



Ministerio de Ciencia,  
Tecnología e Innovación  
**Argentina**



**Sistemas Nacionales**

# PLAN ESTRATÉGICO PARA EL EQUIPAMIENTO BASADO EN MAGNETOMETRÍA, EN LA REPÚBLICA ARGENTINA

---

PLAN ESTRATÉGICO 2020-2025



**Sistemas Nacionales**  
Magnetometría

## AUTORIDADES

Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación

**Daniel Fernando Filmus**

Secretario de Articulación Científico-Tecnológica

**Juan Pablo Paz**

Subsecretaria de Coordinación Institucional

**Pablo Nuñez**

Directora Nacional de Planificación de Recursos Físicos

**Julieta Cortina**

## COLABORADORES

Carolina Pérez

Francisco Monterubbianesi

Gabriela Gorjón

Nicolás Wolcoff

Sabrina Fischberg

Silvana Beltrán

Stella Maris Nigro

## CONSEJO ASESOR

El Consejo Asesor es el órgano inmediato de representación, discusión y coordinación de las actividades, proyectos y programas del Sistema Nacional de Magnetometría (SNMAG), así como de asesoramiento al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MINCYT) y al Consejo Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (CICYT) sobre políticas destinadas a la mejora permanente del funcionamiento del sistema.

Los integrantes del Consejo Asesor son representantes de los organismos del CICYT con injerencia o expertos en la materia, designados por el MINCYT.

## COORDINADORES

---

- Dr. Carlos Enrique ACHA (D.N.I. Nº 12.824.490) - CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (CONICET)
- Dr. Roberto Daniel ZYSLER (D.N.I. Nº 14.680.428) – CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (CONICET)

## MIEMBRXS

---

- Dr. Mariano Horacio QUINTERO – COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (CNEA)
- Dra. Alejandra TONINA – INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL (INTI) – Titular
- Dr. Ricardo IUZZOLINO – INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL (INTI) – Alternó
- Dr. Javier PERONI – SERVICIO GEOLÓGICO MINERO (SEGEMAR) - Titular
- Lic. Dolores ÁLVAREZ – SERVICIO GEOLÓGICO MINERO (SEGEMAR) - Alternó
- Ing. Marcelo PATERLINI – MINISTERIO DE DEFENSA (MINDEF)
- Dra. Adriana María GULISANO – INSTITUTO ANTÁRTICO ARGENTINO (IAA) - Titular
- Dr. Marcos Iván OLIVA – CONSEJO INTERUNIVERSITARIO NACIONAL (CIN) - Titular
- Dr. Leandro Martín SOCOLOVSKY – CONSEJO INTERUNIVERSITARIO NACIONAL (CIN) - Titular
- Dra. Gabriela SIMONELLI – CONSEJO INTERUNIVERSITARIO NACIONAL (CIN) – Titular

## TABLA DE CONTENIDO

AUTORIDADES .....	1
COLABORADORES.....	1
CONSEJO ASESOR .....	2
1. RELEVANCIA E IMPACTO DE LA FOTÓNICA Y LAS TECNOLOGÍAS DE LA LUZ ... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
1.1. Breve reseña de los Programas Nacionales y el SINALA .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.2 Plan Estratégico SINALA 2015 y su acción sobre el PME 2015.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3 Relevamiento de nuevas oportunidades, áreas de vacancia y aplicaciones potenciales a nivel local .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.4 Recursos Humanos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2. ACTUALIDAD DEL SISTEMA NACIONAL DE LÁSERES (SINALA) Y PROSPECTIVA .....	6
2.1. Sistemas Láser para espectroscopía.....	9
2.1.1. Espectroscopías Resueltas en el tiempo - Sistemas láser pulsados	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.1.2. Espectroscopías de alta resolución - Sistemas láser continuos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2. Metrología óptica .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3. Materiales .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3.1. Fabricación y Procesamiento .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3.2. Ensayos no destructivos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.4. Microscopías ópticas con láser .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.5. Sistemas de sensado remoto .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.6 Equipos de mediano y gran porte no adheridos al SINALA.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.7 Recomendaciones generales.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3. Concepción de un Plan Estratégico para los sistemas láser en la Argentina .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4. Plan Estratégico .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

4.1. Reemplazo de equipos en riesgo de obsolescencia. Mejoras y ampliación de capacidades .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.2. Adquisición de equipos de nueva generación.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.3. Formación de Recursos Humanos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.4. Desarrollo y transferencia de sistemas láser emergentes .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5. Conclusiones.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Lista de abreviaciones y acrónimos de técnicas experimentales, nombres Institucionales, Programas y Proyectos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Anexo – Resumen de sistemas adheridos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## NECESIDAD DE UN PLAN ESTRATÉGICO PARA LA INSTRUMENTACIÓN CIENTÍFICA BASADA EN EL USO DE TÉCNICAS DE MAGNETOMETRÍA EN ARGENTINA

Este Plan Estratégico para el período 2020-2025 es impulsado por el Sistema Nacional de Magnetometría (SNMag), creado el 9 de Octubre de 2013 mediante Resolución Nro. 868/13 por iniciativa de la Secretaría de Articulación Científico Tecnológica del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCYT) conjuntamente con el Consejo Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (<http://www.cicyt.mincyt.gob.ar>) enmarcada dentro del Programa de Grandes Instrumentos y Bases de Datos.

El SNMag tiene como propósitos optimizar el funcionamiento y prestación de servicios de los equipos de magnetometría en todos sus tipos, que se encuentren instalados en instituciones del sistema académico y científico-tecnológico argentino, la mejora continua y la diversificación de las técnicas de magnetometría disponibles en Argentina y la promoción del trabajo colaborativo entre los distintos centros de investigación del país.

Dado que los laboratorios que poseen equipos de Magnetometría sofisticados de alto costo deberían estar al servicio de toda la comunidad científica y tecnológica y se encuentran en proceso constante de crecimiento resulta importante disponer de un Plan Estratégico (PE) con objetivos claros para adaptarse a los cambios y responder de forma racional a las necesidades del entramado donde dicho equipamiento presta sus servicios. El mismo debe estar basado en un relevamiento detallado de las necesidades actuales y facilidades disponibles con una visión integradora que permita articular eficientemente los esfuerzos de todos los organismos de ciencia y técnica.

De esta manera, se espera que este PE sea una herramienta de gran utilidad, que permita, a partir del análisis de la situación actual tanto del equipamiento como de los RRHH relacionados, llevar a cabo una mejora sostenida en la gestión de los recursos orientados a la investigación científica y tecnológica, así también como afrontar nuevos retos, modernizar equipamiento para optimizar o adquirir nuevas tecnologías y cubrir nuevas demandas y necesidades en el campo de la instrumentación científica basada en el uso de técnicas de Magnetometría en Argentina.

