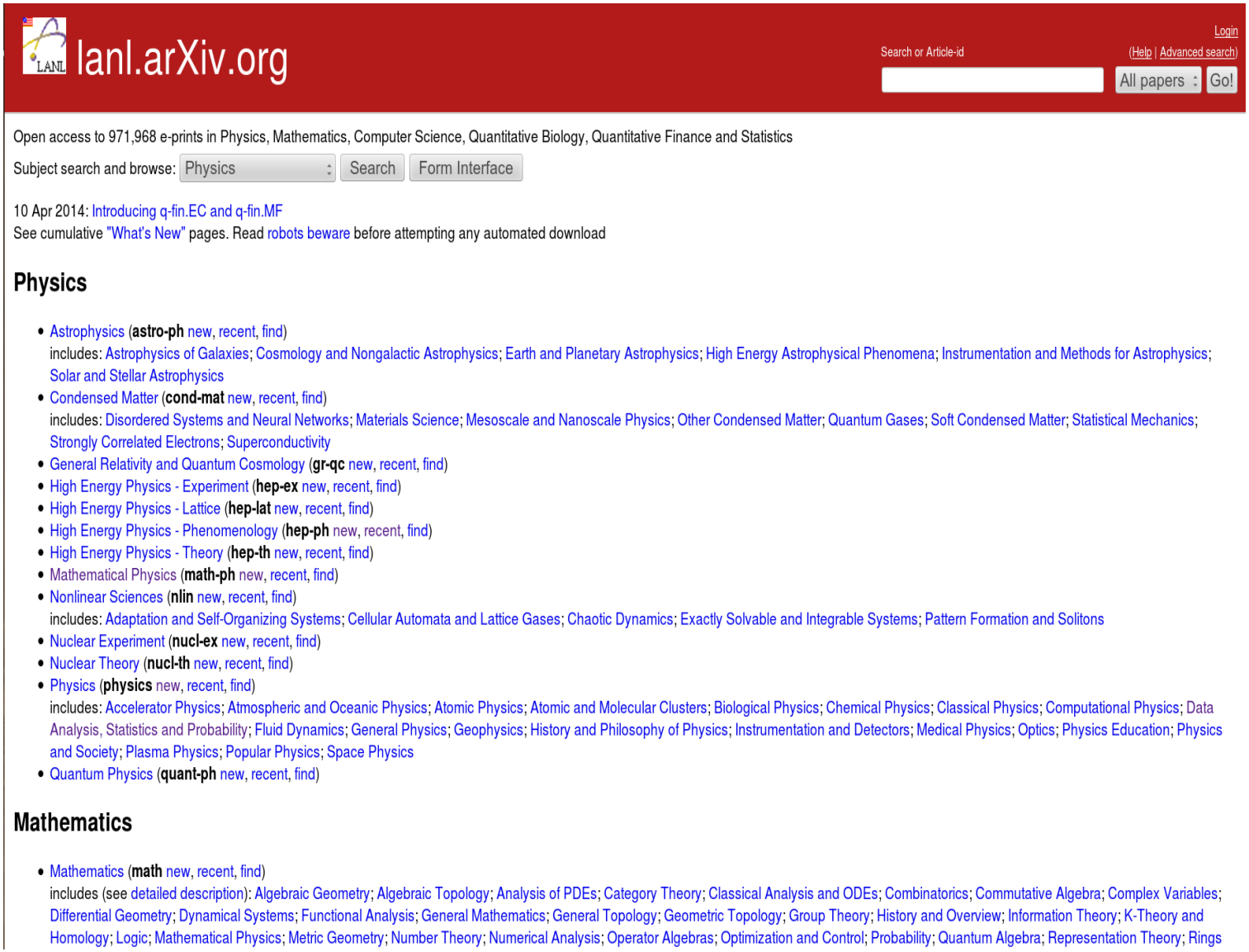
Herramientas Disponibles para Investigar

Bases de Datos y Archivos en Línea

- **http://xxx.lanl.gov/:** *arXiv* es un archivo en línea para prepublicaciones de artículos científicos en el campo de las matemáticas, física, informática y biología cuantitativa. De libre acceso. Revolucionó la forma en que se efectúan las publicaciones científicas. Algunos trabajos, incluidos algunos artículos influyentes, se quedan solo como e-prints y jamás son publicados en una revista científica.

Herramientas Disponibles para Investigar

Bases de Datos y Archivos en Línea



lanl.arXiv.org

Login

Search or Article-id (Help | Advanced search)

All papers Go!

Open access to 971,968 e-prints in Physics, Mathematics, Computer Science, Quantitative Biology, Quantitative Finance and Statistics

Subject search and browse: Physics Search Form Interface

10 Apr 2014: Introducing q-fin.EC and q-fin.MF

See cumulative "What's New" pages. Read robots beware before attempting any automated download

Physics

- Astrophysics (**astro-ph** new, recent, find)
  includes: Astrophysics of Galaxies; Cosmology and Nongalactic Astrophysics; Earth and Planetary Astrophysics; High Energy Astrophysical Phenomena; Instrumentation and Methods for Astrophysics; Solar and Stellar Astrophysics
- Condensed Matter (**cond-mat** new, recent, find)
  includes: Disordered Systems and Neural Networks; Materials Science; Mesoscale and Nanoscale Physics; Other Condensed Matter; Quantum Gases; Soft Condensed Matter; Statistical Mechanics; Strongly Correlated Electrons; Superconductivity
- General Relativity and Quantum Cosmology (**gr-qc** new, recent, find)
- High Energy Physics - Experiment (**hep-ex** new, recent, find)
- High Energy Physics - Lattice (**hep-lat** new, recent, find)
- High Energy Physics - Phenomenology (**hep-ph** new, recent, find)
- High Energy Physics - Theory (**hep-th** new, recent, find)
- Mathematical Physics (**math-ph** new, recent, find)
- Nonlinear Sciences (**nlin** new, recent, find)
  includes: Adaptation and Self-Organizing Systems; Cellular Automata and Lattice Gases; Chaotic Dynamics; Exactly Solvable and Integrable Systems; Pattern Formation and Solitons
- Nuclear Experiment (**nucl-ex** new, recent, find)
- Nuclear Theory (**nucl-th** new, recent, find)
- Physics (**physics** new, recent, find)
  includes: Accelerator Physics; Atmospheric and Oceanic Physics; Atomic Physics; Atomic and Molecular Clusters; Biological Physics; Chemical Physics; Classical Physics; Computational Physics; Data Analysis, Statistics and Probability; Fluid Dynamics; General Physics; Geophysics; History and Philosophy of Physics; Instrumentation and Detectors; Medical Physics; Optics; Physics Education; Physics and Society; Plasma Physics; Popular Physics; Space Physics
- Quantum Physics (**quant-ph** new, recent, find)

Mathematics

- Mathematics (**math** new, recent, find)
  includes (see detailed description): Algebraic Geometry; Algebraic Topology; Analysis of PDEs; Category Theory; Classical Analysis and ODEs; Combinatorics; Commutative Algebra; Complex Variables; Differential Geometry; Dynamical Systems; Functional Analysis; General Mathematics; General Topology; Geometric Topology; Group Theory; History and Overview; Information Theory; K-Theory and Homology; Logic; Mathematical Physics; Metric Geometry; Number Theory; Numerical Analysis; Operator Algebras; Optimization and Control; Probability; Quantum Algebra; Representation Theory; Rings

Herramientas Disponibles para Investigar

Bases de Datos y Archivos en Línea

- **http://xxx.lanl.gov/:** *arXiv* es un archivo en línea para prepublicaciones de artículos científicos en el campo de las matemáticas, física, informática y biología cuantitativa. De libre acceso. Revolucionó la forma en que se efectúan las publicaciones científicas. Algunos trabajos, incluidos algunos artículos influyentes, se quedan solo como e-prints y jamás son publicados en una revista científica.
- **Fundador:** Paul Ginsparg, un físico de partículas.

Herramientas Disponibles para Investigar

Bases de Datos y Archivos en Línea

- **http://inspirehep.net/:** *arXiv* INSPIRE-HEP es una biblioteca digital de acceso abierto para el campo de la Física de Altas Energías (HEP).

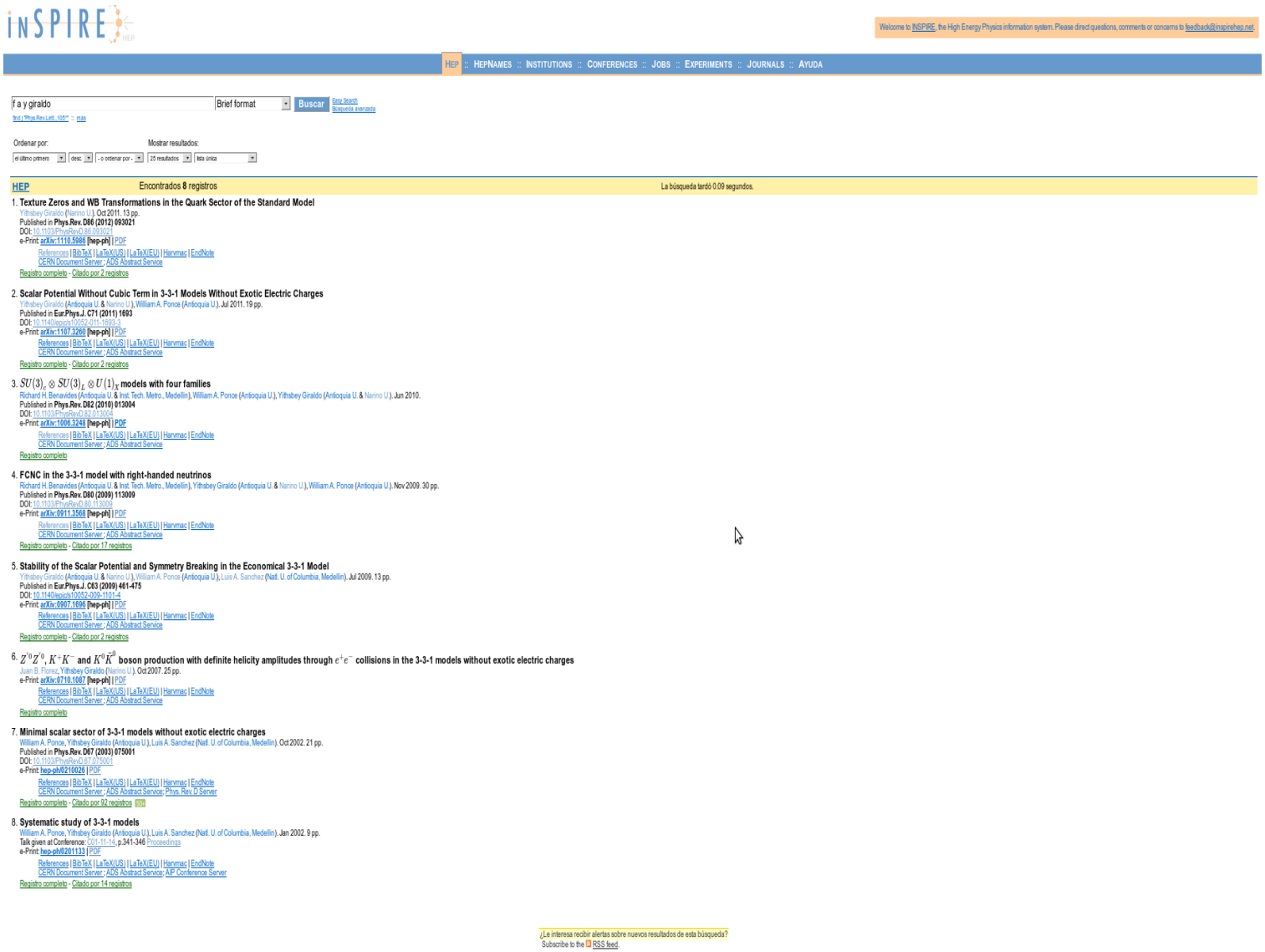
Herramientas Disponibles para Investigar

Bases de Datos y Archivos en Línea

- **http://inspirehep.net/:** *arXiv* INSPIRE-HEP es una biblioteca digital de acceso abierto para el campo de la Física de Altas Energías (HEP).
- **Se extrae información:** trabajos publicados y las respectivas revistas, coautores, se puede bajar el artículo, número de citaciones, ver perfil del autor.

