



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

DEPARTAMENTO DE PLASMAS TERMONUCLEARES

MIEMBROS

Dr. Leopoldo Soto, físico, Jefe de Departamento, lsoto@cchen.cl

Dr. José Moreno, físico

Dr. Marcelo Zambra, físico

Dr. Cristian Pavez, físico

Dr. Miguel Cárdenas, físico

Sr. Patricio San Martín, técnico mecánico

Sra. Karla Cubillos, asistente/traductora

OBJETIVO

Realizar investigación y desarrollos en física de plasmas, así como en física y tecnologías nucleares y otras disciplinas derivadas y/o soportantes. Investigar, crear conocimiento y desarrollar tecnologías en el tema de la fusión nuclear y sus aplicaciones, para contribuir a la producción y el bienestar social de Chile.

LÍNEAS DE TRABAJO

- Investigación en torno a plasmas densos transientes generados a través de descargas eléctricas en gases donde se estudia física básica como procesos de ionización, estabilidad, emisión de radiación electromagnética (luz visible, UV, rayos-X blandos y duros) y partículas (neutrones, iones y electrones).
- Estudios de fuentes de neutrones y rayos-X a partir de plasmas densos transientes. Para ello cuenta actualmente con una variedad de generadores en un rango amplio de energías. Generadores de baja energía en la configuración Plasma Foco: Nanofoco (100 mJ), PF-50J (30-70 Joules), PF-400J (180-400 Joules). Un plasma foco de energía media llamado SPEED4 que puede trabajar con una energía de 4 a 6 Kjoules y el generador SPEED2 de una energía nominal de 180 kJoules y 4 Mega-amperes de corriente. El SPEED2 es el generador de plasmas densos transientes de mayor potencia del hemisferio sur y fue donado por la Universidad de Dusseldorf a la CCHEN en el año 2002. En la actualidad puede ser operado en las configuraciones Plasma Foco y Z-pinch. También se cuenta una descarga de cátodo hueco y una descarga capilar.
- Estudios y desarrollo de tecnologías asociadas a potencia pulsada. Estas tecnologías tienen aplicaciones en varios campos de ciencia e ingeniería: producción de descargas eléctricas transientes y plasmas, generación de radiación y haces de iones, materia de alta densidad, producción de campos magnéticos pulsados intensos y ondas de choque.

El departamento cuenta con equipamiento especializado para diagnosticar el plasma generado en los dispositivos, como: osciloscopios rápidos (resolución superior a 1 ns), detectores de neutrones (plata activada, contadores preproporcionales en base a tubos de ^3He , centellador+fotomultiplicador), detectores de rayos-X (centellador+fotomultiplicador, diodos, cámara pinhole, cámara MCP multicuadro,



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

espectrómetro), cámara para el visible ICCD (ventana de 5 ns), cámara MCP multicuadro para VUV y rayos X y un láser pulsado Nd-YAG (8ns, 1.2J @ 1.06mm, 600mJ @ 532nm, 200mJ @ 266nm) para diagnósticos ópticos entre otros.

PROYECTOS CON FINANCIAMIENTO EXTERNO

Durante el año 2008 la investigación fue apoyada principalmente por proyectos obtenidos de fondos concursables:

- "Determination of X-ray Generation Properties: an Experimental Study in the SPEED4 Fast-Plasma Focus Device", P.Fondecyt nº 1050126(marzo 2005 – marzo 2008) dirigido por el Dr. Marcelo Zambra.
- "Detección de minas antipersonales en suelos áridos usando la técnica de detection in backscattering de neutrones como herramienta de confirmación", OIEA Proyecto de Cooperación Técnica (2007-2008) dirigido por el Dr. Leopoldo Soto. Dres. Cristian Pavez y Miguel Cárdenas, coinvestigadores.
- "Fortalecimiento de la Investigación en Física de Plasmas y Desarrollo de Aplicaciones y Tecnologías Derivadas" financiado por el Programa Bicentenario en Ciencia y Tecnología de CONICYT y el Banco Mundial.
- "Centro de Investigación y Aplicaciones en Física de Plasmas y Potencia Pulsada", PBCT-ACT 26 (2007-2009). Proyecto Anillo en C y T del Programa Bicentenario en Ciencia y Tecnología, CONICYT y Banco Mundial. Director: Dr. Leopoldo Soto, investigadores titulares Drs. José Moreno y Claudio Tenreiro (Universidad de Talca).