Este PE del SNMag está formulado sobre cuatro ejes estratégicos fundamentales:

- 1) Equipamiento: se espera contemplar el reemplazo de los equipos que hayan quedado obsoletos y al mismo tiempo, que hayan acreditado un uso intensivo, o de importancia estratégica. Mejorar y actualizar equipamiento disponible en el país; por otro lado, el plan debería incluir la compra de equipos cuyo diseño y prestaciones representen un salto cualitativo para las capacidades científico-tecnológicas y estratégicas en nuestro país, en términos de instrumentación científica en el uso de técnicas de Magnetometría, junto con una propuesta para el mejor aprovechamiento de los mismos.
- 2) Recursos Humanos: se debe alcanzar una formación de calidad sobre una masa crítica de RRHH que garantice el uso racional y eficiente del equipamiento disponible y a ser adquirido. Se pretende así poder contar con investigadores y técnicos especializados que tengan la capacidad de atender no sólo una demanda creciente en instrumentación en el uso de técnicas de Magnetometría, sino además poder realizar estudios sofisticados que permitan contar con nuevas y avanzadas metodologías para resolver los problemas del vasto campo científico y tecnológico.
- 3) Promoción de la transferencia: se espera que el fortalecimiento de las capacidades en técnicas de magnetometría tenga un impacto importante no sólo académico sino también tecnológico al permitir el aprovechamiento de estas nuevas capacidades en la innovación, aumento de la competitividad y mejora de la calidad de los bienes y servicios producidos.
- 4) Promoción de actividades de colaboración y formación: se espera fortalecer tanto el trabajo colaborativo entre los diferentes centros e instituciones que conforman el SNMag como la interacción y

sinergia con el resto de los Sistemas Nacionales para potenciar las capacidades de formación e investigación.

La Parte 1 de este PE es un diagnóstico detallado del estado del equipamiento para técnicas de magnetometría en el país. En la Parte 2 se proponen objetivos y acciones concretas para renovar dicho equipamiento y adquirir nuevo instrumental avanzado. Los detalles de equipos y montos de las compras propuestas se presentan en los Anexos I y II.

## **1. DIAGNÓSTICO DE LA INSTRUMENTACIÓN CIENTÍFICA BASADA EN EL USO EL USO DE TÉCNICAS DE MAGNETOMETRÍA EN ARGENTINA**

### **1.1 FUNDAMENTACIÓN**

#### **1.1.1 LA MAGNETOMETRÍA COMO HERRAMIENTA DE INVESTIGACIÓN**

Los materiales magnéticos, omnipresentes en el mundo moderno, constituyen un campo en continuo desarrollo, en el cual coexisten la aplicación de tecnologías adquiridas hace tiempo con nuevas tecnologías, cuyo vertiginoso desarrollo a partir de los años 80, introdujo avances y aplicaciones impensadas o simplemente que pocos años antes parecían imposibles de alcanzar. Estos materiales se encuentran en toda aplicación que involucre tecnología, así por ejemplo pueden encontrarse en la industria automotriz, informática, aeroespacial, en la electrónica e instrumentación, en las comunicaciones, los electrodomésticos, la industria, bioingeniería, energía, ciencias de la salud, etc.

Entre los tipos de materiales magnéticos con gran aplicación tecnológica se pueden citar: materiales magnéticos duros, ferritas, películas delgadas en mono y multicapas; óxidos y manganitas con efecto de magnetorresistencia y magnetoimpedancia gigante; válvulas de spin, ferrofluidos; materiales para refrigeración magnética; incluso materiales superconductores y heteroestructuras que poseen propiedades magnéticas inusuales. El estudio intensivo de los mismos ha producido avances tecnológicos que han dado lugar a aplicaciones cada vez más exigentes respecto a las performances de los materiales, realizándose avances cada vez más significativos en el entendimiento de la física del magnetismo. El estudio de los materiales magnéticos constituye un área multidisciplinaria, donde se integran la física, la química, la ciencia de materiales, la biología, medicina, ciencias de la Tierra y el espacio, la ingeniería eléctrica y electrónica entre otras.

Una rama particularmente relevante de los estudios mediante técnicas de magnetometría comprende el registro de alta precisión de las variaciones del campo magnético terrestre actual (geomagnetismo) y pasado (paleomagnetismo) y sus aplicaciones a múltiples disciplinas dentro del campo de las ciencias de la Tierra, las ciencias atmosféricas, las ciencias ambientales, la arqueología y antropología, entre muchas otras. Los avances tecnológicos y metodológicos en estas investigaciones han sido mayúsculos en las últimas dos décadas.

El estudio de las fábricas magnéticas en materiales naturales y artificiales ha tenido un crecimiento exponencial en las últimas décadas. Consiste en determinar con precisión la variación espacial de una o varias propiedades magnéticas dentro de un material e inferir la fábrica interna del mismo. Su practicidad y versatilidad ha expandido su uso a múltiples aplicaciones (sedimentología, volcanología, yacimientos minerales, deformación de materiales, hidrocarburos, arqueología, etc.).

#### **1.1.2 IMPORTANCIA DE LA INSTRUMENTACIÓN CIENTÍFICA BASADA EN EL USO DE TÉCNICAS DE MAGNETOMETRÍA**

El estudio del magnetismo implica una gran cantidad de técnicas experimentales asociadas, que se utilizan de acuerdo a las necesidades de cada problemática estudiada. En algunos sistemas las propiedades magnéticas se reflejan fuertemente en las propiedades de transporte eléctrico y son apreciables modificando las variables termodinámicas. Es por eso que el equipamiento asociado a la medición de este tipo de propiedades, en función de la temperatura, presión, campo magnético, entre otras debe ser considerado como parte del SNMag. Además, teniendo en cuenta que Argentina cuenta con un plan espacial estratégico con tecnología satelital para comunicaciones e investigación en ciencia básica, es imprescindible contar con un efectivo monitoreo del clima espacial que puede realizarse en forma multi-instrumental incluyendo magnetómetros en Tierra y eventualmente el desarrollo y puesta en órbita de magnetómetros en satélites en el espacio.

Se pueden identificar algunas de técnicas principales como: medidas de Magnetización, Susceptibilidad, Magnetotransporte, Efecto Mössbauer, Magnetometría óptica, Metrología cuántica, entre otras.

- **Magnetización**

La propiedad fundamental para el estudio del magnetismo es el cambio observado en la magnetización. Existen diferentes técnicas para medir dicha propiedad, cuya utilización depende de las características del sistema a medir. En la mayoría de los casos, los equipos cuentan con un electroimán o imán permanente para aplicar campos magnéticos y un sistema que permite variar la temperatura de la muestra (siendo imprescindible en muchos casos líquidos criogénicos como helio y nitrógeno). Cada equipo tiene un sistema particular para medir momento magnético, que por unidad de volumen es la magnetización. Cada método tiene una sensibilidad y precisión propia y requerimientos en cuanto a tamaño mínimo y máximo de muestras a estudiar, estado de agregación, resolución espacial, temporal, etc. Los estudios de magnetización comprenden también aquellos centrados en la magnetización remanente (momentos magnéticos espontáneos de ciertos materiales, i.e. ferromagnéticos). Esta propiedad permite caracterizar no solo materiales artificiales, sino que es una muy valiosa fuente de información en sistemas naturales actuales y pasados.

- **Susceptibilidad**

La susceptibilidad magnética DC es el momento magnético por unidad de volumen y por unidad de campo aplicado. ( $M/H = \chi(H,T)$ ). La susceptibilidad alterna, es la respuesta a campos magnéticos alternos, y es la transformada de Fourier de la magnetización dependiente del tiempo. En esta técnica entra en juego la frecuencia de excitación y permite revelar tiempos característicos de los materiales, variando las frecuencias típicas entre 1 y 106 Hz. Incluye el estudio de la variación espacial de la susceptibilidad magnética (anisotropía o fábrica magnética) de materiales naturales y artificiales y su relación con otras variables (temperatura, intensidad de campo, frecuencia).

- **Magnetotransporte**

En algunos sistemas las propiedades magnéticas y las de transporte eléctrico están fuertemente acopladas. Es por eso que el equipamiento asociado a la medición de este tipo de propiedades, en función de la temperatura, presión y campo magnético debe ser considerado parte del SNMag.