Herramientas Disponibles para Investigar

Bases de Datos y Archivos en Línea



Herramientas Disponibles para Investigar

Bases de Datos y Archivos en Línea

e-Print: arXiv:0911.3568 [hep-ph] | PDF

References | BibTeX | LaTeX(US) | LaTeX(EU) | Harvmac | EndNote
CERN Document Server ; ADS Abstract Service

Registro completo - Citado por 17 registros

5. **Stability of the Scalar Potential and Symmetry Breaking in the Economical 3-3-1 Model**
Yithsbey Giraldo (Antioquia U. & Narino U.), William A. Ponce (Antioquia U.), Luis A. Sanchez (Natl. U. of Columbia, Medellin). Jul 2009. 13 pp.
Published in **Eur.Phys.J. C63 (2009) 461-475**
DOI: 10.1140/epjc/s10052-009-1101-4
e-Print: **arXiv:0907.1696 [hep-ph]** | PDF

References | BibTeX | LaTeX(US) | LaTeX(EU) | Harvmac | EndNote
CERN Document Server ; ADS Abstract Service

Registro completo - Citado por 2 registros

6. **$Z'^0 Z'^0$, $K^+ K^-$ and $K^0 \bar{K}^0$ boson production with definite helicity amplitudes through $e^+ e^-$ collisions without exotic electric charges**
Juan B. Florez, Yithsbey Giraldo (Narino U.). Oct 2007. 25 pp.
e-Print: **arXiv:0710.1087 [hep-ph]** | PDF

References | BibTeX | LaTeX(US) | LaTeX(EU) | Harvmac | EndNote
CERN Document Server ; ADS Abstract Service

Registro completo

7. **Minimal scalar sector of 3-3-1 models without exotic electric charges**
William A. Ponce, Yithsbey Giraldo (Antioquia U.), Luis A. Sanchez (Natl. U. of Columbia, Medellin). Oct 2002. 21 pp.
Published in **Phys.Rev. D67 (2003) 075001**
DOI: 10.1103/PhysRevD.67.075001
e-Print: **hep-ph/0210026** | PDF

References | BibTeX | LaTeX(US) | LaTeX(EU) | Harvmac | EndNote
CERN Document Server ; ADS Abstract Service; Phys. Rev. D Server

Registro completo - Citado por 92 registros 50+

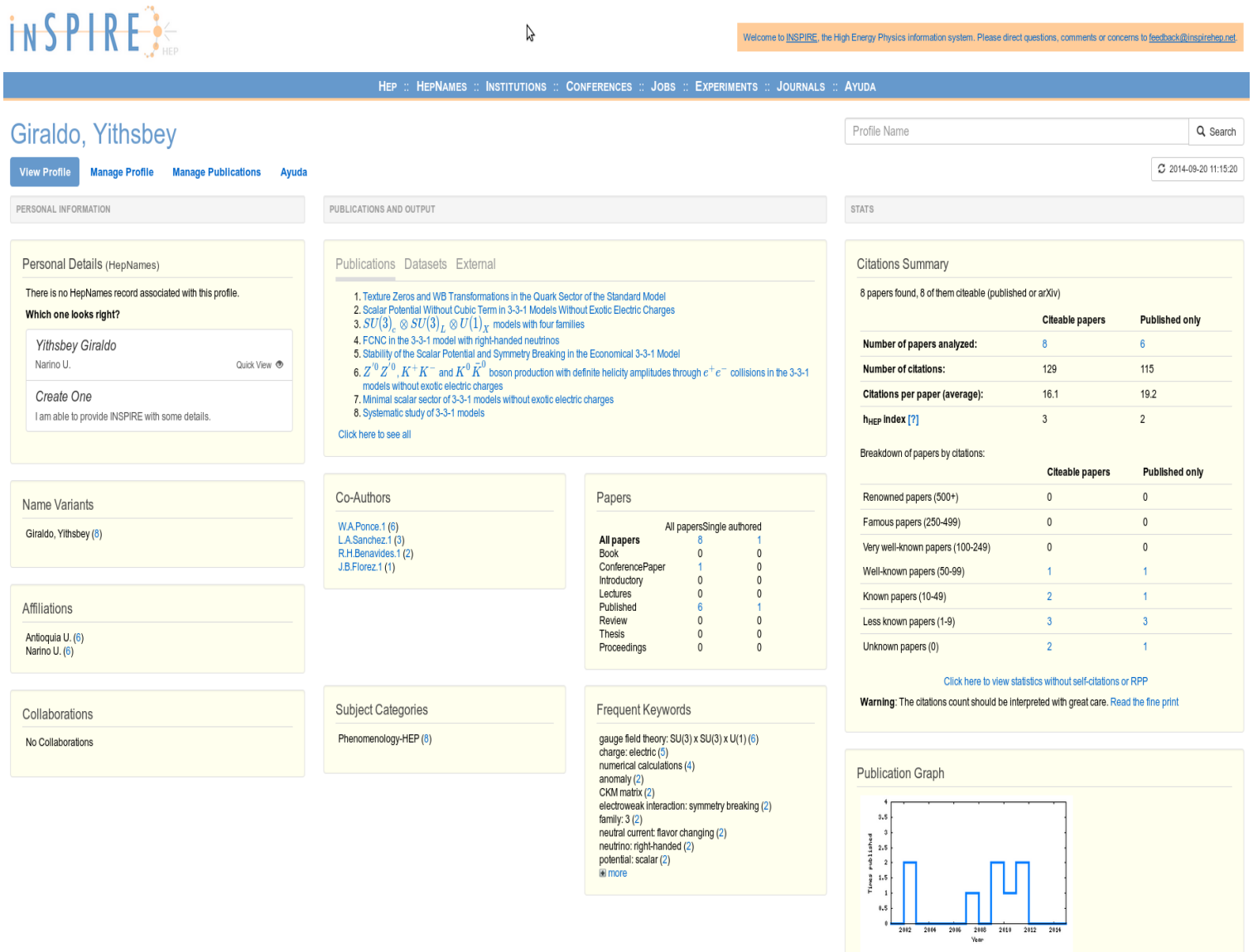
8. **Systematic study of 3-3-1 models**
William A. Ponce, Yithsbey Giraldo (Antioquia U.), Luis A. Sanchez (Natl. U. of Columbia, Medellin). Jan 2002. 9 pp.
Talk given at Conference: C01-11-14, p.341-346 Proceedings
e-Print: **hep-ph/0201133** | PDF

References | BibTeX | LaTeX(US) | LaTeX(EU) | Harvmac | EndNote
CERN Document Server ; ADS Abstract Service; AIP Conference Server

Registro completo - Citado por 14 registros

Herramientas Disponibles para Investigar

Bases de Datos y Archivos en Línea



Herramientas Disponibles para Investigar

Sistema Operativo Linux y la Computación

Herramientas Disponibles para Investigar

Sistema Operativo Linux y la Computación

- La razón de incluir este tema en mi charla es que el linux es el software preferido por la comunidad científica y universitaria. Su versatilidad y bajos costos es el sistema operativo que debería usarse en las Universidades. Actualmente el soporte de hardware es muy bueno, y suple la mayoría de las necesidades de la comunidad académica: tiene disponible un amplio abanico de software de uso libre: Latex (para escribir textos científicos), Root (para análisis estadístico, desarrollado en el CERN), Máxima (para álgebra computacional), Octave (para cálculos numéricos)...

Herramientas Disponibles para Investigar

Sistema Operativo Linux y la Computación

- Linux es un sistema operativo libre: puede ser usado, copiado, estudiado, modificado, y redistribuido libremente de varias formas. Es desarrollado por colaboradores de todo el mundo.

Herramientas Disponibles para Investigar

Sistema Operativo Linux y la Computación

- Linux es un sistema operativo libre: puede ser usado, copiado, estudiado, modificado, y redistribuido libremente de varias formas. Es desarrollado por colaboradores de todo el mundo.
- Linus Benedict Torvalds: fue el que inició y mantuvo el desarrollo del núcleo Linux, basándose en el sistema operativo libre Minix creado por Andrew S. Tanenbaum (doctor en física).

Herramientas Disponibles para Investigar

Linux en los Laboratorios de Física del Departamento de Física

- **Linux:** es un sistema operativo liviano que funciona adecuadamente en computadores considerados "obsoletos".

Herramientas Disponibles para Investigar

Linux en los Laboratorios de Física del Departamento de Física

- **Linux:** es un sistema operativo liviano que funciona adecuadamente en computadores considerados "obsoletos".

Herramientas Disponibles para Investigar

Linux en los Laboratorios de Física del Departamento de Física

- **Linux:** es un sistema operativo liviano que funciona adecuadamente en computadores considerados "obsoletos".

Herramientas Disponibles para Investigar

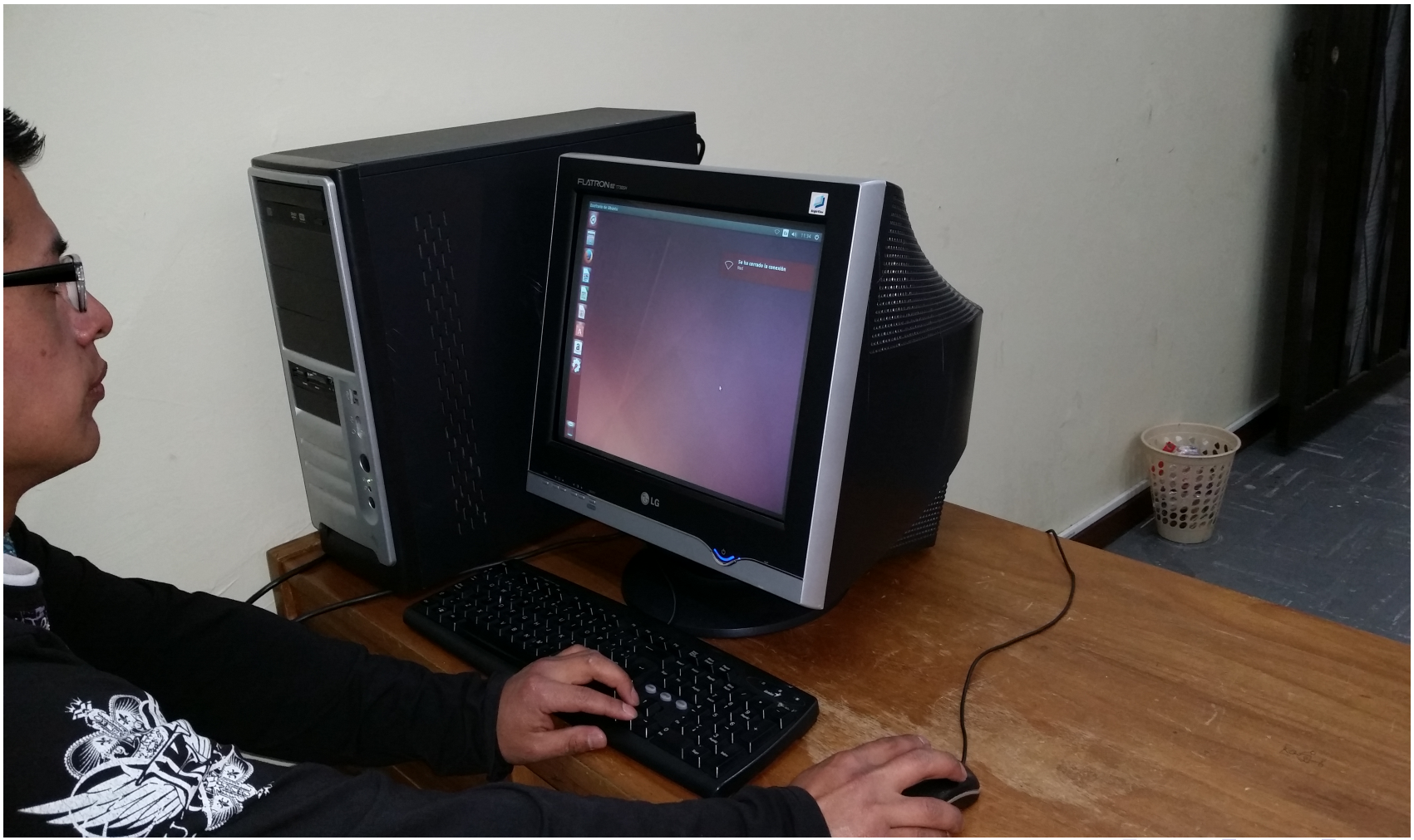
Linux en los Laboratorios de Física del Departamento de Física

- **Linux:** es un sistema operativo liviano que funciona adecuadamente en computadores considerados "obsoletos".

