

DOCUMENTO MARCO

PROGRAMA ProTeGi

Programa de Formación y Movilidad Técnica en Grandes Experimentos

Versión: agosto de 2026

1. Antecedentes

La participación de Chile en grandes infraestructuras científicas internacionales ha experimentado un crecimiento sostenido, particularmente en el ámbito de la física de partículas y las tecnologías asociadas a grandes experimentos.

En 2026, Chile se incorporó como Estado Miembro Asociado del CERN. Esta condición amplía las oportunidades para instituciones, investigadores, estudiantes, profesionales y empresas chilenas, incluyendo nuevas posibilidades de participación científica, técnica, tecnológica e industrial.

En este contexto, el Instituto Milenio SAPHIR desarrolla ProTeGi, una iniciativa destinada a fortalecer la participación de técnicos, profesionales técnicos e ingenieros chilenos en grandes infraestructuras y experimentos científicos internacionales.

ProTeGi surge de la experiencia acumulada por SAPHIR en colaboraciones internacionales y de la constatación de una necesidad concreta: la construcción, integración, operación y actualización de experimentos de gran escala requiere no solo investigadores, sino también capacidades técnicas altamente especializadas.

2. Propósito

ProTeGi tiene por propósito desarrollar capacidades técnicas y tecnológicas en Chile mediante la formación, especialización y participación de técnicos e ingenieros chilenos en grandes experimentos e infraestructuras científicas internacionales.

La movilidad internacional constituye un medio para adquirir experiencia y capacidades que posteriormente puedan contribuir al desarrollo científico, tecnológico e industrial del país.

3. Objetivos

Objetivo general

Fortalecer las capacidades técnicas nacionales mediante la participación de técnicos, profesionales técnicos e ingenieros chilenos en proyectos científicos y tecnológicos internacionales de alta complejidad.

Objetivos específicos

1. Identificar oportunidades de participación técnica en grandes experimentos y laboratorios internacionales.
2. Conectar dichas necesidades con técnicos e ingenieros provenientes de instituciones chilenas.
3. Generar mecanismos transparentes de identificación, evaluación y selección de participantes.
4. Facilitar experiencias internacionales de formación y especialización técnica.
5. Fortalecer capacidades nacionales en instrumentación científica, electrónica, mecánica de precisión, producción especializada, automatización, integración y control de calidad.
6. Promover la transferencia hacia Chile de conocimientos, procedimientos y experiencia adquiridos durante las estancias internacionales.
7. Contribuir al aprovechamiento de las oportunidades científicas, tecnológicas e industriales derivadas de la participación de Chile en CERN y otras infraestructuras científicas internacionales.

4. Principios del programa

Pertinencia técnica

La participación se originará a partir de una necesidad concreta identificada por un proyecto, experimento o institución receptora.

Selección por competencias

La selección se realizará prioritariamente según las competencias necesarias para ejecutar las tareas definidas y no únicamente sobre la base del título profesional o técnico del candidato.

Formación mediante participación real

Los participantes deberán incorporarse a actividades efectivas de producción, integración, construcción, pruebas, operación o soporte de infraestructura científica.

Calidad y trazabilidad

Las tareas desarrolladas deberán respetar los estándares técnicos, de seguridad, calidad y trazabilidad definidos por cada institución receptora.

Transferencia

La experiencia internacional deberá generar aprendizaje que pueda ser posteriormente aprovechado por instituciones y proyectos en Chile.

Colaboración

ProTeGi promoverá la participación conjunta de instituciones de educación superior, centros científicos, laboratorios internacionales, organismos públicos y, cuando corresponda, actores tecnológicos e industriales.

5. Modelo operativo

5.1 Identificación de necesidades

Las posiciones ProTeGi surgirán prioritariamente a partir de requerimientos identificados por CERN, colaboraciones experimentales, laboratorios internacionales, universidades colaboradoras, grupos científicos de SAPHIR y proyectos tecnológicos asociados a grandes infraestructuras.

Cada necesidad deberá describir al menos:

- funciones;
- competencias requeridas;
- experiencia deseable;
- duración estimada;
- lugar de ejecución;
- condiciones de trabajo;
- nivel de idioma requerido;
- institución responsable de supervisión.

La secuencia preferente será: necesidad → perfil → candidato.