- **Efecto Mössbauer**

La técnica Mössbauer refleja, mediante el comportamiento de alguno de los parámetros hiperfinos medibles -provenientes de las interacciones electromagnéticas entre el núcleo de Fe y los átomos vecinos, los distintos entornos del núcleo y sus variaciones. En el caso particular de sistemas magnéticos el potencial de esta técnica radica en la posibilidad de dilucidar los detalles de la dinámica de espín, ya que



es sensible a tiempos característicos del orden de  $10^{-8}$  s.. Otra característica de esta técnica es que permite observar la magnetización de dominio en ausencia de un campo aplicado.

- **Magnetometría óptica**

El estudio de las propiedades magnetoópticas de los materiales, es un área de desarrollo científico-tecnológico de importancia a nivel nacional e internacional. Uno de los equipos más utilizados para la medición de propiedades magnetoópticas de los materiales, es el magnetómetro de Efecto Kerr Magnetoóptico. Cuando este efecto se da por transmisión de la señal lumínica a través del material estudiado, se lo denomina Efecto Faraday, mientras que cuando el fenómeno se da por reflexión de la luz sobre un material metálico, se lo conoce como Efecto Kerr magnetoóptico (MOKE), técnica que permite observar la magnetización de dominio en ausencia de un campo aplicado.

- **Metrología cuántica**

Las particulares propiedades de transporte en sistemas que presentan efecto Hall cuántico son actualmente de gran utilidad práctica en metrología. En particular, el efecto Hall cuántico entero tiene patrones muy precisos en el comportamiento de la resistencia, caracterizados por plateaux cuyo valor depende de fracciones de la constante de Von Klitzing  $R_K = h/e^2$ , que a su vez depende de constantes fundamentales como la carga del electrón  $e$  y la constante de Planck  $h$ . Esta característica se utiliza mundialmente para definir la unidad de resistencia eléctrica. Esto involucra equipamiento que debe trabajar a muy bajas temperaturas (del orden de los 300 mK) y generar altos campos magnéticos, del orden de las decenas de Teslas.

Por otro lado, la realización de la unidad de tensión eléctrica, el volt, sigue el mismo principio de realización de las unidades a través de constantes universales, en este caso, la constante Josephson  $K_J = 2e/h$ . El equipamiento asociado en este caso requiere de bajas temperaturas (4,2 K obtenida con un baño de helio líquido) y la generación de microondas aplicadas al arreglo Josephson.

- **Imanes**

Para el estudio de las propiedades magnéticas de un sistema suele ser necesario realizar una perturbación externa mediante la aplicación de un campo magnético. Si bien la mayoría de los equipos mencionados hasta ahora cuenta con un imán incorporado con dicho fin, muchas veces es necesario disponer de electroimanes e imanes permanentes, que permitan el armado de experimentos fuera de lo habitual.

- **Criogenia**

Dado que las propiedades magnéticas de interés científico suelen encontrarse por debajo de temperatura ambiente, es necesario disponer de líquidos criogénicos como el helio y el nitrógeno que permitan bajar la temperatura, o equipamientos de los centros criogénicos que permiten alcanzar la licuefacción del Helio y del Nitrógeno. También deben utilizarse esos líquidos cuando se desea aplicar un campo magnético intenso con un imán superconductor (el imán debe estar por debajo de la temperatura crítica para poder funcionar).

- **Otros**

Además de los equipos mencionados existe una cantidad de equipamiento que se utiliza para el estudio del magnetismo en diferentes sistemas, el magnetismo terrestre y el clima espacial, que no se puede ubicar específicamente en ninguna de las categorías anteriores, pero que resulta de interés considerarlos, principalmente en lo referido a la capacitación y solicitud de recursos humanos. Los equipos de la red de observatorios magnéticos permanentes y los ubicados en las bases más australes de nuestro país en Antártida Argentina debido a su ubicación estratégica y combinados con observaciones satelitales y en tierra pueden proveer información para un eventual sistema de alertas por eventos de Meteorología

Espacial en nuestro país y tienen un potencial para la formación de recursos humanos en el análisis de los mismos, muy importante para el desarrollo futuro de esas líneas de investigación.

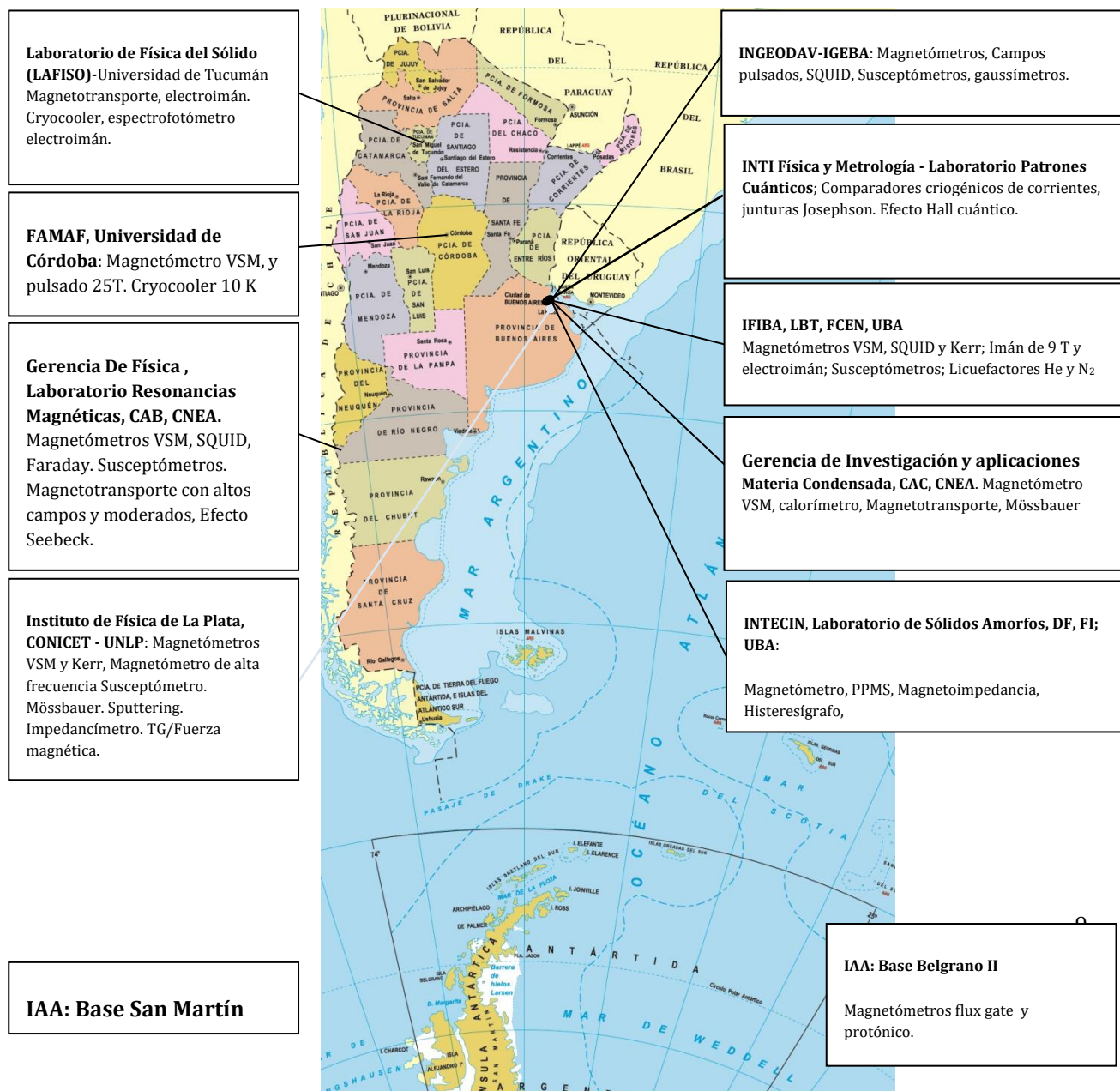
## 1.2 RECURSOS DISPONIBLES EN EL SISTEMA CIENTÍFICO NACIONAL

El Sistema Nacional Magnetometría (SNMag) ha colectado valiosa información que nos brinda una visión global sobre el estado de desarrollo, así también las necesidades y falencias de los distintos tipos de equipamientos que utilizan técnicas de magnetometría en Argentina. La información recolectada corresponde a 10 centros adheridos donde se alojan los 20 grandes equipos incorporados al Sistema Nacional, como así también a centros aún no adheridos, y sus equipamientos relevados hasta julio 2020.