RESULTADOS Y HECHOS RELEVANTES

- Se continuó trabajando en las líneas de trabajo iniciadas en años anteriores y descritas previamente, obteniendo diversos resultados los que se presentaron en conferencias internacionales y en artículos enviados a revistas internacionales.
- El DPTN participó en la creación del Doctorado en Ciencias Aplicadas en la Universidad de Talca.
- El International Advisory Committe of the International Congress in Plasma Physics realizado en Fukuoka, Japón, acordó que la sede de la conferencia en el año 2010 será Chile. El Dr. Leopoldo Soto fue elegido Chairman de dicha conferencia, la que se llevará a cabo en conjunto con el Latin American Workshop on Plasma Physics en Santiago en Agosto de 2010. Se espera la asistencia de más de 300 especialistas mundiales (en física de plasmas y fusión nuclear). El evento otorgará visibilidad a la comunidad de física de plasmas de Latinoamérica y de Chile. En particular otorgará visibilidad a nuestro país y a la CCHEN. Septiembre 2008.
- El DPTN actuó como editor de las actas del XV Simposio Chileno de Física, realizado el año 2006 en la CCHEN. Se logró que dichas actas se publicaran en la revista "Journal of Physics: Conference Series" de la prestigiosa editorial Británica IOP Publishing. El volumen dedicado al Simposio Chileno de Física 2006 fue publicado en noviembre de 2008, cumpliendo así con el compromiso pendiente asumido por el DPTN con la Sociedad Chilena de Física. El volumen se puede ver directamente en <http://www.iop.org/EJ/toc/1742-6596/134/1>



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

- Se realizó el Taller de Física y Tecnología Contemporánea: "Interacción de la Radiación y La Materia", dictado por el Doctor Roberto Mayer del Centro Atómico de Bariloche. La participación del Profesor Mayer en este taller fue financiado por el proyecto anillo P4 del PBCT
- En el marco del proyecto OIEA de Cooperación Técnica, "Detección de minas antipersonales en suelos áridos usando la técnica de detection in backscattering de neutrones como herramienta de confirmación", el Dr. Miguel Cárdenas realizó un entrenamiento por tres meses (febrero-abril) en el INFN, Padova, Italia, donde aprendió a utilizar el código computacional GEANT, el que permite hacer cálculos detallados de la interacción de las partículas fundamentales con la materia a los más diversos niveles de energía.
- En el marco del proyecto OIEA de Cooperación Técnica, "Detección de minas antipersonales en suelos áridos usando la técnica de detection in backscattering de neutrones como herramienta de confirmación", el Dr. Cristian Pavez realizó un entrenamiento en Técnicas de Detección de Sustancias por tres meses (septiembre-noviembre) con expertos del iThemba Lab, Sudáfrica. Ya encuentra en la CCHEN el detector de minas antipersonales desarrollado por el iThemba Lab, detector HYDAD. El Dr. Pavez fue entrenado directamente en la construcción y uso del detector HYDAD, así como también participó en las últimas innovaciones del equipo. Las partes del equipo llegaron a la CCHEN el 30 de Diciembre de 2008. Actualmente se está en condiciones de pasar a la etapa del proyecto en la que se requiere de la participación del Ejército de Chile, tal como fue programado y para lo cual existe el interés documentado de las autoridades del Ejército.
- Se confirmó la evidencia de emisión de neutrones en el dispositivo Nanofoco. Mediciones realizadas en el Centro Atómico Bariloche.
- Se usó el SPEED2 en experimentos en Z-pinch en fondo de gas neutro.
- Se trabajó en aplicaciones de láseres para atrapar objetos microscópicos, pinza óptica, se probó en eritrocitos.