6. Ecosistema ProTeGi

ProTeGi se desarrolla sobre un ecosistema nacional de instituciones capaces de identificar, formar y proyectar capital humano técnico hacia grandes infraestructuras científicas internacionales. SAPHIR ha avanzado en la construcción de esta red mediante convenios específicos vinculados a ProTeGi con Duoc UC, AIEP y la Universidad Técnica Federico Santa María (USM), estableciendo una base institucional que permite conectar necesidades técnicas identificadas en CERN y otros laboratorios con capacidades existentes en Chile. Este ecosistema combina la experiencia científica e internacional de SAPHIR con las capacidades formativas de instituciones técnico-profesionales y universitarias, y busca acompañar el ciclo completo del programa: identificación de perfiles, preparación y selección de candidatos, participación internacional y transferencia posterior de capacidades hacia el país. Su crecimiento podrá incorporar progresivamente nuevas instituciones de educación superior, centros tecnológicos y actores industriales, siempre en función de necesidades técnicas reales y oportunidades concretas de participación internacional.

Red institucional vigente

- Instituto Milenio SAPHIR: articulación general del programa, relación con CERN y laboratorios internacionales, identificación de necesidades y coordinación de oportunidades.
- Duoc UC, AIEP y Universidad Técnica Federico Santa María (USM): instituciones con convenios específicos vinculados a ProTeGi, que contribuyen a la identificación, preparación y proyección de perfiles técnicos y profesionales compatibles con los requerimientos de los proyectos internacionales.
- CERN y laboratorios asociados: identificación de necesidades técnicas, definición y validación de perfiles, supervisión y desarrollo de capacidades en entornos científicos de alta complejidad.
- Proyección del ecosistema: incorporación progresiva de nuevas instituciones formadoras, centros tecnológicos e industria, de acuerdo con la evolución del programa y la demanda internacional.

7. Perfiles técnicos

Los perfiles ProTeGi serán definidos específicamente para cada posición. Las necesidades actualmente identificadas muestran que las grandes colaboraciones requieren capacidades en distintas áreas técnicas.

Producción y ensamblaje de detectores

- montaje de componentes;
- ensamblaje de sensores y circuitos;
- manipulación de componentes de precisión;
- trabajo en ambientes controlados;
- inspección visual;
- metrología;
- trazabilidad de procesos;
- registro de información.

Mecánica y manufactura de precisión

- montaje mecánico;
- fabricación e integración de componentes;
- interpretación de planos;
- materiales compuestos y fibra de carbono;
- utilización de adhesivos técnicos;
- montaje de estructuras de precisión;
- instalación, modificación y mantenimiento de equipamiento.

Electrónica e instrumentación

- ensamblaje electrónico;
- diagnóstico e integración;
- instrumentación;
- pruebas;
- sistemas de adquisición y control.

Automatización y sistemas

- control;
- sensores;
- monitoreo;
- integración electromecánica;
- sistemas asociados a infraestructura experimental.

Las posiciones actualmente desarrolladas para RAL y Oxford muestran esta diversidad. En RAL, el trabajo asociado a ATLAS ITk requiere producción manual de módulos de silicio, manipulación mediante herramientas de vacío, metrología, inspección visual, registro sistemático de datos y trabajo en sala limpia.

En Oxford, el perfil está orientado al montaje mecánico de alta precisión de estructuras de fibra de carbono para los staves del ATLAS Inner Tracker, incluyendo materiales compuestos, circuitos flexibles, estructuras honeycomb, tubos de titanio y procesos especializados de adhesión y ensamblaje.

8. Competencias transversales

Sin perjuicio de las competencias particulares de cada posición, ProTeGi valorará especialmente:

- responsabilidad;
- capacidad para seguir procedimientos;
- atención al detalle;
- destreza manual cuando corresponda;
- autonomía;
- capacidad de aprendizaje;
- trabajo en equipo;
- capacidad de desenvolverse en equipos multidisciplinarios;
- aseguramiento y control de calidad;
- registro y trazabilidad;
- interpretación de documentación técnica;

- flexibilidad operacional;
- capacidad de comunicación en inglés.

El nivel requerido de inglés será determinado para cada posición y deberá corresponder a las exigencias reales del entorno técnico. No todas las oportunidades requerirán fluidez avanzada.

9. Identificación y selección de participantes

9.1 Identificación de candidatos

Los candidatos podrán ser identificados mediante:

- convocatoria abierta;
- convocatoria dirigida a instituciones colaboradoras;
- nominación institucional;
- búsqueda específica de perfiles;
- procesos conjuntos con instituciones educativas.

La modalidad será definida según la naturaleza y urgencia de la posición.

9.2 Evaluación

La evaluación podrá considerar antecedentes técnicos, experiencia práctica, adecuación al perfil, competencias transversales, nivel de inglés y motivación, con especial atención a la comprensión real de las funciones y condiciones de la experiencia internacional.

10. Criterio fundamental de selección

Seleccionar personas para posiciones previamente definidas y no posiciones para personas previamente seleccionadas.