A continuación se describen los recursos disponibles actualmente en el sistema científico y académico nacional, incluyendo equipamiento y recursos humanos, de acuerdo a la información disponible tanto por las adhesiones al SNMag como la que pudieron recabar los miembros del Consejo Asesor del mismo.

### 1.2.1 EQUIPAMIENTO

#### Distribución geográfica de equipos de Magnetometría



## **Figura 1 Distribución regional de equipos de Magnetometría relevados por el SNMag (\*).**

(\*) Los datos a partir de los cuales se realizaron los gráficos se encuentran en el Anexo III. El análisis de los datos obtenidos se lleva a cabo en el punto 1.3.2.1.

### **1.2.2 RECURSOS HUMANOS ESPECIALIZADOS EN TÉCNICAS DE MAGNETOMETRÍA EN EL PAÍS**

La información de los recursos humanos en el país que se presenta en el Anexo IV se confeccionó a partir de los datos disponibles en el SNMag a partir de las instituciones adheridas. Además se brinda también información adicional recabada por los miembros del Consejo Asesor a través de consultas a especialistas.

Observando estos datos podemos decir que es importante el número de investigadores abocados a este tipo de equipamiento pero es notable la carencia de profesionales y técnicos que desarrollen sus actividades en estos laboratorios.

### **1.2.3 PROMOCIÓN DE LA TRANSFERENCIA**

Los organismos dedicados a la promoción de la ciencia y la tecnología en la Argentina, hacen suyos los objetivos y estrategias del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación “Argentina Innovadora 2020”, en el cual se establece como Objetivo General: “Impulsar la innovación productiva inclusiva y sustentable sobre la base de la expansión, el avance y el aprovechamiento pleno de las capacidades científico-tecnológicas nacionales, incrementando así la competitividad de la economía, mejorando la calidad de vida de la población, en un marco de desarrollo sustentable.” Por otra parte, la Ley 23.877 del año 1990 dispuso la creación de las Unidades de Vinculación Tecnológica (UVT), definiéndolas como estructuras de interface entre el sector productivo y el sistema científico académico.

Según lo relevado por el SNMag, se ha observado que la mayoría de los laboratorios adheridos se encuentran bajo este ámbito de difusión hacia el medio.

### **1.2.4 PROMOCIÓN DE ACTIVIDADES DE COLABORACIÓN Y FORMACIÓN**

Según lo relevado por el SNMag existen vínculos de actividades de colaboración tanto en investigación como en la formación de Recursos Humanos. Estas actividades necesitan ser fuertemente promovidas para favorecer la sinergia entre los distintos actores que pertenecen al SNMAG para potenciar y lograr un mejor aprovechamiento de las capacidades instaladas y de los Recursos Humanos con los que cuenta el Sistema.

## **1.3 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN CIENTÍFICA BASADA EN EL USO DE TÉCNICAS DE MAGNETOMETRÍA EN ARGENTINA**

### **1.3.1 FORTALEZAS, OPORTUNIDADES, DEBILIDADES Y AMENAZAS**

El análisis FODA es una herramienta que permitirá conformar un cuadro de la situación actual, permitiendo de esta manera obtener un diagnóstico preciso que permita en función de ello tomar decisiones acordes con los objetivos y políticas formulados.

<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Científicos con conocimientos para hacer uso de las diversas técnicas de Magnetometría.</li> <li>• Grupos de trabajo nacionales reconocidos internacionalmente, con décadas de trayectoria.</li> <li>• Grupos de trabajo en el extranjero, con destacados científicos argentinos desarrollando tareas en el campo del magnetismo.</li> <li>• Probada capacidad en la formación de RRHH especializados.</li> <li>• Buena interacción y vinculación entre actores pertenecientes a distintas instituciones y organismos nacionales e internacionales.</li> <li>• Extenso abanico de aplicaciones y aportes de las técnicas de Magnetometría a diversas áreas científico-tecnológicas, constituyendo un área interdisciplinaria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muchos laboratorios equipados con instrumental antiguo.</li> <li>• Insuficiente inversión en equipamientos de última generación.</li> <li>• Déficit de infraestructura (oficinas, laboratorios y estructura edilicia).</li> <li>• Pocos equipos de las técnicas rutinarias para la demanda (SQUID, PPMS).</li> <li>• Falta o escasa transferencia de tecnología.</li> <li>• Escasez de personal técnico.</li> <li>• Grandes zonas de vacancia de equipamiento "de altas prestaciones".</li> <li>• Costos elevados de algunos insumos y mantenimientos de equipos y movilidad.</li> </ul>
<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consenso y acuerdo para definir una política de inversión y gestión.</li> <li>• Voluntad y acuerdo entre MinCyT y Conicet para incorporar científicos y técnicos jóvenes.</li> <li>• La perspectiva de Incremento en la demanda de ensayos por la actividad industrial y empresarial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdidas de instrumental por obsolescencia o fallas reiteradas de funcionamiento</li> <li>• Fuga de RRHH por mejores condiciones laborales.</li> <li>• Inercia excesiva en la toma de decisiones y en la ejecución de las mismas.</li> <li>• Cambios en la política científico tecnológica gubernamental.</li> <li>• Escaso financiamiento y falta de herramientas para la adquisición de equipamiento de mediano y gran porte.</li> <li>• Pérdida de oportunidades por la devaluación de la moneda desde el momento que se aprueba la compra (en pesos) hasta que se ejecuta.</li> </ul>
---	--

### 1.3.2 ACTORES Y ESCENARIOS

El MinCyT junto con las principales instituciones de CyT, institutos, universidades, etc. ha asumido el compromiso de obtener el máximo rédito, optimizando los recursos, tanto en el uso de los equipos como en la formación de recursos humanos. Por otra parte, los representantes de los mismos en el Sistema Nacional de Magnetometría acuerdan en avanzar en la redacción de este plan estratégico.

En este sentido, este plan se describe en dos escenarios posibles. Uno de ellos configura lo mínimo esperable para la Argentina dentro del área de técnicas Magnetometría para el estudio de la materia. El segundo es más ambicioso, ya que tiene como expectativa alcanzar niveles óptimos en cuanto al equipamiento disponible en el país y la formación de recursos humanos.

#### 1.3.2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DEL EQUIPAMIENTO DISPONIBLE POR TÉCNICA

A continuación se hace un análisis de la situación particular de cada técnica en cuanto al equipamiento disponible y se proponen líneas de acción generales.