COMISIONES EN EL EXTRANJERO

- Padova, Italia (M. Cárdenas, entrenamiento TC OIEA, 3 meses)
- Feria de Hannover e Instituto Fraunhofer (L. Soto, P4)
- PLADEMA, Argentina, (L. Soto, P4)
- CAB, Bariloche, Argentina (J. Moreno, C. Pavez, L. Altamirano, L. Soto, P4)
- DZP 2008, Alexandria, USA (L. Soto, A. Tarifeño, P4; M. Cárdenas, PSD-01)
- ICPP 2008, Japón (M. Zambra, FONDECYT; L. Soto, P4)
- iThemba Lab, Sudáfrica (C. Pavez, entrenamiento TC OIEA, 3 meses)
- 18th IAEA TM RUSFD, Alushta, Ucrania (J. Moreno, OIEA; L. Soto, P4)
- FEC 2008, Ginebra, Suiza (C. Pavez, OIEA; L. Soto, P4)
- Todas las comisiones al extranjero fueron financiadas con fondos externos a la CCHEN (P4 Anillo PBCT, PSD-01 PBCT, OIEA y FONDECYT).

PUBLICACIONES EN REVISTAS INTERNACIONALES



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

- "Zero-dimensional simulations of wire array experiments and Z-pinch flux compression using SPEED2 generator" Ariel Tarifeño, Cristian Pavez, Miguel Cardenas and Leopoldo Soto, Physica Scripta T131, 014028 (2008).
- "Design and characterization of a small multipurpose capacitor bank for plasma physics and pulsed power experiments", Ariel Tarifeño, Cristian Pavez and Leopoldo Soto, Physica Scripta T131, 014029 (2008).
- "Scaling and stabilization due to the large ion larmor radius (LLR) effects in plasma focus devices" Cristian Pavez and Leopoldo Soto, Physica Scripta T131, 014030 (2008).
- "Dense transient pinches and pulsed power technology. Research and applications using medium and small devices" Leopoldo Soto, Cristian Pavez, Jose Moreno, Miguel Cárdenas, Ariel Tarifeño, Patricio Silva, Marcelo Zambra, Luis Huerta, Jorge Ramos, Rodrigo Escobar, Claudio Tenreiro, Miguel Lagos, Cesar Retamal, and J. Luis Giordano (Invited paper, XII Latin American Workshop on Plasma Physics), Physica Scripta T131, 014031 (2008).
- "System for measurements of low yield neutron pulses from D-D fusion reactions based upon a ^3He proportional counter", J. Moreno, L. Birstein, R. Mayer, P. Silva, L. Soto, Meas. Sci. and Technol. 19, 087002 (2008).
- "Demonstration of neutron production in a table top pinch plasma focus device operated at only tens of joules". Leopoldo Soto, Patricio Silva, José Moreno Moreno, Marcelo Zambra, Walter Kies, Roberto E. Mayer, Alejandro Clause, Luis Altamirano, Cristian Pavez, and Luis Huerta J. Phys. D: App. Phys. 41, 205215 (2008).

PUBLICACIONES EN NÚMERO ESPECIAL DEL JOURNAL OF PHYSICS: CONFERENCE SERIES.