La formación académica constituirá un antecedente relevante, pero no necesariamente el criterio determinante. Determinadas posiciones pueden requerir competencias específicas de manufactura, ensamblaje, aseguramiento de calidad o experiencia práctica que no necesariamente se desprenden del nombre de una carrera.

11. Proceso de selección

1. Definición del perfil: validación del perfil con la institución internacional receptora.
2. Identificación de candidatos: convocatoria, nominación o búsqueda dirigida.
3. Preselección técnica: revisión de antecedentes y experiencia.
4. Entrevista: evaluación de competencias, motivación, comprensión de las funciones y condiciones de participación.
5. Validación técnica: cuando corresponda, revisión del candidato por parte de la institución o equipo receptor.
6. Selección: definición del participante.
7. Preparación: aspectos administrativos, técnicos, culturales y logísticos previos a la movilidad.

12. Evaluación de compatibilidad

Antes de confirmar una participación deberán verificarse especialmente cuatro dimensiones:

Perfil técnico

¿La persona cuenta con las competencias necesarias?

Tareas

¿Las funciones corresponden efectivamente con su formación y experiencia?

Expectativas

¿El candidato comprende la naturaleza real del trabajo que realizará?

Condiciones

¿La duración, lugar de trabajo, remuneración, alojamiento y condiciones personales permiten una participación sostenible?

Esta etapa busca disminuir diferencias entre las expectativas del participante y las tareas efectivamente desarrolladas en destino.

13. Movilidad internacional

La duración de cada participación dependerá de las necesidades del proyecto. ProTeGi podrá considerar:

- estadías técnicas;
- pasantías;
- contratos de duración determinada;
- comisiones de servicio;
- visitas técnicas;
- programas de entrenamiento;
- participación en fases específicas de construcción o integración.

Las condiciones administrativas y económicas serán definidas caso a caso.

14. Seguimiento

Durante la participación internacional deberá existir comunicación periódica entre el participante, SAPHIR, la institución de origen cuando corresponda y el supervisor o contraparte internacional.

El seguimiento deberá permitir detectar oportunamente dificultades técnicas, problemas administrativos, diferencias entre funciones esperadas y reales, necesidades de apoyo y oportunidades futuras.

15. Evaluación y retorno

Al finalizar la experiencia, el participante deberá contribuir a un proceso de evaluación y transferencia. Como mínimo, se procurará contar con:

- breve informe de actividades;
- identificación de capacidades adquiridas;
- evaluación de la experiencia;

- retroalimentación de la institución receptora;
- identificación de posibilidades de transferencia;
- recomendaciones para futuras posiciones.

Cuando sea pertinente, podrán realizarse además presentaciones, talleres o actividades de transferencia hacia otros técnicos, estudiantes o instituciones nacionales.

16. Transferencia de capacidades

ProTeGi no considera la movilidad internacional como un objetivo en sí mismo. Su modelo busca generar un ciclo de formación y retorno de capacidades:

Chile → Experiencia internacional → Chile

Las capacidades adquiridas podrán contribuir a nuevos proyectos científicos nacionales, formación de técnicos, universidades, centros tecnológicos, infraestructura experimental, innovación, manufactura avanzada, empresas nacionales y participación futura de Chile en grandes proyectos internacionales.

17. Gobernanza

Instituto Milenio SAPHIR

SAPHIR tendrá un rol de articulación y coordinación general de ProTeGi. Entre sus funciones se considerarán:

- identificar oportunidades;
- mantener relaciones con instituciones internacionales;
- validar necesidades y perfiles;
- coordinar procesos de selección;
- apoyar la movilidad;
- realizar seguimiento;
- sistematizar resultados;
- promover transferencia.

Ecosistema nacional ProTeGi

El ecosistema nacional ProTeGi, actualmente articulado mediante convenios específicos con Duoc UC, AIEP y la Universidad Técnica Federico Santa María (USM), podrá participar en la identificación y preparación de candidatos, preselección, apoyo administrativo, seguimiento y transferencia posterior. La incorporación de nuevas instituciones deberá responder a necesidades y oportunidades concretas del programa.

Instituciones internacionales

Tendrán como principales funciones identificar necesidades, definir tareas, validar perfiles, supervisar técnicamente y evaluar la experiencia.

18. ProTeGi y CERN

CERN constituye la principal plataforma internacional para el desarrollo inicial de ProTeGi. La condición de Chile como Estado Miembro Asociado genera una oportunidad para ampliar la participación nacional más allá de la investigación científica.