- **Magnetización**

La propiedad fundamental para el estudio del magnetismo es el cambio observado en la magnetización, existiendo diferentes técnicas para medir dicha propiedad, cuya utilización depende de las características del sistema a medir. El equipamiento abarca equipos de gran porte como SQUID o PPMS o grandes equipos como VSM. Debe destacarse que los últimos equipos de gran porte fueron adquiridos en 2005 con fondos de la Fundación Antorchas y son utilizados en un régimen continuo por la alta demanda de los mismos y que la mayoría de los equipos utilizados en los laboratorios si bien no son obsoletos, debido a la antigüedad presentan fallas continuas y reiteradas por lo cual es recomendable su actualización o reemplazo en el corto y mediano plazo. La distribución geográfica de los equipos de gran porte permite un amplio acceso a los mismos, aunque persisten zonas de vacancia en cuanto a la presencia de este tipo de equipamiento. Si bien con el PME 2015 fueron adjudicados para la compra dos SQUID, la falta de

compromiso con la inversión y las sucesivas dilaciones y devaluaciones sólo permitieron adquirir equipamientos de menor porte o prestación a la originalmente prevista.

En función de esta evaluación, resulta necesario comenzar en forma urgente la renovación de estos equipos y la instalación de laboratorios con instrumental de gran porte y de amplio acceso en las zonas de vacancia.

La cantidad de magnetómetros SQUID es insuficiente comparado con el enorme desarrollo del magnetismo en el país. Hay sólo 3 equipos en el país adquiridos en 1993 (2) y 2005 (1). También en 2005 se adquirió un PPMS que prestó servicios de manera discontinua hasta el año 2017 y que requiere una inversión para su puesta en operación.

Resulta necesario preparar la incorporación de nuevos y modernos equipos en esta área por su enorme impacto. Por otra parte, resulta importante incentivar los grupos que se están desarrollando (Salta, Tucumán) siendo esta una adecuada decisión estratégica. Desde hace varios años se desarrollan sostenidas actividades en formación de recursos humanos (cursos, escuelas, tesis, etc.) las cuales deben mantenerse e incrementarse en el futuro.

Una dificultad ha sido la provisión de insumos criogénicos indispensables para el funcionamiento de estos equipos ya que por su costo dificultan el acceso a los mismos.

En función de esta evaluación, resulta necesaria la incorporación de nuevos magnetómetros SQUID o PPMS de última generación (con rango de campos a más allá de la decena de Tesla y rango de temperaturas por debajo de los mK), con una distribución geográfica adecuada y la renovación de los Magnetómetros ya instalados (SQUID y VSM). También es necesario incorporar alguna herramienta de financiación que permita sostener la provisión de los insumos criogénicos indispensables.

- **Susceptibilidad**

La susceptibilidad magnética, tanto DC como AC es una técnica que está implementada con equipamiento específico, equipamiento de gran porte (con distintas técnicas incluidas) y equipamientos de fabricación propia. Si bien se han incorporado 2 nuevos equipos al sistema, la mayoría de los equipos se encuentran en estado de obsolescencia y algunos han dejado de prestar servicios. En función de esta evaluación, resulta necesaria la incorporación de nuevos equipos con prestaciones actualizadas a los requerimientos actuales.

- **Magnetotransporte**

El equipamiento asociado a la medición de este tipo de propiedades, en función de la temperatura y del campo magnético abarca equipamiento de gran porte (con distintas técnicas incluidas) y equipamientos de fabricación propia o ensamblados que necesitan ser renovados y actualizados.

- **Efecto Mössbauer**

La Técnica Mössbauer está implementada tanto con equipamiento comercial específico, como equipamiento fabricado o ensamblados en los laboratorios que poseen la técnica y resulta imprescindible la renovación periódica de las fuentes de radiación.

- **Imanes / electroimanes**

Si bien la mayoría de los equipos mencionados anteriormente cuentan con imanes incorporados, muchas veces es necesario disponer de imanes que permitan el armado de experimentos no convencionales o no disponibles en los equipamientos comerciales disponibles.

- **Criogenia**

Si bien no es una técnica de magnetometría en sí misma, si se la puede considerar una parte fundamental de todas las técnicas de medición de las propiedades magnéticas dado que estas suelen presentar comportamientos de interés científico por debajo de la temperatura ambiente, para lo cual es necesario disponer de líquidos criogénicos como el helio y el nitrógeno que permitan realizar los experimentos a baja temperatura. También deben utilizarse esos líquidos cuando se desea aplicar un campo magnético alto con un imán superconductor (el imán debe estar por debajo de la temperatura crítica para poder funcionar). De los equipos de gran porte algunos funcionan con cryocooler mientras que otros lo hacen con sistemas de recuperación de Helio. En ambos casos el funcionamiento de estos equipos suele verse afectados por fallas o desperfectos en los cryocooler (ciclo cerrado) o por desperfectos relacionados a un purificador o compresor de Helio (ciclos de recuperación de Helio). Por otra parte, en el caso del equipo de efecto Hall cuántico, el helio líquido que se consume no se recicla siendo entonces un equipo sumamente costoso en su funcionamiento. Es aconsejable así la adquisición de un equipo de dilución libre de helio. Por ello, se recomienda la adquisición o fabricación de instrumentos de última generación con circuitos cerrados en los sistemas de bajas temperaturas, y fortalecer los sistemas de recuperación y producción de líquidos criogénicos.

- **Otros**

Además de los equipos mencionados existe una cantidad de equipamiento que se utiliza para el estudio del magnetismo en diferentes sistemas, y que no se puede ubicar en ninguna de las categorías anteriores, pero que por su costo y complejidad sin duda conforman los grandes equipamientos. Cabe mencionar que cada vez más se hace muy necesario el estudio de propiedades locales además de las globales, como la magnetometría óptica o de fuerza o bien la medición de magnetización y/o susceptibilidad con transductores miniaturizados. Actualmente no hay un plan articulado para el estudio de las condiciones de climatología espacial que necesariamente es interdisciplinario y multi-instrumental y que necesita de datos de campo magnético terrestre en diferentes localizaciones. La Red de magnetometría podría constituirse en un instrumento para que los usuarios de esta información (Servicio Meteorológico Nacional, INVAP, CONAE, etc.) y las instituciones que cuentan con magnetómetros abocados a este monitoreo, accedan a la misma. Y por lo tanto se recomienda la incorporación de nuevos equipos de última generación con una distribución geográfica adecuada y la formación de recursos humanos calificados.

Además se considera fundamental generar e incrementar las relaciones con científicos argentinos en el exterior junto con la generación de incentivos para la formación de recursos humanos en grupos del exterior donde se desarrollen técnicas de última generación

### 1.3.2.2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS ESPECIALIZADOS EN CADA TÉCNICA

Si bien las técnicas son diferentes, la problemática es similar ya que en general son técnicas concurrentes y los recursos humanos tienen formación al menos básica sobre cada una de ellas. La mayoría de estos grupos cuentan con escaso personal técnico. Este factor, sumado a la antigüedad del equipamiento mencionada previamente y a la escasez de equipamiento de gran porte, conspiran con la idea de compartir equipamiento, pues en algunos casos son los propios científicos los encargados de realizar ensayos para terceros, dedicando su tiempo y esfuerzo a la tarea de servicios además de constituir el soporte técnico de los equipos, ya que los proveedores de estos equipamientos no poseen casas matrices en Argentina y por ende el mantenimiento de los equipos resulta altamente costoso. Además los técnicos son también necesarios para: colaborar en el desarrollo de nuevos enfoques experimentales, aportando soluciones técnicas, construyendo y ensamblando partes y/o realizando pruebas experimentales.

Por ello, se recomienda la búsqueda de acuerdos institucionales tendientes a lograr la incorporación en un número importante de personal técnico y de apoyo a la investigación, orientados al mantenimiento y reparación y operación del equipamiento y a aquellas tareas de servicios o lo suficientemente rutinarias que no justifiquen la dedicación de investigadores para este tipo de actividades de relativa complejidad experimental y para el procesamiento de los datos.