Herramientas Disponibles para Investigar

Linux en los Laboratorios de Física del Departamento de Física

- **Linux:** es un sistema operativo liviano que funciona adecuadamente en computadores considerados "obsoletos".



Herramientas Disponibles para Investigar

Linux en los Laboratorios de Física del Departamento de Física

- En nuestros Laboratorios de Física "reciclamos" computadores que son desechados por otras facultades, para usarlos en nuestros laboratorios con el sistema operativo LINUX y hacer tratamientos estadísticos con el programa ROOT.

Herramientas Disponibles para Investigar

Linux en los Laboratorios de Física del Departamento de Física

Herramientas Disponibles para Investigar

Linux en los Laboratorios de Física del Departamento de Física

- No tenemos que comprar software, ni pagar licencias, ni actualizaciones.

Los ahorros económicos son enormes.

Herramientas Disponibles para Investigar

Linux en los Laboratorios de Física del Departamento de Física

Herramientas Disponibles para Investigar

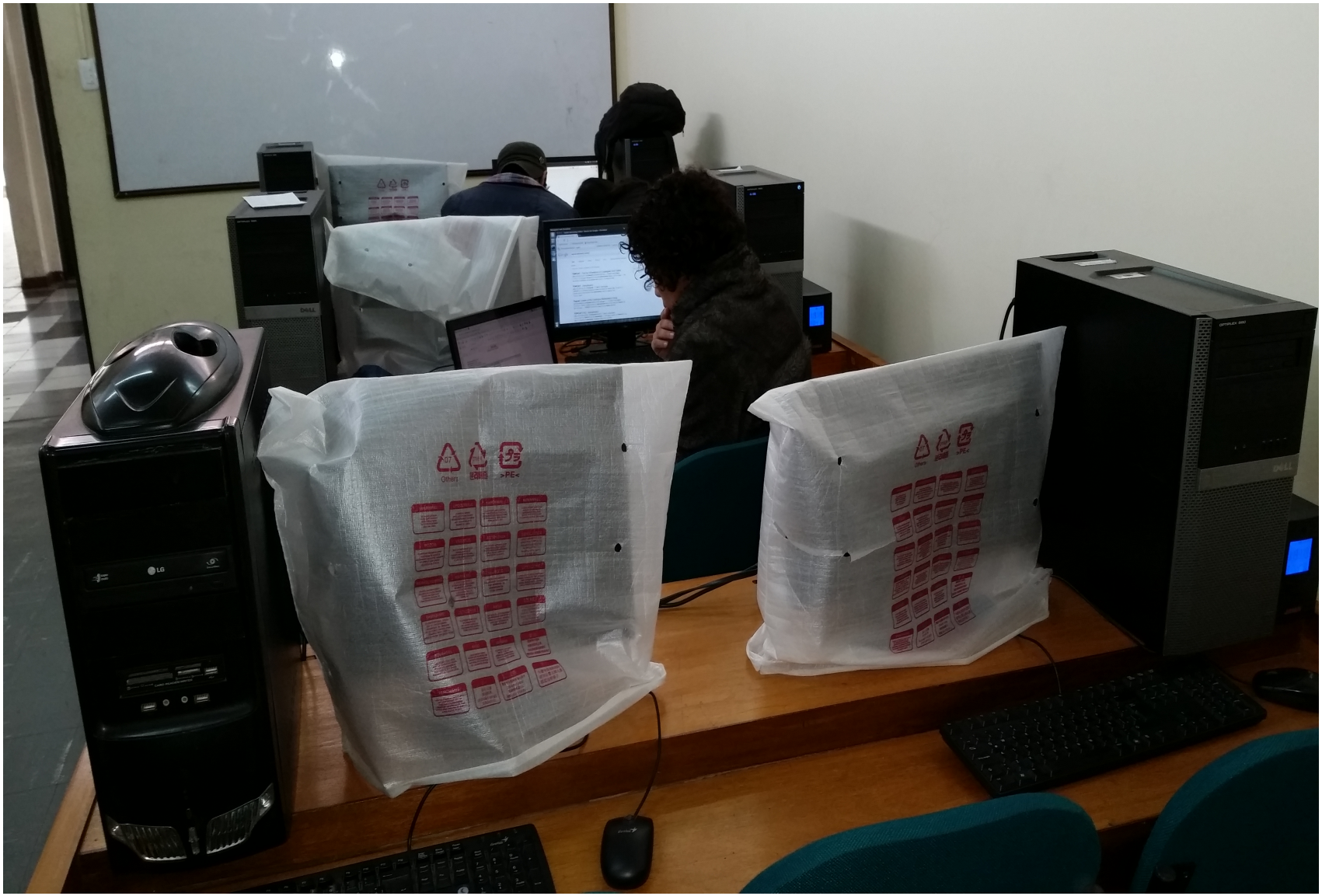
Linux en los Laboratorios de Física del Departamento de Física

- Nuestros computadores no padecen de virus, ni se dañan fácilmente.

Tengo computadores con 4, 6 años de uso y nunca han requerido de un mantenimiento, a pesar del fuerte uso que le dan los estudiantes.

Herramientas Disponibles para Investigar

Linux en los Laboratorios de Física del Departamento de Física



Herramientas Disponibles para Investigar

Linux en los Laboratorios de Física del Departamento de Física

Herramientas Disponibles para Investigar

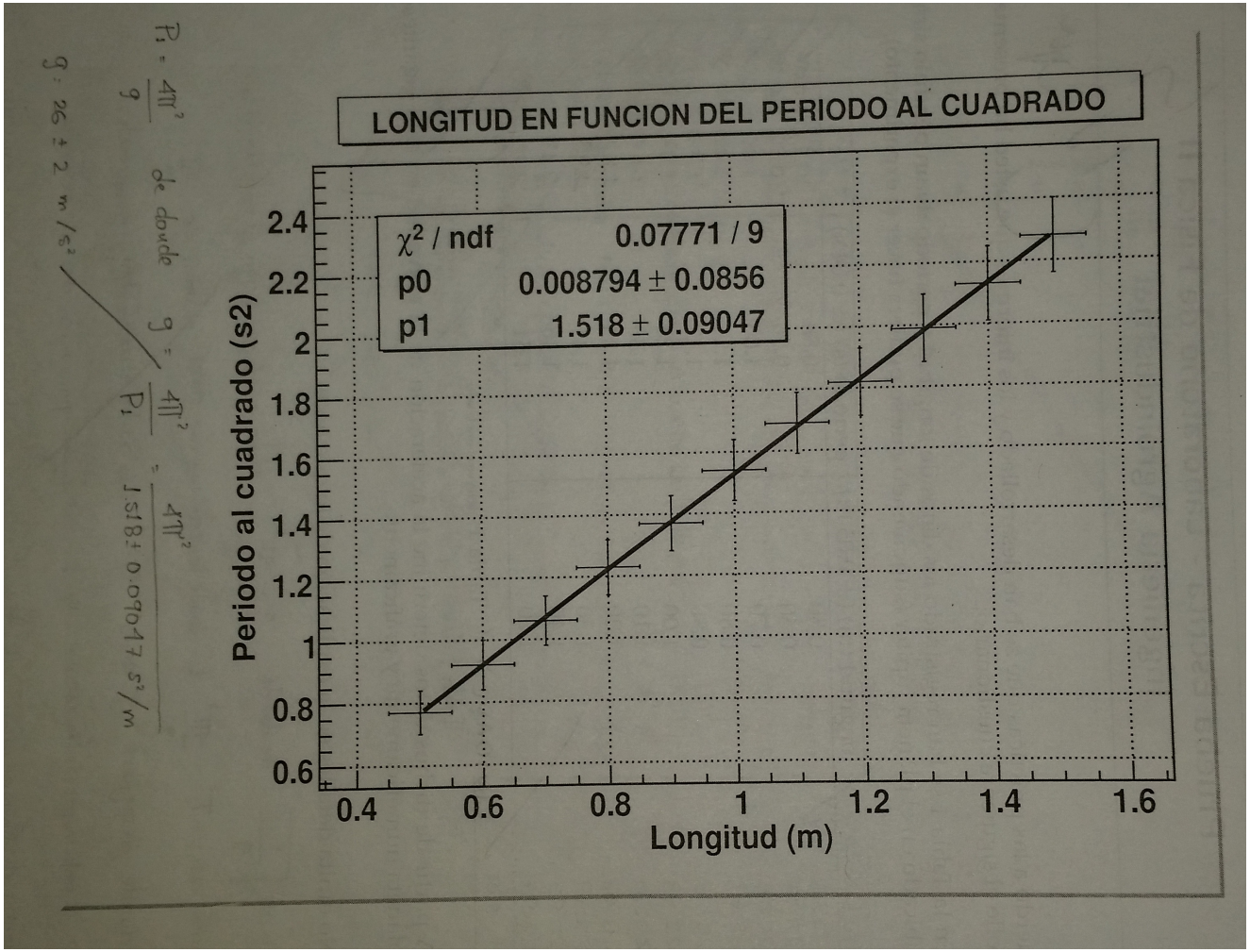
El Software ROOT para Análisis Estadístico

- Los trabajos de los estudiantes son de calidad, usando el software más moderno para análisis estadístico, como el ROOT.

Herramientas Disponibles para Investigar

El Software ROOT para Análisis Estadístico

- Los trabajos de los estudiantes son de calidad, usando el software más moderno para análisis estadístico, como el ROOT.



Herramientas Disponibles para Investigar

El Software ROOT para Análisis Estadístico

- **ROOT:** El sistema ROOT es un framework (marco de trabajo) para el desarrollo de aplicaciones de análisis de datos científicos a gran escala desarrollado por el CERN.

Herramientas Disponibles para Investigar

El Software ROOT para Análisis Estadístico

- Puede procesar entradas de más de 10 terabytes. Dirigido originalmente al análisis de datos en la física de partículas, si bien tiene muchas características específicas para este trabajo, puede ser igualmente útil para el análisis de datos en otros campos.

Herramientas Disponibles para Investigar

El Software ROOT para Análisis Estadístico

My first ROOT interactive session

ROOT is based on CINT, a powerful C/C++ interpreter.

Blocks of lines can be entered within {...}.

Previous typed lines can be recalled.

Root > float x=5; float y=7;

Root > x*sqrt(y)

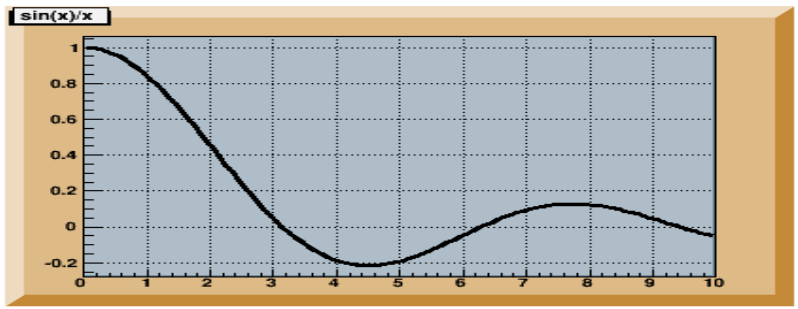
```
(double)1.322875655532e+01
```

Root > for (int i=2;i<7;i++) printf("sqrt(%d) = %f",i,sqrt(i));

```
sqrt(2) = 1.414214
sqrt(3) = 1.732051
sqrt(4) = 2.000000
sqrt(5) = 2.236068
sqrt(6) = 2.449490
```

Root > TF1 f1("f1","sin(x)/x",0,10)

Root > f1.Draw()



LaTeX: Procesador de Textos Científicos

- **LaTeX:** es un sistema de composición de textos, orientado especialmente a la creación de libros, documentos científicos y técnicos que contengan fórmulas matemáticas. Es de uso libre.