- "XV Chilean Physics Symposium, 2006", Leopoldo Soto, José Moreno, Ricardo Avila and Karla Cubillos, (Editors), Journal of Physics: Conf. Series, 134, 011001.
- "Opening Talk of XV Chilean Physics Symposium, 2006", Leopoldo Soto, Journal of Physics: Conf. Series, 134.
- "Soft X-ray emission from a plasma focus of hundreds joules", Patricio Silva, José Moreno, Cristian Pavez, Leopoldo Soto, and Jaime Arancibia, Journal of Physics: Conf. Series, 134, 012044 (2008).
- "Hard X-ray measurement from a plasma focus of low energy", Patricio Silva, Cristian Farias, Patricio L´Huissier, Victor Pinto, Marcelo Zambra and Leopoldo Soto, Journal of Physics: Conf. Series, 134, 012045 (2008).
- "Electrical characterization and experimental results in the SPEED4 plasma focus device", Marcelo Zambra, Juan Carlos Soto, Patricio Silva, Gustavo Sylvester, Cristian Pavez, José Moreno and Leopoldo Soto, Journal of Physics: Conf. Series, 134, 012046 (2008).
- "Neutron emission from a plasma focus device: a neutron radiography diagnostic?", Marcelo Zambra, José Moreno, Patricio Silva, Leopoldo Soto, Gustavo Sylvester and Cristian Pavez, Journal of Physics: Conf. Series, 134, 012047 (2008).



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

- "Production of high magnetic fields by using high power lasers and scaling to medium power lasers", Ariel Tarifeño, Cristian Pavez and Leopoldo Soto, Journal of Physics: Conf. Series, 134, 012048 (2008).
- "Characterization of neutron emission and measurement of the electron density in a plasma focus device of 400J", Cristian Pavez, José Moreno, Patricio Silva, Fermin Castillo, Julio Herrera and Leopoldo Soto, Journal of Physics: Conf. Series, 134, 012049 (2008).
- "Progress in Z-pinch research driven by the mega-ampere device SPEED2", Cristian Pavez, Leopoldo Soto, José Moreno, Ariel Tarifeño and Gustavo Sylvester, Journal of Physics: Conf. Series, 134, 012050 (2008).
- "Analisis and projections of Physics in Chile", Leopoldo Soto, Marcelo Zambra, Marcelo Loewe, Gonzalo Gutierrez, Mario Molina, Felipe Barra, Fernando Lund, Carlos Saavedra, and Patricio Häberle, Journal of Physics: Conf. Series, 134, 012052 (2008).

PUBLICACIONES EN CONGRESOS INTERNACIONALES

- "Dynamics and Density Measurements in a Small Plasma Focus of Tens Joules". Ariel Tarifeño, Cristian Pavez, José Moreno, and Leopoldo Soto, 7th International Conference on Dense Z-pinches, 18th - 21st August 2008 Alexandria.
- "Nanofocus of tenth of joules and a portable plasma focus of few joules for field applications". L. Soto, C. Pavez, J. Moreno, A. tarifeño, L. Altamirano y J. Pedreros, 7th International Conference on Dense Z-pinches, 18th - 21st August 2008 Alexandria.
- "Scaling, stability, and fusion mechanisms: Studies using plasma focus devices from hundred of kilojoules to tenth of joules" (Review). L. Soto, C. Pavez, M. Cárdenas, J. Moreno y A. Tarifeño, 7th International Conference on Dense Z-pinches, 18th - 21st August 2008 Alexandria.
- "Experiments on Hollow Gas Embedded Z-pinch Formed by Conical Electrodes". Cristian Pavez, José Moreno, Ariel Tarifeño and Leopoldo Soto, 7th International Conference on Dense Z-pinches, 18th - 21st August 2008 Alexandria.
- "Preliminary Studies of Ions Emission in a Small Plasma Focus Device of Hundreds of Joules". José Moreno, Cristian Pavez, Ariel Tarifeño, Piotr Reymond, Nicolás Verschueren, Pablo Ariza, Leopoldo Soto. 7th International Conference on Dense Z-pinches, 18th - 21st August 2008 Alexandria.
- "Estimations of Energy Transferred from the Capacitor Bank to the Plasma in Plasma Focus Systems". Miguel Cárdenas y Leopoldo Soto. 7th International Conference on Dense Z-pinches, 18th - 21st August 2008 Alexandria.
- "Scaling, stability and fusion mechanisms studies using plasma focus devices from hundred of kilojoules to less than one joule". L. Soto, C. Pavez, A. tarifeño, M. Cárdenas y J. Moreno. 14th International Congress on Plasma Physics (ICPP2008), September 8-12, 2008, Fukuoka, Kyushu Area, Japan.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