A su vez, es importante continuar con la formación de recursos humanos dictando cursos básicos y avanzados, realizando escuelas y/o talleres y favoreciendo pasantías o estadías breves de alumnos e investigadores jóvenes.

Por otra parte, teniendo en cuenta que este PE propone la compra de nuevo equipamiento, de alta sofisticación, lo que podría complicar aún más la situación, relacionada principalmente al mantenimiento y reparación del equipamiento, se propone generar y apoyar los mecanismos que permitan formar técnicos en fábrica principalmente con cada adquisición de equipamiento nuevo.

---

### 1.3.3 PROMOCIÓN DE LA TRANSFERENCIA

Observando la actividad de los diferentes laboratorios adheridos al SNMag, podemos señalar que, con la excepción del INTI, la actividad de transferencia tecnológica encomendada a las UVTs es un aspecto a tener en cuenta, ya que se observa en algunos casos que la dinámica de interacción entre el Sector Científico Tecnológico, el sector productivo y entre las unidades del Sector científico entre sí, puede ser mejorada, hecho que contribuiría a la promoción de niveles sistémicos óptimos para la modernización y actualización tecnológica de la estructura productiva.

---

### 1.3.4 PROMOCIÓN DE ACTIVIDADES DE COLABORACIÓN Y FORMACIÓN

Observando la actividad de los diferentes centros adheridos al SNMag, podemos señalar que, resulta muy importante promocionar actividades de colaboración y formación entre los distintos integrantes de los centros adheridos para potenciar el trabajo interdisciplinario y la interacción tanto interna del Sector Científico Tecnológico como con el sector productivo. En relación a la interacción interna no solo debe estar dirigida hacia dentro del SNMag sino buscando la integración con los actores de los otros Sistemas Nacionales.

## 2. ACCIONES ESTRATÉGICAS

El Plan Estratégico del Sistema Nacional de Magnetometría (SNMag) se ha elaborado sobre la base de remediar las necesidades atinentes a la situación de las técnicas de Magnetometría en el país. Estas necesidades fueron detectadas a través de un relevamiento del equipamiento y los recursos humanos existentes y de su distribución territorial. Ellas incluyen: la cobertura de áreas de vacancia; la incorporación y distribución territorial estratégica de equipamiento de última generación; la formación de recursos humanos altamente capacitados; la disponibilidad amplia para el uso del equipamiento más sofisticado y de mayor costo; y la promoción de la transferencia a los sectores encargados de la producción de bienes y servicios.

Para su confección se han distinguido cuatro ejes estratégicos y en cada uno de ellos se proponen los objetivos que deberían lograrse para alcanzar en el país un nivel científico y tecnológicamente aceptable en materia de técnicas de Magnetometría aplicadas a la investigación científica.

Los ejes estratégicos sobre los que se fundamenta el plan son los siguientes:



**Eje Estratégico 1: Equipamiento**

**Eje Estratégico 2: Recursos Humanos**

**Eje estratégico 3: Promoción de transferencia**

**Eje Estratégico 4: Promoción de actividades de colaboración y formación**

## **2.1. EJE ESTRATÉGICO 1: EQUIPAMIENTO**

El análisis diagnóstico realizado sobre la situación en el país de las técnicas experimentales de Magnetometría ha permitido definir los objetivos estratégicos siguientes:

**Objetivo 1-** Incorporación de nuevas tecnologías, convencionales o avanzadas, no disponibles en el país actualmente.

**Objetivo 2-** Reposición de equipamiento convencional obsoleto o con riesgo de obsolescencia y cobertura en áreas geográficas vacantes.

### **2.1.1 OBJETIVO 1- INCORPORACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS, CONVENCIONALES O AVANZADAS, NO DISPONIBLES EN EL PAÍS ACTUALMENTE**

Adquirir equipos de última generación para cubrir técnicas que actualmente no están disponibles en el país y satisfacer la demanda de servicios y análisis de alto nivel provenientes de distintas áreas del sector científico y tecnológico.

### **2.1.1 OBJETIVO 2: REPOSICIÓN DE EQUIPAMIENTO CONVENCIONAL OBSOLETO O CON RIESGO DE OBSOLESCENCIA Y COBERTURA EN ÁREAS GEOGRÁFICAS VACANTES**

Incorporación de equipamiento convencional para reposición de equipos que quedaron fuera de funcionamiento o están en riesgo de estarlo por su antigüedad o por el uso intensivo y también en caso de vacancia geográfica. Como se estableció en el diagnóstico anterior, se encontraron dos situaciones que requieren rápida atención en el marco de este plan estratégico:

Parte importante del equipamiento de técnicas Magnetometría disponible en el país se encuentra obsoleto o en riesgo de obsolescencia y por lo tanto es necesario reemplazarlo;

Para las técnicas más importantes o más demandadas, el equipamiento disponible en el país es muy escaso, insuficiente para las necesidades de la comunidad científica.

Para ambas situaciones, en este plan se consideran dos posibilidades: 1) satisfacer las necesidades en forma óptima (Anexo I); 2) lograr una situación mínimamente aceptable (Anexo II).

### **2.1.3 OBJETIVO 3: DESARROLLO DE LABORATORIO NACIONAL PARA INVESTIGACIÓN AVANZADA**

Crear un Laboratorio Nacional de Magnetometría que incorpore equipamiento avanzado o de punta para diversas técnicas, cuya sofisticación y/o elevado costo no justifique su duplicación en la región y que sirva como centro de promoción de las técnicas de magnetometría y como centro de desarrollo en la nación. Estos centros deberán ser dotados de recursos humanos capacitados que permitan desarrollar una política dirigida tanto a la investigación avanzada como a la prestación de servicios de alto nivel.

De esta manera, se espera cubrir las necesidades regionales de muchas instituciones del país que no disponen de equipamiento moderno o de punta y que requieren estudios que no puedan realizarse rutinariamente a través de un servicio de un laboratorio convencional, asimismo esto permitiría potenciar la magnetometría como herramienta de investigación en zonas que por la falta de equipamiento y/o la problemática para acceder a los mismos hoy ven relegada esta posibilidad.

Se sugiere promover una alta participación de los usuarios en la gestión y la administración del Laboratorio Nacional con el fin de garantizar la accesibilidad a los equipos y dar cuenta de nuevas necesidades, habilitando mecanismos para canalizar los reclamos y demandas de los usuarios.

Como ejemplo del tipo de facilidades que se encontrarían disponibles en el Laboratorio Nacional, se pueden considerar los magnetómetros SQUID y los equipos de mediciones múltiples y versátiles, con prestaciones avanzadas, campos mayores a los disponibles actualmente, micro-squids, etc. Al mismo tiempo se propone que se consideren diversos tipos de ambientes de muestra (temperaturas altas y sub-Kelvin, altas presiones, etc) y eventualmente técnicas complementarias que puedan ser empleadas durante la medición, orientando estos laboratorios hacia la máxima versatilidad de la oferta experimental y no solo rutinaria.

## 2.2. EJE ESTRATÉGICO 2: RECURSOS HUMANOS

Los Sistemas Nacionales desde su creación han brindado apoyo económico para la financiación de proyectos dirigidos a la formación de investigadores y técnicos en sus áreas respectivas. Por ello, uno de los ejes del presente Plan Estratégico es la formación de recursos humanos, con la clara finalidad de optimizar y asegurar el uso adecuado de los equipos existentes y los equipos nuevos a instalarse, de modo de poder brindar apoyo a la comunidad científica y al sector productivo de una manera eficiente y sostenida. Este objetivo implica además, que los equipos no sean subutilizados y que no queden solamente al servicio de un pequeño grupo de trabajo. Los antecedentes evaluados en la etapa de diagnóstico llevan a que se recomiende la realización de un intenso trabajo de formación de recursos humanos, incluyendo cursos de posgrado avanzados e intercambio de investigadores, doctorandos y personal técnico que permitan una buena interacción entre los grupos.