LaTeX: Procesador de Textos Científicos

- **LaTeX:** es un sistema de composición de textos, orientado especialmente a la creación de libros, documentos científicos y técnicos que contengan fórmulas matemáticas. Es de uso libre.
- LaTeXno consume muchos recursos de memoria. El libro de mi autoría de 140 páginas con más de 40 figuras, ocupa sólo 798 KB en pdf (y el código menos 500 KB), ¡Ni siquiera 1 Mega! Tanto así que se puede enviar a través de un correo electrónico.

LaTeX: Procesador de Textos Científicos

LaTeX: Procesador de Textos Científicos

- Las bases de datos y revista internacionales requieren que sus trabajos estén escritos en LaTeX. La calidad tipográfica de los documentos realizados con LaTeX es comparable a la de una editorial científica de primera línea.

PHYSICAL REVIEW D **86,** 093021 (2012)

Texture zeros and weak basis transformations in the quark sector of the standard model

Yithsbey Giraldo

Departamento de Física, Universidad de Nariño, A.A. 1175 San Juan de Pasto, Colombia

(Received 19 December 2011; published 19 November 2012)

Stimulated by the recent attention given to the texture zeros found in the quark mass matrices sector of the standard model, an analytical method for identifying (or excluding) texture zeros models will be implemented here. Starting from arbitrary quark mass matrices and making a suitable weak basis transformation, we are be able to find an equivalent quark mass matrix. It is shown that the number of nonequivalent quark mass matrix representations is finite. We give exact numerical results for parallel and nonparallel four-texture zeros models. We find that some five-texture zeros *Ansätze* are in agreement with all present experimental data, and we confirm definitively that six-texture zeros of Hermitian quark mass matrices are not viable models anymore.

DOI: 10.1103/PhysRevD.86.093021 PACS numbers: 12.15.Ff

I. INTRODUCTION

Although the gauge sector of the standard model (SM) with the $SU(3)_C \otimes SU(2)_L \otimes U(1)_Y$ symmetry is very successful, the Yukawa sector of the SM is still poorly understood. The origin of the fermion masses, the mixing angles, and the CP violation remain as open problems in particle physics. There have been a lot of studies of possible fundamental symmetries in the Yukawa coupling matrices of the SM [1–3]. In the absence of a more fundamental theory of interactions, an independent phenomenological model approach to search for possible textures or symmetries in the fermion mass matrices is still playing an important role.

In the SM, the mass term is given by

$$-\mathcal{L}_M = \bar{u}_R M_u u_L + \bar{d}_R M_d d_L + \text{H.c.}, \qquad (1.1)$$

where the mass matrices M_u and M_d are three-dimensional complex matrices. In the most general case, they contain 36 real parameters. A first simplification, without losing generality, makes use of the polar decomposition theorem of matrix algebra, by which one can always express a general mass matrix as a product of a Hermitian and unitary matrix. Therefore, we can consider quark mass matrices to be Hermitian as the unitary matrix can be absorbed in the right- handed quark fields. This immediately brings down the number of free parameters from 36 to 18.

A simple and instructive *Ansatz* of Hermitian quark mass matrices with six-texture zeros was first proposed in Ref. [1]. An additional nonparallel six-texture zeros was given in Ref. [4]. Both textures are currently ruled out [5] because, among other things, they do not reproduce some entries of the Cabibbo-Kobayashi-Maskawa (CKM) mixing matrix V. Specifically, in both cases, the magnitude of $|V_{ub}/V_{cb}|$ predicted by $\sqrt{m_u/m_c}$ is too low ($V_{ub}/V_{cb} \approx 0.06$ or smaller for reasonable values of the quark masses m_u and m_c [6,7]) to agree with the present experimental result ($|V_{ub}/V_{cb}|_{\text{ex}} \approx 0.09$ [6]). Because of this, some authors have highly recommended the use of four-texture zeros [5,8,9]. It is shown in this work that four-texture zeros is readily feasible, and we can even get five-texture zeros.

We would, therefore, present an analytical method to calculate models containing various texture zeros in the quark mass matrix sector, taking into account the latest experimental data provided [6]. We use simultaneously in our research two very common approaches: one approach, which is used in conjunction with the second approach, consists of placing zeros (called texture zeros) at certain entries of quark mass matrices that can predict self-consistent and experimentally favored relations between quark masses and flavor mixing parameters [4,10,11]; the second approach involves the WB transformation (weak basis transformation), which transforms the quark mass matrix representations into new equivalent ones [8].

This paper is organized as follows: in Sec. II we discuss some issues related to the WB transformation method and its utilities. Section III is dedicated to obtaining some numerical parallel and nonparallel four-texture zeros quark mass matrices using special techniques, which we then use in Sec. IV to find five-texture zeros in quark mass matrices compatible with the present experimental data. This configuration is studied from an analytical point of view in Sec. V, and our conclusions are presented in Sec. VI. The method used extensively throughout this paper to find texture zeros is verified in Appendix .

II. WB TRANSFORMATIONS

The most general WB transformation [8], that leaves the physical content invariable and the mass matrices Hermitian, is

$$M_u \to M_u' = U^\dagger M_u U, \qquad M_d \to M_d' = U^\dagger M_d U, \quad (2.1)$$

where U is an arbitrary unitary matrix. We say that the two representations $M_{u,d}$ and $M'_{u,d}$ are equivalent to each other. Besides, it implies that the number of equivalent

 © 2012 American Physical Society

LaTeX: Procesador de Textos Científicos

- **LaTeX:** fue desarrollado por Leslie Lamport y Donald Knuth (matemáticos).

LaTeX: Procesador de Textos Científicos

- Los estudiantes de física están obligados a hacer sus tesis de grado en LaTeX.

LaTeX: Procesador de Textos Científicos

```
\documentclass[12pt]{article}
\usepackage[spanish]{babel}
\usepackage{amsmath}
\title{\LaTeX}
\date{}
% Este es un comentario, no será mostrado en el documento final.
\begin{document}
  \maketitle \LaTeX{} es un programa para preparar documentos con
  el sistema de tipograf\'ias\footnote{%nota al pie de página
                Seg\'un Wikipedia, la tipograf\'ia es el arte y t\'ecnica del manejo y selecci\'on de tipos,
originalmente de plomo, para crear trabajos de impresi\'on } %fin nota al pie de página
  \TeX{}. \LaTeX{} fue desarrollado originalmente por Leslie Lamport
  en 1984 y se convirti\'o en el m\'etodo dominante para la
  manipulaci\'on de \TeX. La versi\'on utilizada para generar
  este documento es \LaTeXe.
  \newline
  % El siguiente código muestra la calidad de la tipografía de LaTeX
  \begin{align}
    E &= mc^2                                    \\
    m &= \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}
  \end{align}
\end{document}
```

resultado

LaTeX

LaTeX es un programa para preparar documentos con el sistema de tipografías[1] TeX. LaTeX fue desarrollado originalmente por Leslie Lamport en 1984 y se convirtió en el método dominante para la manipulación de TeX. La versión utilizada para generar este documento es LaTeX 2_ε.

$$E = mc^2 \quad (1)$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \quad (2)$$

[1]Según Wikipedia, la tipografía es el arte y técnica del manejo y selección de tipos, originalmente de plomo, para crear trabajos de impresión

1

LaTeX: Procesador de Textos Científicos

- **LaTeX:** realiza de manera automática muchas tareas que de otro modo podrían resultar engorrosas: numerar capítulos y figuras, incluir y organizar la bibliografía adecuada, mantener índices y referencias cruzadas.

Índice general

1. Descripción General **1**

2. El Modelo Estandar **3**
2.1. Introducción . . . 3
2.2. El Contenido Fermiónico . . . 4
2.3. La Derivada Covariante . . . 5
2.4. El Lagrangiano Cinético . . . 6
2.5. El Sector Escalar . . . 6
2.5.1. El Potencial Escalar y el Rompimiento Espontáneo de la Simetría . . . 6
2.5.2. El Mecanismo Higgs . . . 8
2.6. Masa para los Bosones Gauge . . . 8
2.7. Acoples con el Higgs . . . 9
2.8. Masa para los Fermiones . . . 10
2.9. Corrientes . . . 10
2.9.1. Corrientes Cargadas . . . 11
2.9.2. Corrientes Neutras . . . 11
2.10. Más Familias Fermiónicas . . . 11
2.10.1. Modelo con dos Familias Fermiónicas . . . 12
2.10.2. Modelo con tres Familias . . . 14
2.11. La Cromodinámica Cuántica . . . 14
2.12. El Modelo Estándar, una Teoría Renormalizable y sin Anomalías . . . 15

3. El Modelo $SU(3)_c \otimes SU(3)_L \otimes U(1)_X$ **17**
3.1. Introducción . . . 17
3.2. Fundamentos de la teoría 3-3-1 . . . 18
3.3. Algunos Ejemplos de versiones de Modelo 3-3-1 . . . 19
3.3.1. El Modelo de Pisano-Pleitez-Frampton . . . 19
3.3.2. Otra Versión 3-3-1 en la Literatura . . . 20
3.3.3. Otras Versiones . . . 21

4. El Modelo 3-3-1 Económico **23**
4.1. Introducción . . . 23
4.2. Revisión del Método para el THDM . . . 25
4.2.1. Estabilidad . . . 27
4.2.2. Localización de los puntos estacionarios y criterios para EWSB . . . 29
4.3. El Modelo 3-3-1 Económico . . . 31
4.3.1. El sector escalar del modelo 3-3-1 económico . . . 31
4.3.2. Las variables orbitales . . . 31