ProTeGi puede contribuir específicamente al componente de capital humano técnico, articulando las necesidades de experimentos y proyectos con capacidades existentes o potenciales en Chile.

La estrategia con CERN deberá orientarse a:

1. identificar anticipadamente necesidades técnicas;
2. recibir descripciones concretas de perfiles;
3. conectar esas necesidades con instituciones chilenas;
4. formar y seleccionar candidatos adecuados;
5. facilitar su integración en proyectos;
6. construir continuidad entre distintas generaciones de participantes;
7. identificar capacidades que posteriormente puedan transferirse a Chile.

La pregunta hacia CERN debe ser: “¿Qué capacidades técnicas necesitan sus proyectos?”

19. ProTeGi y el Ministerio de Ciencia

ProTeGi puede constituir una herramienta concreta para aprovechar la participación de Chile como Estado Miembro Asociado del CERN. En este contexto, SAPHIR puede presentar ProTeGi al Ministerio de Ciencia como un mecanismo que ya ha comenzado a generar experiencia concreta y que puede contribuir a desarrollar una política más permanente de participación técnica.

1. Reconocimiento estratégico

Incorporar explícitamente el desarrollo de capital humano técnico como parte de la estrategia nacional de aprovechamiento de CERN.

2. Articulación institucional

Facilitar la articulación entre CERN, proyectos científicos, SAPHIR, el Ecosistema ProTeGi, el Estado y la industria.

3. Sostenibilidad

Explorar mecanismos de financiamiento que permitan sostener posiciones técnicas internacionales más allá de las capacidades presupuestarias individuales de los proyectos científicos.

4. Transferencia

Construir mecanismos que permitan que las capacidades adquiridas internacionalmente generen impacto posterior en Chile.

20. Modelo propuesto CERN–Chile

CERN / laboratorios → SAPHIR → Ecosistema ProTeGi → ProTeGi → Experiencia internacional → Retorno / transferencia

En este modelo, CERN y los laboratorios identifican necesidades; SAPHIR las traduce en perfiles y articula oportunidades; el Ecosistema ProTeGi identifica y prepara candidatos; ProTeGi coordina la selección y facilita la movilidad; y la experiencia adquirida retorna hacia instituciones formadoras, centros tecnológicos, industria y nuevos proyectos nacionales.

21. Desarrollo 2026–2030

Durante su etapa de consolidación, ProTeGi priorizará oportunidades vinculadas a proyectos en los cuales SAPHIR ya cuenta con participación científica o tecnológica.

ATLAS

Especialmente actividades vinculadas al programa de actualización para el High-Luminosity LHC y el Inner Tracker. La experiencia actualmente desarrollada en Reino Unido constituye un primer modelo operativo. RAL debe fabricar aproximadamente 1.200 módulos Strip para ATLAS ITk, dentro de un proceso de alta precisión que requiere trabajo en sala limpia, cumplimiento estricto de procedimientos y trazabilidad completa.

SHiP

Identificación futura de oportunidades relacionadas con instrumentación, integración y sistemas de detección.

SND@LHC

Oportunidades vinculadas a detectores, instrumentación, pruebas e integración.

Podrán incorporarse posteriormente otros experimentos, instalaciones o laboratorios cuando existan necesidades técnicas compatibles con los objetivos del programa.

22. Indicadores de seguimiento

ProTeGi procurará sistematizar al menos los siguientes indicadores:

- número de posiciones identificadas;
- número de participantes;
- institución de origen;
- laboratorio o institución de destino;
- duración de las participaciones;
- área técnica;
- proyecto o experimento;
- capacidades adquiridas;
- evaluación del participante;
- evaluación de la contraparte internacional;
- continuidad laboral o técnica posterior;

- actividades de transferencia realizadas.

Los indicadores permitirán evaluar tanto la movilidad como el impacto del programa.

23. Proyección

ProTeGi busca evolucionar desde experiencias individuales de movilidad hacia una ruta permanente de formación y participación técnica chilena en grandes infraestructuras científicas internacionales.

Su desarrollo deberá permitir que Chile cuente progresivamente con técnicos e ingenieros capaces de participar en la construcción, integración, pruebas, mantenimiento y operación de tecnologías científicas de alta complejidad.

La experiencia internacional constituye así una herramienta para fortalecer capacidades nacionales y ampliar el impacto científico, tecnológico e industrial de la participación de Chile en grandes proyectos internacionales.

Síntesis

ProTeGi conecta necesidades técnicas de grandes experimentos internacionales con capacidades chilenas.

Identifica → selecciona → forma → moviliza → transfiere.

Su objetivo final no es enviar técnicos al extranjero. Su objetivo es desarrollar capacidades técnicas para Chile.