- "Neutron emission optimization of a small Plasma Focus operated at tens of Joules: Recent results". Ariel Tarifeño, Cristian Pavez, José Moreno, and Leopoldo Soto. 14th International Congress on Plasma Physics (ICPP2008), September 8-12, 2008, Fukuoka, Kyushu Area, Japan.
- "Forming a hollow gas embedded z-pinch by means of conical electrodes". Cristian Pavez, José Moreno, Ariel Tarifeño, and Leopoldo Soto. 14th International Congress on Plasma Physics (ICPP2008), September 8-12, 2008, Fukuoka, Kyushu Area, Japan.
- "Ions Emission Study in a Compact Plasma Focus Device of Hundreds of Joules". José Moreno, Cristian Pavez, and Leopoldo Soto. 14th International Congress on Plasma Physics (ICPP2008), September 8-12, 2008, Fukuoka, Kyushu Area, Japan.
- "Studies of ions emission in a small plasma focus device of hundreds of joules". José Moreno, Cristian Pavez, Ariel Tarifeño, and Leopoldo Soto. 18th IAEA Technical Meeting on Research Using Small Fusion Devices, 25 to 27 September 2008. Alushta (Crimea), Ukraine.
- "Portable plasma focus for field applications. Nanofocus of tenth of joules and plasma focus of few joules". Leopoldo Soto, Cristian Pavez, José Moreno, Ariel Tarifeño, José Pedreros and Luis Altamirano. 18th IAEA Technical Meeting on Research Using Small Fusion Devices, 25 to 27 September 2008. Alushta (Crimea), Ukraine.
- "Z-Pinch Experiments in Generators of Medium and Small Size". Cristian Pavez, Ariel Tarifeño, José Moreno, and Leopoldo Soto. 18th IAEA Technical Meeting on Research Using Small Fusion Devices, 25 to 27 September 2008. Alushta (Crimea), Ukraine.
- "Dynamics, Density Measurements and Neutron Emission Optimization in a Small Plasma Focus of Tens of Joules". Ariel Tarifeño, Cristian Pavez, José Moreno, and Leopoldo Soto. 18th IAEA Technical Meeting on Research Using Small Fusion Devices, 25 to 27 September 2008. Alushta (Crimea), Ukraine.
- "Experimental Studies in Mega Ampere Gas Embedded Z-pinch with Different Initial Condition of Preionization. SPEED2 and Small Device". Cristian Pavez, José Moreno, Ariel Tarifeño, and Leopoldo Soto. 22nd IAEA Fusion Energy Conference (FEC) from October 13 to 18, 2008, Geneva, Switzerland.
- "Fusion Studies Using Plasma Focus Devices from Hundred of Kilojoules to Less than One Joule. Scaling, Stability and Fusion Mechanisms". L. Soto, C. Pavez, A. tarifeño, M. Cárdenas y J. Moreno. 22nd IAEA Fusion Energy Conference (FEC) from October 13 to 18, 2008, Geneva, Switzerland.

PRESENTACIONES EN CONGRESOS NACIONALES

- "Neutron emission in an extremely small fusion plasma device". Leopoldo Soto, Cristian Pavez, José Moreno, Luis Altamirano, Luis huerta, Roberto E. Mayer, Alejandro Clause and Mario Barbaglia. Resúmenes Simposio Chileno de Física, pág. 109, 2008.
- "Scaling properties of plasma focus system". Miguel Cárdenas and Leopoldo Soto, Resúmenes Simposio Chileno de Física, pág. 110, 2008.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