LaTeX: Procesador de Textos Científicos

LaTeX: Procesador de Textos Científicos

LaTeX: Procesador de Textos Científicos

El escudo está escrito en código latex:

```
\begin{center}
 \scalebox{2} % Change this value to rescale the drawing.
{
\begin{pspicture}(0,-4.39)(8.6,4.2)
\definecolor{color1932b}{rgb}{0.815686274509803,0.725490196078431,0.09803
%circulo
\definecolor{color1889}{rgb}{0.992156862745098,0.992156862745098,0.407843
%azul
\definecolor{color1889b}{rgb}{0.7,0.9,0.97}
\definecolor{color1819}{rgb}{0.0,0.705882352941176,0.92}
%verdes
\definecolor{color4142b}{rgb}{0.4,0.9,0.3}
\definecolor{color4144c}{rgb}{0,0.7,0.0}
%rio
\definecolor{color5836b}{rgb}{0.121568627450980,0.917647058823529,0.9607
%tierra
\definecolor{color5865}{rgb}{0.823529411764706,0.317647058823529,0.043137
\definecolor{color5865b}{rgb}{0.898039215686274,0.392156862745098,0.1215
\pscircle[linewidth=0.05,fillstyle=solid,fillcolor=color1889](4.31,-0.14){4
\pscircle[linewidth=0.04,fillstyle=solid,fillcolor=color1889b](4.3,-0.09){3
\pstextpath{\psarcn[linestyle=none](4.3,-0.09){3.67}{175}{5}}{{\large {\sc\
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\pstriangle[linewidth=0.02,dimen=outer,fillstyle=solid,fillcolor=gray](4.3,
\psframe[linewidth=0.018,dimen=outer,fillstyle=solid,fillcolor=gray](4.56,1
\pspolygon[linewidth=0.016,fillstyle=solid,fillcolor=gray](3.86,0.61)(4.04,
\pspolygon[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=gray](3.54,-0.11)(3.74,
\psline[linewidth=0.02cm](3.74,-0.17)(3.74,-0.27)
\psline[linewidth=0.02cm](4.9,-0.17)(4.9,-0.27)
%
\psframe[linewidth=0.02,dimen=outer,fillstyle=solid,fillcolor=gray](4.92,0.
\pspolygon[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=gray](3.46,0.51)(3.46,0
\psline[linewidth=0.02cm](3.74,0.41)(3.74,0.31)
\psline[linewidth=0.02cm](4.92,0.41)(4.92,0.31)
%puerta
\psframe[linewidth=0.02,dimen=outer,fillstyle=solid,fillcolor=gray](4.5,0.0
\psarc[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=gray](4.309,0.0){0.18}{0.0}
\psline[linewidth=0.02](4.5,0.0)(4.12,0.0)
\psline[linewidth=0.02cm](4.31,0.19)(4.31,-0.27)
%%ventanas
\psframe[linewidth=0.02,dimen=outer,fillstyle=solid,fillcolor=lightgray](4.
\psframe[linewidth=0.02,dimen=outer,fillstyle=solid,fillcolor=lightgray](4.
\psline[linewidth=0.02cm](3.94,0.21)(3.94,0.07)
\psline[linewidth=0.02cm](4.7,0.21)(4.7,0.07)
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\psline[linewidth=0.02](4.82,0.59)(4.88,0.49)(5.12,0.49)
%aboles
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color4144c](3.537855,-0.
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](3.4976428,-0.8468051)(3.4376428,-0.969
\psline[linewidth=0.04cm](3.3888214,-0.9698083)(3.5596962,-0.9698083)
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color4144c](4.057855,-0.
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](4.0176425,-0.4668051)(3.9576428,-0.589
\psline[linewidth=0.04cm](3.9088213,-0.5898083)(4.079696,-0.5898083)
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color4144c](3.937855,-0.
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](3.8976426,-0.98680514)(3.8376427,-1.10
\psline[linewidth=0.04cm](3.7888215,-1.1098083)(3.959696,-1.1098083)
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color4144c](4.017855,-1.
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](3.9776428,-1.4268051)(3.9176428,-1.549
\psline[linewidth=0.04cm,fillstyle=solid,fillcolor=color4144c](3.8688214,-1
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color4144c](3.557855,-1.
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer,fillstyle=solid,fillcolor=color4144c](3
\psline[linewidth=0.04cm](3.4088213,-1.5698084)(3.5796962,-1.5698084)
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color4144c](3.857855,-1.
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](3.8176427,-1.8468051)(3.7576427,-1.969
\psline[linewidth=0.04cm](3.7088213,-1.9698083)(3.8796961,-1.9698083)
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color4144c](4.817855,-0.
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color4144c](5.217855,-1.
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](5.177643,-1.4468051)(5.117643,-1.56980
\psline[linewidth=0.04cm](5.0688214,-1.5698084)(5.239696,-1.5698084)
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color4144c](4.797855,-1.
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](4.7576427,-1.4268051)(4.697643,-1.5498
\psline[linewidth=0.04cm](4.6488214,-1.5498083)(4.819696,-1.5498083)
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color4144c](4.937855,-1.
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](4.8976426,-1.8468051)(4.8376427,-1.969
\psline[linewidth=0.04cm](4.788821,-1.9698083)(4.9596963,-1.9698083)
%%%%%leon 1 derecha
\rput(0,0){
%relleno pierna leon 1 derecho
\pscustom[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b,linecolor=col
{
\newpath
\moveto(6.3,0.33)
\lineto(6.27,0.3)
\curveto(6.255,0.285)(6.215,0.26)(6.19,0.25)
\curveto(6.165,0.24)(6.13,0.21)(6.12,0.19)
\curveto(6.11,0.17)(6.105,0.13)(6.11,0.11)
\curveto(6.115,0.09)(6.125,0.045)(6.13,0.02)
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\lineto(5.84,1.42)
\curveto(5.84,1.395)(5.85,1.345)(5.86,1.32)
\curveto(5.87,1.295)(5.905,1.265)(5.93,1.26)
\curveto(5.955,1.255)(6.005,1.24)(6.03,1.23)
\curveto(6.055,1.22)(6.09,1.185)(6.1,1.16)
\curveto(6.11,1.135)(6.11,1.09)(6.1,1.07)
\curveto(6.09,1.05)(6.09,1.015)(6.1,1.0)
\curveto(6.11,0.985)(6.135,0.955)(6.15,0.94)
\curveto(6.165,0.925)(6.2,0.9)(6.22,0.89)
\curveto(6.24,0.88)(6.28,0.855)(6.3,0.84)
\curveto(6.32,0.825)(6.365,0.805)(6.39,0.8)
\curveto(6.415,0.795)(6.465,0.78)(6.49,0.77)
\curveto(6.515,0.76)(6.555,0.735)(6.57,0.72)
\curveto(6.585,0.705)(6.62,0.67)(6.64,0.65)
\curveto(6.66,0.63)(6.685,0.59)(6.68,0.57)
\curveto(6.67,0.55)(6.675,0.505)(6.65,0.48)
\curveto(6.625,0.455)(6.6,0.415)(6.58,0.4)
\curveto(6.58,0.385)(6.57,0.355)(6.58,0.34)
\curveto(6.55,0.325)(6.625,0.31)(6.65,0.31)
\curveto(6.675,0.31)(6.695,0.29)(6.69,0.27)
\curveto(6.685,0.25)(6.655,0.205)(6.63,0.18)
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\moveto(6.64,0.69)
\lineto(6.6866665,0.6996774)
\curveto(6.71,0.704516)(6.7426662,0.7238709)(6.7519994,0.73838717)
\curveto(6.761333,0.75290346)(6.7706666,0.7867743)(6.7706666,0.80612916)
\curveto(6.7706666,0.82548404)(6.766,0.86419344)(6.761333,0.88354826)
\curveto(6.756666,0.90290314)(6.7520003,0.9464514)(6.7520003,0.9706451)
\curveto(6.7520003,0.9948389)(6.7473335,1.0432258)(6.7426667,1.0674194)
\curveto(6.738,1.0916132)(6.733333,1.14)(6.733333,1.1641937)
\curveto(6.733333,1.1883872)(6.738,1.2319354)(6.7426667,1.2512903)
\curveto(6.7473335,1.2706451)(6.766,1.29)(6.78,1.29)
\curveto(6.794,1.29)(6.8219995,1.2851611)(6.836,1.2803226)
\curveto(6.85,1.275484)(6.873334,1.2561291)(6.882667,1.2416129)
\curveto(6.8920007,1.2270966)(6.9059997,1.2125806)(6.92,1.2125807)
}
%relleno brazo
\pscustom[linewidth=0.012,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b,linecolor=co
{
\newpath
\moveto(5.7,0.85)
\lineto(5.69,0.8)
\curveto(5.565,0.82)(5.505,0.815)(5.47,0.82)
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\curveto(5.636945,0.586875)(5.686111,0.6071875)(5.7079625,0.619375)
\curveto(5.7298145,0.6315625)(5.7680554,0.651875)(5.784445,0.66)
\curveto(5.8008337,0.668125)(5.8281484,0.6884375)(5.839074,0.700625)
\curveto(5.85,0.7128125)(5.8281484,0.7371875)(5.7953706,0.749375)
\curveto(5.762593,0.7615625)(5.724352,0.77375)(5.707963,0.77375)
}
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b](5.8,0.67)(5.
\psbezier[linewidth=0.02](5.56,1.13)(5.76,0.87)(5.66,0.61)(5.36,0.61)
%
%espalda
\psbezier[linewidth=0.02](5.86,1.43)(5.92,1.17)(6.08,1.37)(6.12,1.03)
\psbezier[linewidth=0.02](6.120606,1.07)(6.1,0.91)(6.221212,0.89)(6.4,0.81)
%pata
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b](6.6555557,0.
\psbezier[linewidth=0.02](6.4,0.03)(6.56,0.13)(6.48,0.21)(6.28,0.33)
%pierna
\psbezier[linewidth=0.02](5.82,0.65)(5.92,0.37)(6.22,0.51)(6.32,0.29)
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b](6.42,0.05)(6
%codo
\psbezier[linewidth=0.018,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b](5.836923,0.
\pscustom[linewidth=0.02]
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\curveto(5.451383,1.0469046)(5.405957,0.9971426)(5.3929787,1.0061902)
\curveto(5.38,1.015238)(5.373511,1.0604761)(5.38,1.0966666)
\curveto(5.3864894,1.1328571)(5.4124465,1.1961902)(5.431915,1.2233331)
\curveto(5.451383,1.2504761)(5.470851,1.2730951)(5.470851,1.2595239)
}
%ojo
\pscustom[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=black]
{
\newpath
\moveto(5.47,1.57)
\lineto(5.46,1.53)
\curveto(5.455,1.51)(5.435,1.49)(5.42,1.49)
\curveto(5.405,1.49)(5.385,1.495)(5.37,1.51)
}
%boca
\pspolygon[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=gray](5.17,1.37)(5.31,1
\pscustom[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=black]
{
\newpath
\moveto(5.17,1.35)
\lineto(5.13,1.36)
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\curveto(5.493158,1.27)(5.47,1.275)(5.47,1.29)
}
\pscustom[linewidth=0.008,linestyle=dashed,dash=0.16cm 0.16cm]
{
\newpath
\moveto(5.705789,1.61)
\lineto(5.752105,1.59)
\curveto(5.775263,1.58)(5.80421,1.555)(5.81,1.54)
\curveto(5.8157897,1.525)(5.798421,1.52)(5.775263,1.53)
\curveto(5.752105,1.54)(5.728947,1.535)(5.728947,1.52)
\curveto(5.728947,1.505)(5.740526,1.475)(5.752105,1.46)
\curveto(5.7636843,1.445)(5.7289476,1.44)(5.682632,1.45)
\curveto(5.636316,1.46)(5.624737,1.445)(5.659474,1.42)
\curveto(5.69421,1.395)(5.728947,1.355)(5.728947,1.34)
\curveto(5.728947,1.325)(5.69421,1.32)(5.659474,1.33)
\curveto(5.624737,1.34)(5.6131577,1.32)(5.636316,1.29)
\curveto(5.659474,1.26)(5.659474,1.23)(5.636316,1.23)
\curveto(5.6131577,1.23)(5.59,1.235)(5.59,1.25)
}
\pscustom[linewidth=0.008,linestyle=dashed,dash=0.16cm 0.16cm]
{
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\pscustom[linewidth=0.04,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b,linecolor=col
{
\newpath
\moveto(6.56,-1.49)
\lineto(6.53,-1.52)
\curveto(6.515,-1.535)(6.475,-1.56)(6.45,-1.57)
\curveto(6.425,-1.58)(6.39,-1.61)(6.38,-1.63)
\curveto(6.37,-1.65)(6.365,-1.69)(6.37,-1.71)
\curveto(6.375,-1.73)(6.385,-1.775)(6.39,-1.8)
\curveto(6.395,-1.825)(6.395,-1.855)(6.39,-1.86)
\curveto(6.385,-1.865)(6.355,-1.865)(6.33,-1.86)
\curveto(6.305,-1.855)(6.28,-1.835)(6.28,-1.82)
\curveto(6.28,-1.805)(6.285,-1.775)(6.29,-1.76)
\curveto(6.295,-1.745)(6.29,-1.715)(6.28,-1.7)
\curveto(6.27,-1.685)(6.245,-1.66)(6.23,-1.65)
\curveto(6.215,-1.64)(6.2,-1.61)(6.2,-1.59)
\curveto(6.2,-1.57)(6.21,-1.535)(6.22,-1.52)
\curveto(6.23,-1.505)(6.26,-1.475)(6.28,-1.46)
\curveto(6.3,-1.445)(6.335,-1.415)(6.35,-1.4)
\curveto(6.365,-1.385)(6.4,-1.375)(6.42,-1.38)
\curveto(6.44,-1.385)(6.475,-1.405)(6.49,-1.42)
```