Por otra parte, es importante tener en cuenta que los equipos modernos tienen actualmente un creciente grado de sofisticación y se han vuelto sumamente versátiles, permitiendo incluso realizar varias técnicas, lo que obliga a que los científicos y técnicos responsables se actualicen constantemente.

Por estos motivos, la formación de recursos humanos en todos los niveles debe considerarse prioritaria y se propone:

### 2.2.1 OBJETIVO 4: FORTALECER LOS RECURSOS HUMANOS DEDICADOS A TÉCNICAS DE MAGNETOMETRÍA DISPONIBLES EN LAS INSTITUCIONES.

En este objetivo se propone promover las siguientes acciones:

- Facilitar y fomentar la formación continua y específica relativa a cada puesto de trabajo.

- Promover el desempeño responsable, eficaz y participativo de todos los recursos humanos, facilitando medios para la evaluación global de la calidad.
- Implantar un sistema de gestión de recursos humanos que permita el adecuado avance en la formación específica del personal, y el desempeño en un ambiente laboral óptimo.

Por otra parte, la instalación de nuevas tecnologías complejas de última generación no existentes en el país debe contemplar un incremento en la masa crítica de investigadores, usuarios, y personal técnico idóneo que pueda garantizar un máximo aprovechamiento y óptima operación de los mismos. Por ello, es fundamental fortalecer los recursos humanos disponibles en la institución donde se instalará el equipo y, además, se debe promover la movilidad o radicación de nuevos recursos humanos capacitados. Por lo tanto, se propone:

### 2.2.2 OBJETIVO 5: INCREMENTAR LOS RECURSOS HUMANOS DEDICADOS A MAGNETOMETRÍA DISPONIBLES EN LAS INSTITUCIONES.

Para alcanzar este objetivo se proponen las siguientes acciones:

- Promover la incorporación de investigadores científicos y/o tecnológicos formados en las distintas técnicas de Magnetometría a los diferentes organismos de ciencia y técnica del país. Apoyar además la movilidad/radicación de estos investigadores para cubrir las necesidades en todo el territorio nacional.
- Promover la incorporación de profesionales y técnicos de apoyo a la investigación científica y tecnológica formados en las distintas técnicas de Magnetometría a los diferentes organismos de ciencia y técnica del país.
- Promover la capacitación de profesionales y técnicos de apoyo en áreas de Mantenimiento, reparación y operación del equipamiento. Apoyar además la movilidad o radicación de este personal para cubrir las necesidades en todo el territorio nacional.

Se propone además, que la compra de cualquier equipo nuevo incluya, por parte del fabricante, al menos una estadía de formación en fábrica para un técnico y un curso en el lugar donde será instalado el equipo, el cual estará destinado al personal encargado del manejo e incluirá las instrucciones de uso y mantenimiento del equipo.

### 2.3. EJE ESTRATÉGICO 3: PROMOCIÓN DE LA TRANSFERENCIA

Se propone fomentar el acercamiento entre el SNMag y el sector científico y productivo, difundiendo las posibilidades del instrumental disponible, particularmente para los sectores intermedios: consultores, especialistas, peritos y laboratorios de I+D del sector privado. Se plantean las siguientes acciones:

- Identificar a los distintos tipos de usuarios en relación con sus sectores de procedencia, de acuerdo con sus demandas y necesidades.
- Establecer los procedimientos para el acceso y la colaboración con usuarios pertenecientes a diferentes Unidades, junto con un modelo para la valoración del grado de satisfacción de los clientes.
- Implantar un sistema de información, comunicación y promoción en los ámbitos interno y externo, que permita gestionar de manera coordinada, planificada y eficaz la transferencia de información,

tecnología y conocimiento, garantizando de esta manera una mejor vinculación entre la comunidad científica y el entorno.

#### 2.4. EJE ESTRATÉGICO 4: PROMOCIÓN DE ACTIVIDADES DE COLABORACIÓN Y FORMACIÓN

Se propone fomentar la interacción entre los miembros de los centros adheridos al SNMag entre sí y con los miembros de los centros adheridos a los restantes Sistemas Nacionales y con el resto del sector científico y productivo, promoviendo actividades conjuntas, de investigación difusión y formación de recursos humanos.

Se plantean las siguientes acciones:

- Establecer los procedimientos para el acceso y la colaboración con usuarios pertenecientes a diferentes Unidades, junto con un modelo para la valoración del grado de satisfacción.
- Implantar un sistema de información, comunicación y promoción en los ámbitos interno y externo, que permita gestionar de manera coordinada, planificada y eficaz la transferencia de información, tecnología y conocimiento, garantizando de esta manera una mejor vinculación entre la comunidad científica y el entorno.
- Propiciar actividades conjunta que permitan interactuar y desarrollar las capacidades de los diferentes sectores.

#### 2.5. INVERSIÓN ESTRATÉGICA

El cumplimiento de los objetivos establecidos en el punto 2.1, constituye la base sobre la cual se ha elaborado la inversión que se propone a continuación. Esta inversión estratégica se describe detalladamente en el Anexo I y se encuadra dentro de un escenario óptimo. Alternativamente, en el Anexo II se describe una inversión estratégica “de mínima” que cubre las necesidades más urgentes. A continuación se fundamenta detalladamente el plan deseable para alcanzar los objetivos.

##### OBJETIVO 1: INCORPORACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS, CONVENCIONALES O AVANZADAS, NO DISPONIBLES (O DE DISPONIBILIDAD ESCASA) EN EL PAÍS ACTUALMENTE.

Se propone incorporar los siguientes equipos en cada técnica, ubicándolos en lugares estratégicos que garanticen la cobertura de la demanda del sector científico y tecnológico:

**Magnetización:** Se propone incorporar 5 magnetómetros SQUID. Estos equipos se incorporarán para cumplir tanto con el objetivo 1 como el objetivo 2 dado que actualmente en nuestro país sólo existen 3 de estos equipos destinados a la investigación y tienen más de 10 y 20 años de operación continua. Además la versatilidad de estos equipos hace que abarquen las principales técnicas de Magnetometría. También se propone la incorporación de 4 equipos del tipo PPMS (Physical Property Measurement System). Estas incorporaciones también cumplirían el objetivo 1 como el objetivo 2 dado que existen solo 2 equipos en el país y uno de los necesita una inversión importante para recuperar su operatividad.

En cuanto a la adquisición de equipamiento sofisticado que abarque técnicas no disponibles en el país se propone la adquisición de 2 magnetómetros magneto ópticos, equipos y accesorios para acceder hasta temperaturas de helio líquido, arreglos de puntas Hall, arreglos de bobinas captoras desplazables y

accesorios, y equipos para estudiar y caracterizar fenómenos magnéticos bajo campos de radiofrecuencia, incluyendo experimentos de hipertermia magnética.

**Susceptibilidad:** Si bien esta técnica puede ser cubierta con las incorporaciones previstas en el apartado de Magnetización, debe preverse la incorporación de 2 susceptómetros para dar cumplimiento al objetivo 2 existen equipos que salieron de operación y otros con riesgo de obsolescencia.

**Efecto Mössbauer:** Se propone incorporar 1 equipo Mössbauer para cumplir el objetivo.

**Metrología cuántica:** propone la incorporación de un (1) criostato de dilución libre de helio. Con este equipamiento se evitaría el uso de helio líquido que no es recuperado y se pueden alcanzar además “ultra bajas temperaturas” (ULT) que permiten extender la investigación en transporte en materiales que presentan efecto Hall cuántico.