- "El modelo snowplow para el espesor de una lámina de corriente en un PF y experimento: correlación temporal". M. Zambra, D. Kalise, J. Fernández, E. Hernández, D. Pastén, V. Muñoz. Resúmenes Simposio Chileno de Física, pág. 112, 2008.
- "Demostración de la Obtención de Altas Densidades en Experimentos Plasma Focus Operados a decenas de Joules y Decenas de Kiloamperes" Session (D). A. Tarifeño, C. Pavez, J. Moreno y L. Soto. Resúmenes Simposio Chileno de Física, pág. 126, 2008.
- "Hollow Gas Embedded Z-Pinch Formed by Conical Electrodes Experiments in SPEED" and in a Device of Hundred of Joules". Cristian Pavez, José Moreno, Luis Altamirano, Ariel Tariefeño y Leopoldo Soto. Resúmenes Simposio Chileno de Física, pág. 213, 2008.
- "Portable Plasma Focus of few Joules for Field Application". Leopoldo Soto, Cristian Pavez, José Moreno, Luis Altamirano and José Pedreros. Resúmenes Simposio Chileno de Física, pág. 215, 2008.
- "Precisiones para el cálculo de la energía de rayos X en un dispositivo de Plasma Foco". Sesión (D). M. Zambra, D. Pastén, V. Muñoz, D. Kalise, J. Fernández. Resúmenes Simposio Chileno de Física, pág. 216, 2008.
- "Preliminary results of energy distribution and species in the emission from a Compact Plasma Focus Devices of Hundreds of Joules". Session (D). José Moreno, Cristian Pavez and Leopoldo Soto. Resúmenes Simposio Chileno de Física, pág. 217, 2008.

COLABORACIONES NACIONALES E INTERNACIONALES

- Dr. Claudio Tenreiro, Dr. Luis Huerta, Dr. José Luis Giordano, Facultad de Ingeniería, Universidad de Talca.
- Dr. Jorge Ramos, Dr. Rodrigo Escobar, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Dr. Alejandro Clause y Dr. Robero Mayer, Comisión de Energía Atómica Argentina.
- Dr. Julio Herrera y Dr. Fermín Castillo, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

ESTUDIANTES EN PRÁCTICA Y TESIS

- Ariel Tarifeño, estudiante de Doctorado en Física, Universidad de Concepción.
- Denisse Pasten, estudiante de Doctorado en Física, Universidad de Chile.
- Miguel Ángel Solís, estudiante de Ciencias Físicas y Astronómicas, Universidad de Concepción.
- José Pedreros, estudiante en pasantía de Ingeniería Física, Universidad de Santiago de Chile.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

- Ligeia Aranguiz, estudiante de Licenciatura en Física, Universidad de Chile.
- José Fernández, estudiante de Ingeniería en Matemáticas, Universidad Técnica Federico Santa María.
- Dante Kalize, estudiante de Ingeniería en Matemáticas, Universidad Técnica Federico Santa María.
- Pablo Ariza, estudiante en práctica de Licenciatura en Física, Universidad de Chile.
- Nicolás Verschueren, estudiante en práctica de Licenciatura en Física, Universidad de Chile.
- Piotr Reymond, estudiante en práctica de Licenciatura en Física, Universidad de Chile.

PREMIOS Y DISTINCIONES.

- El Sr. Ariel Tarifeño, tesista de doctorado en física de la Universidad de Concepción, quién está realizando su tesis de doctorado en el DPTN bajo la dirección de L. Soto, obtuvo el tercer lugar en la sesión de premiación de estudiantes de doctorado del Simposio Chileno de Física realizado en Valparaíso en Noviembre de 2008.
- Las actividades de investigación del DPTN fueron destacadas en el libro "70 historias exitosas de innovación y ciencia: una recopilación de experiencias destacadas entre 2000 y 2008". El libro fue preparado por el Ministerio de Economía. Sólo 3 iniciativas conducidas por físicos fueron destacados en dicho libro. Dos de ellas relacionadas con reconocimiento de imágenes (una con aplicación a la industria financiera y otra a la medicina) y la tercera la correspondiente al DPTN. Esta última se titula "Energía a pequeña escala para la solución de grandes problemas", siendo la única clasificada en el libro en el área de física