El escudo está escrito en código latex:

```
{
\newpath
\moveto(6.1,-0.35)
\lineto(6.1,-0.4)
\curveto(6.1,-0.425)(6.11,-0.475)(6.12,-0.5)
\curveto(6.13,-0.525)(6.165,-0.555)(6.19,-0.56)
\curveto(6.215,-0.565)(6.265,-0.58)(6.29,-0.59)
\curveto(6.315,-0.6)(6.35,-0.635)(6.36,-0.66)
\curveto(6.37,-0.685)(6.37,-0.73)(6.36,-0.75)
\curveto(6.35,-0.77)(6.35,-0.805)(6.36,-0.82)
\curveto(6.37,-0.835)(6.395,-0.865)(6.41,-0.88)
\curveto(6.425,-0.895)(6.46,-0.92)(6.48,-0.93)
\curveto(6.5,-0.94)(6.54,-0.965)(6.56,-0.98)
\curveto(6.58,-0.995)(6.625,-1.015)(6.65,-1.02)
\curveto(6.675,-1.025)(6.725,-1.04)(6.75,-1.05)
\curveto(6.775,-1.06)(6.815,-1.085)(6.83,-1.1)
\curveto(6.845,-1.115)(6.88,-1.15)(6.9,-1.17)
\curveto(6.92,-1.19)(6.945,-1.23)(6.95,-1.25)
\curveto(6.955,-1.27)(6.935,-1.315)(6.91,-1.34)
\curveto(6.885,-1.365)(6.85,-1.405)(6.84,-1.42)
\curveto(6.83,-1.435)(6.83,-1.465)(6.84,-1.48)
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\pscustom[linewidth=0.012,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b,linecolor=co
{
\newpath
\moveto(5.924259,-0.9)
\lineto(5.913333,-1.0)
\curveto(5.90787,-1.0909375)(5.875093,-1.1275)(5.847778,-1.14375)
\curveto(5.8204627,-1.16)(5.754907,-1.184375)(5.716666,-1.1925)
\curveto(5.6784253,-1.200625)(5.6128697,-1.2128125)(5.5855556,-1.216875)
\curveto(5.558241,-1.2209375)(5.5254626,-1.233125)(5.52,-1.24125)
\curveto(5.5145373,-1.249375)(5.5309258,-1.265625)(5.552778,-1.27375)
\curveto(5.5746293,-1.281875)(5.6237965,-1.29)(5.6511106,-1.29)
\curveto(5.678426,-1.29)(5.7330556,-1.281875)(5.7603703,-1.27375)
\curveto(5.7876854,-1.265625)(5.8423142,-1.249375)(5.8696294,-1.24125)
\curveto(5.8969445,-1.233125)(5.9461107,-1.2128125)(5.9679627,-1.200625)
\curveto(5.9898143,-1.1884375)(6.028055,-1.168125)(6.0444446,-1.16)
\curveto(6.060834,-1.151875)(6.088148,-1.1315625)(6.099074,-1.119375)
\curveto(6.11,-1.1071875)(6.088148,-1.0828125)(6.0553703,-1.070625)
\curveto(6.0225925,-1.0584375)(5.9843516,-1.04625)(5.9679627,-1.04625)
}
%brazo2
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b](6.06,-1.15)(
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\curveto(6.33,-0.955)(6.355,-0.985)(6.37,-1.0)
\curveto(6.385,-1.015)(6.42,-1.04)(6.44,-1.05)
\curveto(6.46,-1.06)(6.505,-1.075)(6.53,-1.08)
\curveto(6.555,-1.085)(6.605,-1.095)(6.63,-1.1)
\curveto(6.655,-1.105)(6.69,-1.12)(6.72,-1.15)
}
%relleno cola
\pscustom[linewidth=0.04,linecolor=color1932b]
{
\newpath
\moveto(6.9,-1.13)
\lineto(6.9466662,-1.1203222)
\curveto(6.97,-1.1154834)(7.002666,-1.0961292)(7.0119996,-1.0816126)
\curveto(7.021333,-1.0670966)(7.0306664,-1.0332257)(7.0306664,-1.0138708)
\curveto(7.0306664,-0.994516)(7.0259995,-0.95580626)(7.021333,-0.93645144)
\curveto(7.0166664,-0.91709656)(7.012,-0.87354857)(7.012,-0.84935486)
\curveto(7.012,-0.82516116)(7.0073333,-0.7767743)(7.0026665,-0.7525806)
\curveto(6.9979997,-0.7283875)(6.9933333,-0.68)(6.9933333,-0.6558069)
\curveto(6.9933333,-0.63161314)(6.9979997,-0.58806455)(7.0026665,-0.5687097
\curveto(7.0073333,-0.54935485)(7.0259995,-0.53)(7.04,-0.53)
\curveto(7.0540004,-0.53)(7.0819993,-0.53483886)(7.0959997,-0.53967774)
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\moveto(5.748723,-0.18047607)
\lineto(5.8136168,-0.14428589)
\curveto(5.8460636,-0.12619019)(5.9044685,-0.099047855)(5.930426,-0.09)
\curveto(5.956383,-0.080952145)(5.9628725,-0.09)(5.9434047,-0.108095706)
\curveto(5.923937,-0.1261908)(5.9044685,-0.15333374)(5.9044685,-0.16238098)
\curveto(5.9044685,-0.17142822)(5.949894,-0.17595215)(5.9953194,-0.17142822
\curveto(6.040745,-0.1669043)(6.1056385,-0.15333374)(6.1251063,-0.14428589)
\curveto(6.144574,-0.13523804)(6.1315956,-0.13976197)(6.099149,-0.15333313)
\curveto(6.0667024,-0.1669043)(6.047234,-0.18952392)(6.0602126,-0.19857177)
\curveto(6.0731907,-0.20761962)(6.1056385,-0.21666688)(6.1251063,-0.216668
\curveto(6.144574,-0.21666688)(6.1315956,-0.23023804)(6.099149,-0.24380982)
\curveto(6.0667024,-0.257381)(6.060213,-0.27095214)(6.0861707,-0.27095214)
\curveto(6.112128,-0.27095214)(6.1445746,-0.27547607)(6.151064,-0.28)
\curveto(6.157553,-0.28452393)(6.1315956,-0.29357177)(6.099149,-0.2980957)
\curveto(6.0667024,-0.30261964)(6.060213,-0.32071412)(6.0861707,-0.33428589
\curveto(6.112128,-0.34785765)(6.1510644,-0.36595213)(6.164043,-0.37047607)
\curveto(6.1770215,-0.375)(6.157553,-0.375)(6.1251063,-0.37047607)
\curveto(6.09266,-0.36595213)(6.09266,-0.38404787)(6.1251063,-0.40666687)
\curveto(6.157553,-0.42928588)(6.19,-0.47452393)(6.19,-0.49714294)
\curveto(6.19,-0.519762)(6.170532,-0.5333337)(6.151064,-0.5242859)
\curveto(6.1315956,-0.51523805)(6.099149,-0.50166625)(6.0861707,-0.49714234
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\curveto(5.8957896,-0.255)(5.878421,-0.26)(5.855263,-0.25)
\curveto(5.832105,-0.24)(5.808947,-0.245)(5.808947,-0.26)
\curveto(5.808947,-0.275)(5.820526,-0.305)(5.832105,-0.32)
\curveto(5.843684,-0.335)(5.8089476,-0.34)(5.762632,-0.33)
\curveto(5.7163157,-0.32)(5.7047367,-0.335)(5.739474,-0.36)
\curveto(5.77421,-0.385)(5.808947,-0.425)(5.808947,-0.44)
\curveto(5.808947,-0.455)(5.77421,-0.46)(5.739474,-0.45)
\curveto(5.7047367,-0.44)(5.693158,-0.46)(5.7163157,-0.49)
\curveto(5.739474,-0.52)(5.739474,-0.55)(5.7163157,-0.55)
\curveto(5.693158,-0.55)(5.67,-0.545)(5.67,-0.53)
}
\pscustom[linewidth=0.008,linestyle=dashed,dash=0.16cm 0.16cm]
{
\newpath
\moveto(5.9057894,-0.21)
\lineto(5.952105,-0.23)
\curveto(5.975263,-0.24)(6.00421,-0.265)(6.01,-0.28)
\curveto(6.01579,-0.295)(5.998421,-0.3)(5.975263,-0.29)
\curveto(5.952105,-0.28)(5.928947,-0.285)(5.928947,-0.3)
\curveto(5.928947,-0.315)(5.940526,-0.345)(5.952105,-0.36)
\curveto(5.963684,-0.375)(5.928948,-0.38)(5.882632,-0.37)
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\moveto(5.67,-0.25)
\lineto(5.66,-0.29)
\curveto(5.655,-0.31)(5.635,-0.33)(5.62,-0.33)
\curveto(5.605,-0.33)(5.585,-0.325)(5.57,-0.31)
}
%boca
\pspolygon[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=gray](5.37,-0.45)(5.51,
%lengua
\pscustom[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=black]
{
\newpath
\moveto(5.37,-0.47)
\lineto(5.33,-0.46)
\curveto(5.31,-0.455)(5.28,-0.435)(5.27,-0.42)
\curveto(5.26,-0.405)(5.26,-0.39)(5.27,-0.39)
\curveto(5.28,-0.39)(5.305,-0.4)(5.32,-0.41)
\curveto(5.335,-0.42)(5.355,-0.44)(5.36,-0.45)
\curveto(5.365,-0.46)(5.375,-0.47)(5.39,-0.47)
}
%nariz
\pscustom[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=black]
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\curveto(2.53,-1.57)(2.52,-1.535)(2.51,-1.52)
\curveto(2.5,-1.505)(2.47,-1.475)(2.45,-1.46)
\curveto(2.43,-1.445)(2.395,-1.415)(2.38,-1.4)
\curveto(2.365,-1.385)(2.33,-1.375)(2.31,-1.38)
\curveto(2.29,-1.385)(2.255,-1.405)(2.24,-1.42)
\curveto(2.225,-1.435)(2.205,-1.47)(2.19,-1.53)
}
%pierna
\psbezier[linewidth=0.02](2.15,-1.41)(2.15,-1.63)(2.27,-1.55)(2.33,-1.59)(2
\psbezier[linewidth=0.02](2.37,-1.33)(2.39,-1.49)(2.57,-1.49)(2.55,-1.57)(2
%%%Relleno espalda leon 2 derecha
\pscustom[linewidth=0.04,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b,linecolor=col
{
\newpath
\moveto(2.63,-0.35)
\lineto(2.63,-0.4)
\curveto(2.63,-0.425)(2.62,-0.475)(2.61,-0.5)
\curveto(2.6,-0.525)(2.565,-0.555)(2.54,-0.56)
\curveto(2.515,-0.565)(2.465,-0.58)(2.44,-0.59)
\curveto(2.415,-0.6)(2.38,-0.635)(2.37,-0.66)
\curveto(2.36,-0.685)(2.36,-0.73)(2.37,-0.75)
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\curveto(2.45,-1.335)(2.49,-1.32)(2.51,-1.31)
\curveto(2.53,-1.3)(2.57,-1.275)(2.59,-1.26)
\curveto(2.61,-1.245)(2.64,-1.21)(2.65,-1.19)
\curveto(2.66,-1.17)(2.685,-1.125)(2.7,-1.1)
\curveto(2.715,-1.075)(2.745,-1.01)(2.76,-0.97)
\curveto(2.775,-0.93)(2.8,-0.87)(2.81,-0.85)
\curveto(2.82,-0.83)(2.84,-0.795)(2.85,-0.78)
\curveto(2.86,-0.765)(2.88,-0.72)(2.89,-0.69)
\curveto(2.9,-0.66)(2.91,-0.595)(2.91,-0.56)
\curveto(2.91,-0.525)(2.87,-0.45)(2.83,-0.41)
\curveto(2.79,-0.37)(2.725,-0.34)(2.7,-0.35)
\curveto(2.675,-0.36)(2.645,-0.38)(2.64,-0.39)
}
%relleno brazos
\pscustom[linewidth=0.012,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b,linecolor=co
{
\newpath
\moveto(2.83,-0.97)
\lineto(2.88,-0.99)
\curveto(2.905,-1.0)(2.965,-1.005)(3.0,-1.0)
\curveto(3.035,-0.99)(3.09,-0.98)(3.11,-0.97)
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b](2.67,-1.15)(
\psbezier[linewidth=0.02](2.91,-0.69)(2.71,-0.95)(2.81,-1.21)(3.11,-1.21)
\psbezier[linewidth=0.02](3.21,-0.97)(3.13,-1.07)(2.99,-1.13)(2.85,-1.07)
\psbezier[linewidth=0.02](3.17,-0.93)(3.11,-0.99)(2.97,-1.05)(2.8,-0.95)
%espalda
\psbezier[linewidth=0.02](2.61,-0.39)(2.55,-0.65)(2.39,-0.45)(2.35,-0.79)
\psbezier[linewidth=0.02](2.3493938,-0.75)(2.37,-0.91)(2.2487879,-0.93)(2.0
%barriga
\psbezier[linewidth=0.02](2.65,-1.17)(2.55,-1.45)(2.25,-1.31)(2.15,-1.53)
%codo
\psbezier[linewidth=0.018,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b](2.633077,-0
%pata
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b](1.8144444,-1
\psbezier[linewidth=0.02](2.07,-1.79)(1.91,-1.69)(1.99,-1.61)(2.19,-1.49)
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b](2.05,-1.77)(
\psellipse[linewidth=0.02,dimen=outer,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b]
%cola
\pscustom[linewidth=0.04,linecolor=color1932b]
{
\newpath
\moveto(1.83,-1.13)
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\curveto(1.46,-0.74)(1.47,-0.74)(1.49,-0.73)
\curveto(1.51,-0.72)(1.535,-0.69)(1.54,-0.67)
\curveto(1.545,-0.65)(1.55,-0.615)(1.55,-0.6)
\curveto(1.55,-0.585)(1.545,-0.565)(1.53,-0.55)
}
%manos
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b](3.25,-1.19)(
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b](3.25,-0.93)(
%cabeza leon 2 izquierda
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b](3.08,-0.27)(
%melena
\pscustom[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b]
{
\newpath
\moveto(2.9012766,-0.14047608)
\lineto(2.836383,-0.10428589)
\curveto(2.8039362,-0.08619019)(2.745532,-0.05904785)(2.7195747,-0.05)
\curveto(2.6936169,-0.04095215)(2.6871276,-0.05)(2.7065957,-0.06809571)
\curveto(2.7260637,-0.0861908)(2.745532,-0.11333374)(2.745532,-0.12238098)
\curveto(2.745532,-0.13142823)(2.7001061,-0.13595214)(2.6546807,-0.13142823
\curveto(2.6092553,-0.1269043)(2.5443616,-0.11333374)(2.5248935,-0.10428589
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\curveto(2.7001066,-0.80095214)(2.7585108,-0.73761964)(2.797447,-0.68333375
\curveto(2.836383,-0.6290479)(2.86883,-0.6019049)(2.8623405,-0.6290479)
\curveto(2.855851,-0.65619016)(2.8493617,-0.7285718)(2.8493617,-0.7738098)
\curveto(2.8493617,-0.81904787)(2.8688297,-0.832619)(2.8882978,-0.80095214)
\curveto(2.907766,-0.7692859)(2.9207447,-0.69238096)(2.9142554,-0.64714295)
\curveto(2.907766,-0.6019049)(2.9012766,-0.55666685)(2.9012766,-0.55666685)
\curveto(2.9012766,-0.55666685)(2.9337232,-0.6154761)(2.96617,-0.6742859)
\curveto(2.998617,-0.7330957)(3.0440426,-0.78285766)(3.0570214,-0.7738098)
\curveto(3.07,-0.764762)(3.0764892,-0.7195239)(3.07,-0.68333316)
\curveto(3.0635107,-0.64714235)(3.037553,-0.5838092)(3.018085,-0.55666625)
\curveto(2.998617,-0.5295239)(2.9791489,-0.5069043)(2.9791489,-0.52047616)
}
\pscustom[linewidth=0.008]
{
\newpath
\moveto(2.8642106,-0.13)
\lineto(2.817895,-0.15)
\curveto(2.7947369,-0.16)(2.7657895,-0.185)(2.76,-0.2)
\curveto(2.7542105,-0.215)(2.771579,-0.22)(2.7947369,-0.21)
\curveto(2.817895,-0.2)(2.8410525,-0.205)(2.8410525,-0.22)
\curveto(2.8410525,-0.235)(2.829474,-0.265)(2.817895,-0.28)
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\moveto(2.6442106,-0.25)
\lineto(2.597895,-0.27)
\curveto(2.5747368,-0.28)(2.5457895,-0.305)(2.54,-0.32)
\curveto(2.5342104,-0.335)(2.551579,-0.34)(2.5747368,-0.33)
\curveto(2.597895,-0.32)(2.6210525,-0.325)(2.6210525,-0.34)
\curveto(2.6210525,-0.355)(2.609474,-0.385)(2.597895,-0.4)
\curveto(2.5863159,-0.415)(2.6210527,-0.42)(2.6673684,-0.41)
\curveto(2.713684,-0.4)(2.725263,-0.415)(2.690526,-0.44)
\curveto(2.6557891,-0.465)(2.6210525,-0.505)(2.6210525,-0.52)
\curveto(2.6210525,-0.535)(2.6557891,-0.54)(2.690526,-0.53)
\curveto(2.725263,-0.52)(2.7368422,-0.54)(2.713684,-0.57)
\curveto(2.690526,-0.6)(2.690526,-0.63)(2.713684,-0.63)
\curveto(2.7368422,-0.63)(2.76,-0.625)(2.76,-0.61)
}
%ojo
\pscustom[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=black]
{
\newpath
\moveto(2.98,-0.21)
\lineto(2.99,-0.25)
\curveto(2.995,-0.27)(3.015,-0.29)(3.03,-0.29)
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\lineto(2.99,-0.47)
\curveto(3.005,-0.48)(3.045,-0.49)(3.07,-0.49)
}
%linea espalda
\pscustom[linewidth=0.02]
{
\newpath
\moveto(2.39,-0.83)
\lineto(2.41,-0.87)
\curveto(2.42,-0.89)(2.42,-0.925)(2.41,-0.94)
\curveto(2.4,-0.955)(2.375,-0.985)(2.36,-1.0)
\curveto(2.345,-1.015)(2.31,-1.04)(2.29,-1.05)
\curveto(2.27,-1.06)(2.225,-1.075)(2.2,-1.08)
\curveto(2.175,-1.085)(2.125,-1.095)(2.1,-1.1)
\curveto(2.075,-1.105)(2.04,-1.12)(2.01,-1.15)
}
}
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%5
\rput(0,0){
%leon 1 izquierda
%color pata
```

El escudo está escrito en código latex:

```
0.03)
\psellipse[linewidth=0.02,dimen=outer,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b]
%color tronco
\pscustom[linewidth=0.025,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b,linecolor=co
{
\newpath
\moveto(2.75,1.45)
\lineto(2.75,1.4)
\curveto(2.75,1.375)(2.74,1.325)(2.73,1.3)
\curveto(2.72,1.275)(2.685,1.245)(2.66,1.24)
\curveto(2.635,1.235)(2.585,1.22)(2.56,1.21)
\curveto(2.535,1.2)(2.5,1.165)(2.49,1.14)
\curveto(2.48,1.115)(2.48,1.07)(2.49,1.05)
\curveto(2.5,1.03)(2.5,0.995)(2.49,0.98)
\curveto(2.48,0.965)(2.455,0.935)(2.44,0.92)
\curveto(2.425,0.905)(2.39,0.88)(2.37,0.87)
\curveto(2.35,0.86)(2.31,0.835)(2.29,0.82)
\curveto(2.27,0.805)(2.225,0.785)(2.2,0.78)
\curveto(2.175,0.775)(2.125,0.76)(2.1,0.75)
\curveto(2.075,0.74)(2.035,0.715)(2.02,0.7)
\curveto(2.005,0.685)(1.97,0.65)(1.95,0.63)
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\curveto(2.91,1.43)(2.845,1.46)(2.82,1.45)
\curveto(2.795,1.44)(2.765,1.42)(2.76,1.41)
}
%relleno barzo
\pscustom[linewidth=0.012,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b,linecolor=co
{
\newpath
\moveto(2.95,0.83)
\lineto(3.0,0.81)
\curveto(3.025,0.8)(3.085,0.795)(3.12,0.8)
\curveto(3.155,0.805)(3.21,0.82)(3.23,0.83)
\curveto(3.25,0.84)(3.29,0.855)(3.31,0.86)
\curveto(3.33,0.865)(3.34,0.855)(3.33,0.84)
\curveto(3.32,0.825)(3.29,0.795)(3.27,0.78)
\curveto(3.25,0.75)(3.2,0.71)(3.17,0.73)
\curveto(3.14,0.71)(3.08,0.7)(3.05,0.7)
\curveto(3.02,0.73)(2.98,0.74)(2.97,0.75)
\curveto(2.96,0.76)(2.93,0.775)(2.87,0.79)
}
\psbezier[linewidth=0.02](3.33,0.83)(3.25,0.73)(3.11,0.67)(2.97,0.73)
\psbezier[linewidth=0.02](3.29,0.87)(3.23,0.81)(3.09,0.75)(2.94,0.83)
```

El escudo está escrito en código latex:

```
%linea barriga
\psbezier[linewidth=0.02](2.77,0.63)(2.67,0.35)(2.37,0.49)(2.27,0.27)
%codo
\psbezier[linewidth=0.018,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b](2.753077,0.
%pata
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b](1.9344444,0.
\psbezier[linewidth=0.02](2.19,0.01)(2.03,0.11)(2.11,0.19)(2.31,0.31)
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b](2.17,0.03)(2
%%%cola
%color
\pscustom[linewidth=0.04,linecolor=color1932b]
{
\newpath
\moveto(1.95,0.67)
\lineto(1.9033332,0.6796774)
\curveto(1.88,0.684516)(1.8473334,0.70387083)(1.8379998,0.7183871)
\curveto(1.8286663,0.7329034)(1.8193332,0.7667743)(1.8193332,0.7861292)
\curveto(1.8193332,0.805484)(1.8239996,0.8441934)(1.8286663,0.8635483)
\curveto(1.8333331,0.88290316)(1.8379998,0.92645144)(1.8379998,0.95064515)
\curveto(1.8379998,0.97483885)(1.8426666,1.0232257)(1.8473334,1.0474194)
\curveto(1.8520001,1.0716132)(1.8566666,1.12)(1.8566666,1.1441938)
```

El escudo está escrito en código latex:

```
(3.25,0.87)(3.25,0.99)(3.37,0.99)(3.37,0.87)
%%cabeza leon 1 izquierda
\psbezier[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b](3.22,1.51)(3
%melena
\pscustom[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color1932b]
{
\newpath
\moveto(3.0412765,1.639524)
\lineto(2.976383,1.6757144)
\curveto(2.943936,1.6938099)(2.885532,1.7209525)(2.8595746,1.73)
\curveto(2.833617,1.7390475)(2.8271277,1.73)(2.8465958,1.7119049)
\curveto(2.8660638,1.6938099)(2.885532,1.6666669)(2.885532,1.657619)
\curveto(2.885532,1.6485715)(2.8401062,1.6440479)(2.7946808,1.6485715)
\curveto(2.7492554,1.6530951)(2.6843615,1.6666665)(2.6648934,1.6757141)
\curveto(2.6454253,1.684762)(2.6584039,1.680238)(2.6908507,1.6666669)
\curveto(2.7232978,1.6530954)(2.742766,1.6304764)(2.7297869,1.6214288)
\curveto(2.7168086,1.612381)(2.6843615,1.6033335)(2.6648934,1.6033335)
\curveto(2.6454253,1.6033335)(2.6584039,1.589762)(2.6908507,1.5761905)
\curveto(2.7232978,1.562619)(2.7297873,1.5490476)(2.70383,1.5490476)
\curveto(2.6778724,1.5490476)(2.6454253,1.544524)(2.638936,1.54)
\curveto(2.632447,1.5354761)(2.6584039,1.5264288)(2.6908507,1.521905)
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\curveto(3.2035108,1.1328571)(3.1775532,1.1961902)(3.158085,1.2233331)
\curveto(3.138617,1.2504761)(3.119149,1.2730951)(3.119149,1.2595239)
}
\pscustom[linewidth=0.008]
{
\newpath
\moveto(3.0042105,1.65)
\lineto(2.9578948,1.63)
\curveto(2.934737,1.62)(2.9057894,1.595)(2.9,1.58)
\curveto(2.8942106,1.565)(2.911579,1.56)(2.934737,1.57)
\curveto(2.9578948,1.58)(2.9810526,1.575)(2.9810526,1.56)
\curveto(2.9810526,1.545)(2.9694738,1.515)(2.9578948,1.5)
\curveto(2.946316,1.485)(2.9810529,1.48)(3.0273685,1.49)
\curveto(3.073684,1.5)(3.085263,1.485)(3.0505261,1.46)
\curveto(3.0157893,1.435)(2.9810526,1.395)(2.9810526,1.38)
\curveto(2.9810526,1.365)(3.0157893,1.36)(3.0505261,1.37)
\curveto(3.085263,1.38)(3.096842,1.36)(3.073684,1.33)
\curveto(3.0505261,1.3)(3.0505261,1.27)(3.073684,1.27)
\curveto(3.096842,1.27)(3.12,1.275)(3.12,1.29)
}
\pscustom[linewidth=0.008,linestyle=dashed,dash=0.16cm 0.16cm]
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\curveto(2.7610526,1.245)(2.7957892,1.24)(2.830526,1.25)
\curveto(2.865263,1.26)(2.876842,1.24)(2.8536842,1.21)
\curveto(2.830526,1.18)(2.830526,1.15)(2.8536842,1.15)
\curveto(2.876842,1.15)(2.9,1.155)(2.9,1.17)
}
%ojo
\pscustom[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=black]
{
\newpath
\moveto(3.12,1.57)
\lineto(3.13,1.53)
\curveto(3.135,1.51)(3.155,1.49)(3.17,1.49)
\curveto(3.185,1.49)(3.205,1.495)(3.22,1.51)
}
%boca
\pspolygon[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=gray](3.42,1.37)(3.28,1
%lengua
\pscustom[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=black]
{
\newpath
\moveto(3.42,1.35)
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\lineto(2.53,0.93)
\curveto(2.54,0.91)(2.54,0.875)(2.53,0.86)
\curveto(2.52,0.845)(2.495,0.815)(2.48,0.8)
\curveto(2.465,0.785)(2.43,0.76)(2.41,0.75)
\curveto(2.39,0.74)(2.345,0.725)(2.32,0.72)
\curveto(2.295,0.715)(2.245,0.705)(2.22,0.7)
\curveto(2.195,0.695)(2.16,0.68)(2.13,0.65)
}
}
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%rio
\pscustom[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color5836b,linecolor=col
{
\newpath
\moveto(4.28,-0.27)
\lineto(4.28,-0.27)
\curveto(4.4,-0.27)(4.4,-0.27)(4.4,-0.3)
\curveto(4.38,-0.315)(4.375,-0.355)(4.37,-0.38)
\curveto(4.37,-0.405)(4.38,-0.455)(4.39,-0.48)
\curveto(4.4,-0.505)(4.45,-0.54)(4.46 ,-0.55)
\curveto(4.47,-0.56)(4.5,-0.61)(4.52,-0.65)
```

El escudo está escrito en código latex:

```
}
%tierra
\pscustom[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color5865,linecolor=colo
{
\newpath
\moveto(4.64,-1.79)
\lineto(4.66,-1.82)
\curveto(4.67,-1.835)(4.675,-1.87)(4.67,-1.89)
\curveto(4.665,-1.91)(4.645,-1.945)(4.63,-1.96)
\curveto(4.615,-1.975)(4.585,-2.01)(4.57,-2.03)
\curveto(4.555,-2.05)(4.545,-2.095)(4.55,-2.12)
\curveto(4.555,-2.145)(4.565,-2.18)(4.57,-2.19)
\curveto(4.575,-2.2)(4.55,-2.19)(4.52,-2.195)
\curveto(4.5,-2.2)(4.47,-2.19)(4.49,-2.19)
\curveto(4.475,-2.17)(4.485,-2.125)(4.49,-2.1)
\curveto(4.495,-2.075)(4.5,-2.045)(4.5,-2.04)
\curveto(4.5,-2.035)(4.52,-2.01)(4.54,-1.99)
\curveto(4.56,-1.97)(4.59,-1.93)(4.6,-1.91)
\curveto(4.61,-1.89)(4.63,-1.85)(4.64,-1.83)
\curveto(4.65,-1.81)(4.655,-1.79)(4.64,-1.79)
}
```

El escudo está escrito en código latex:

```
\curveto(4.205,-0.56)(4.165,-0.59)(4.15,-0.61)
\curveto(4.135,-0.63)(4.115,-0.635)(4.11,-0.62)
\curveto(4.12,-0.605)(4.12,-0.57)(4.13,-0.55)
\curveto(4.12,-0.53)(4.15,-0.495)(4.17,-0.48)
\curveto(4.18,-0.465)(4.215,-0.425)(4.23,-0.4)
\curveto(4.245,-0.375)(4.26,-0.34)(4.26,-0.31)
}
\pscustom[linewidth=0.02,fillstyle=solid,fillcolor=color5865b,linecolor=col
{
\newpath
\moveto(4.1,-0.91)
\lineto(4.13,-1.01)
\curveto(4.13,-1.06)(4.15,-1.14)(4.13,-1.17)
\curveto(4.14,-1.2)(4.14,-1.27)(4.15,-1.31)
\curveto(4.155,-1.35)(4.16,-1.42)(4.17,-1.45)
\curveto(4.17,-1.48)(4.17,-1.55)(4.16,-1.59)
\curveto(4.15,-1.63)(4.125,-1.68)(4.11,-1.69)
\curveto(4.095,-1.7)(4.075,-1.7)(4.07,-1.69)
\curveto(4.065,-1.68)(4.06,-1.665)(4.06,-1.66)
\curveto(4.06,-1.655)(4.07,-1.615)(4.08,-1.58)
\curveto(4.09,-1.545)(4.1,-1.485)(4.1,-1.46)
```

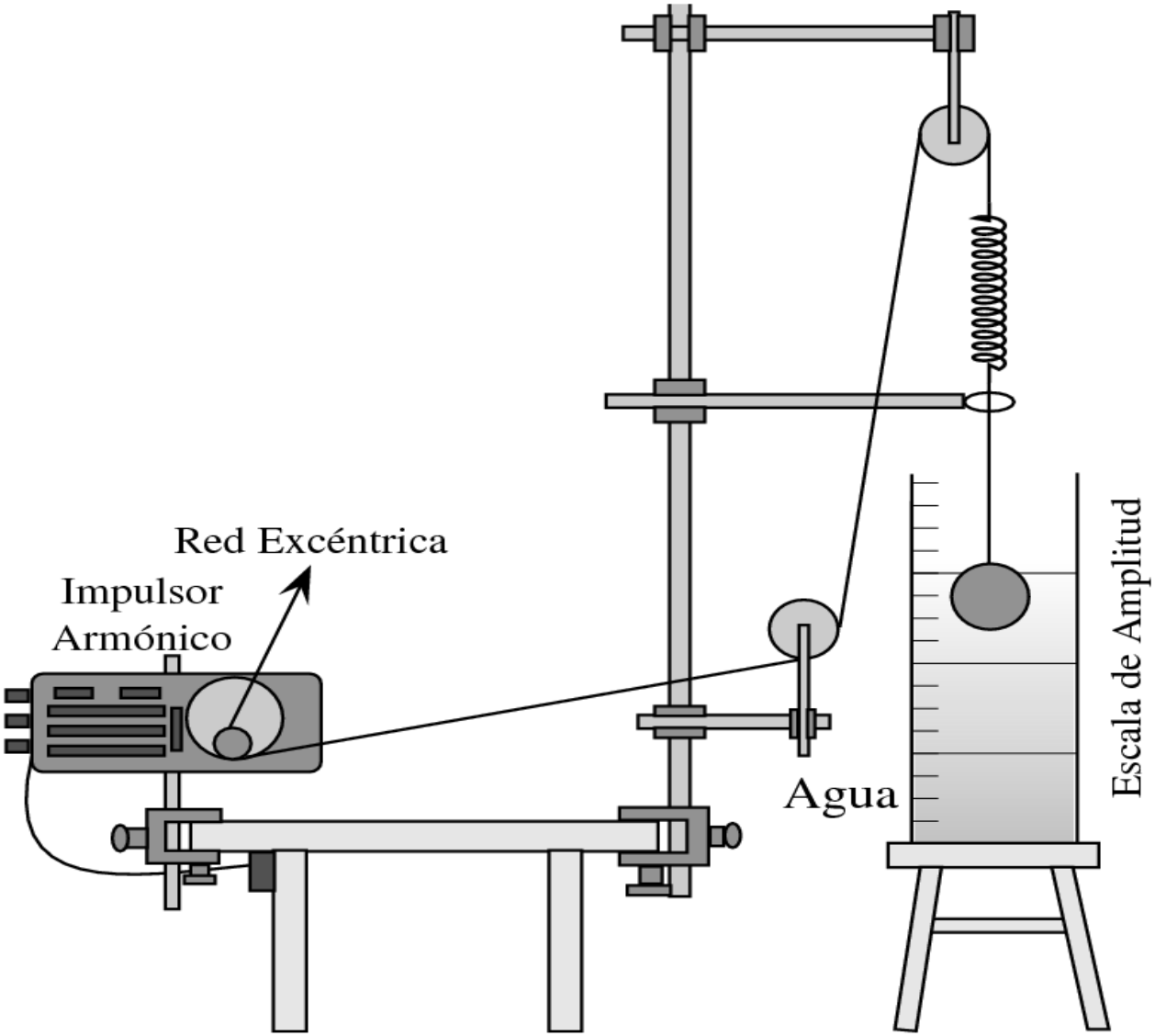
El escudo está escrito en código latex:

```
%tierra
%piedras
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](4.36,-0.39)(4.3,-0.45)
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](4.4,-0.71)(4.22,-0.77)
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](4.34,-0.87)(4.18,-0.93)
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](4.52,-0.79)(4.34,-0.85)
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](4.48,-0.99)(4.32,-1.05)
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](4.5,-1.19)(4.34,-1.25)
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](4.38,-1.33)(4.2,-1.39)
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](4.48,-1.53)(4.34,-1.59)
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](4.34,-1.63)(4.18,-1.69)
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](4.54,-1.73)(4.38,-1.79)
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](4.36,-1.83)(4.2,-1.89)
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](4.34,-1.91)(4.14,-1.97)
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](4.48,-2.03)(4.3,-2.09)
\psframe[linewidth=0.04,dimen=outer](4.42,-0.55)(4.3,-0.61)
%tierra
\end{pspicture}
}
\end{center}
```

Este código es propiedad del grupo de altas energías y fue hecho por la estudiante de física Leidy Katherine Erazo, monitora del grupo.

LaTeX: Procesador de Textos Científicos

- La razón de escribir en código las figuras es que, aparte de no perder resolución, se pueden modificar fácilmente y ocupa muy poca memoria.

LaTeX: Procesador de Textos Científicos

LaTeX: Procesador de Textos Científicos