## OBJETIVO 2: REPOSICIÓN DE EQUIPAMIENTO CONVENCIONAL OBSOLETO O EN RIESGO DE OBSOLESCENCIA Y COBERTURA EN ÁREAS GEOGRÁFICAS VACANTES

Se propone incorporar los siguientes equipos en cada técnica:

**Magnetización:** A las incorporaciones mencionadas en el Objetivo 1 y que son compartidas por este objetivo (SQUID, PPMS) Se propone sumar la incorporación y/o reemplazo de equipos obsoletos o en vías de obsolescencia o que presentan fallas reiteradas producto de la antigüedad de los mismos, de un total de 5 magnetómetros (SQUID, PPMS) a lo largo de estos 5 años.

**Magnetotransporte:** Se propone incorporar 4 equipos de Magnetotransporte ya que en general los equipos destinados a esta técnica son fabricados en los laboratorios combinando equipamientos menores lo que muchas veces dificulta su utilización y mantenimiento.

**Criogenia:** se propone la adquisición o fabricación de instrumentos de última generación con circuitos cerrados en los sistemas de bajas temperaturas, y el fortalecimiento de los sistemas de recuperación y producción de líquidos criogénicos.

## OBJETIVO 3: DESARROLLO DE LABORATORIO NACIONAL PARA INVESTIGACIÓN AVANZADA

La finalidad de crear un Laboratorio Nacional que sostengan una política de acceso libre a facilidades instrumentales de excelencia para todos los solicitantes que cumplan con requisitos de pertinencia y calidad a través de la evaluación abierta de proyectos. Las facilidades instaladas en este Laboratorio Nacional tendrán fines estratégicos específicos y, deberán servir como centro de promoción, difusión y formación en técnicas de magnetometría.

Para lograr este propósito se considerará de gran importancia incorporar los equipos de última generación con la mayor cantidad de accesorios que doten de versatilidad a los mismos y acompañar el crecimiento de este laboratorio con recursos humanos calificados que puedan llevar adelante la gestión y las investigaciones que se desarrollen en dicho centro.

### 2.6. PRESUPUESTO

Ver Anexos I y II con el detalle de los planes de máxima y mínima.

## ANEXO I

**Adquisición de equipos por año agrupados por tipo de técnica para satisfacer en forma deseable las necesidades de grandes equipamientos de Magnetometría del sistema nacional de ciencia y técnica**

### Cantidad de Equipos por Año

Tipo	Equipo	Año de compra				Total general
		1er Año	2do Año	3er Año	4to Año	
SQUID	para cubrir áreas de vacancia geográfica	2	1	1	1	5
	para reponer equipamiento con 10 años o más)		1	1	1	3
Equipamiento de mediciones múltiples (tipo PPMS)	para cubrir áreas de vacancia geográfica	1	1	1		3
	para reponer equipamiento con 10 años o más				1	1
Equipamiento de mediciones múltiples (tipo VersaLabs)	para cubrir áreas de vacancia geográfica	1	1	1		4
	para reponer equipamiento con 10 años o más				1	
VSM	para cubrir áreas de vacancia geográfica	1		1		2
	para reponer equipamiento con 10 años o más	1			1	2
Susceptómetros	para reponer equipamiento con 10 años o más			1	1	2
Efecto Mössbauer	para cubrir áreas de vacancia			1		1

	geográfica					
Magnetotransporte	para cubrir áreas de vacancia geográfica	1		1		2
	para reponer equipamiento con 10 años o más		1		1	2
Criogenia	para reponer equipamiento con 10 años o más	1	1			2
Cryogen free measurement system	para reponer equipamiento con 10 años o más		1			1
Equipos de Hipertermia			1			1
Otros	para reponer equipamiento con 10 años o más	1	1	1	1	4
	Para adquisición de equipamiento sofisticado no disponible en el país	2	2	1	1	6
TOTAL		11	11	10	9	40

**Monto aproximado en U\$\$ por año**

Tipo	Equipo	Año de compra				Total general
		1er Año	2do Año	3er Año	4to Año	
SQUID	para cubrir áreas de vacancia geográfica	1800000	900000	900000	900000	4500000
	para reponer equipamiento con 10 años o más)	0	900000	900000	900000	2700000
Equipamiento de	para cubrir áreas de	400000	400000	400000	0	1200000

mediciones múltiples (tipo PPMS)	vacancia geográfica					
	para reponer equipamiento con 10 años o más	0	0	0	400000	400000
Equipamiento de mediciones múltiples (tipo VersaLabs)	para cubrir áreas de vacancia geográfica	250000	250000	250000	0	750000
	para reponer equipamiento con 10 años o más	0	0	0	250000	250000
VSM	para cubrir áreas de vacancia geográfica	120000	0	120000	0	240000
	para reponer equipamiento con 10 años o más	120000	0	0	120000	240000
Susceptómetros	para reponer equipamiento con 10 años o más	0	0	120000	120000	240000
Efecto Mössbauer	para cubrir áreas de vacancia geográfica	0	0	120000	0	120000
Magnetotransporte	para cubrir áreas de vacancia geográfica	120000	0	120000	0	240000
	para reponer equipamiento con 10 años o más	0	120000	0	120000	240000
Criogenia	para reponer equipamiento con 10 años o más	180000	180000	0	0	360000
Cryogen free measurement system	para reponer equipamiento con 10 años o más	0	300000	0	0	300000
Equipos de Hipertermia		0	50000	0	0	50000
Otros	para reponer equipamiento con 10 años o más	100000	100000	100000	100000	400000
	Para adquisición de equipamiento	2000000	2000000	1000000	1000000	6000000



	sofisticado no disponible en el país					
TOTAL		5090000	5200000	4030000	3910000	18230000

## ANEXO II

**Adquisición de equipos por año agrupados por tipo de técnica para satisfacer en forma mínima las necesidades de grandes equipamientos basados en el empleo Técnicas de Magnetometría del sistema nacional de ciencia y técnica**

### Cantidad de Equipos por Año

Tipo	Equipo	Año de compra				Total general
		1er Año	2do Año	3er Año	4to Año	
SQUID	para cubrir áreas de vacancia geográfica	1		1		2
	para reponer equipamiento con 10 años o más)		1		1	2
Equipamiento de mediciones múltiples (tipo PPMS)	para cubrir áreas de vacancia geográfica		1			1
	para reponer equipamiento con 10 años o más				1	1
Equipamiento de mediciones múltiples (tipo VersaLabs)	para cubrir áreas de vacancia geográfica	1				1
	para reponer equipamiento con 10 años o más				1	1
VSM	para cubrir áreas de vacancia geográfica					0
	para reponer equipamiento con 10 años o más				1	1
Susceptómetros	para reponer equipamiento con 10 años o más				1	1

Efecto Mössbauer	para cubrir áreas de vacancia geográfica			1		1
Magnetotransporte	para cubrir áreas de vacancia geográfica	1		1		2
	para reponer equipamiento con 10 años o más		1		1	2
Criogenia	para reponer equipamiento con 10 años o más		1			1
Cryogen free measurement system	para reponer equipamiento con 10 años o más		1			1
Equipos de Hipertermia			1			1
Otros	para reponer equipamiento con 10 años o más	1	1	1	1	4
	Para adquisición de equipamiento sofisticado no disponible en el país	1			1	2
TOTAL		5	7	4	8	24

**Monto aproximado en U\$S por año**

Tipo	Equipo	Año de compra				Total general
		1er Año	2do Año	3er Año	4to Año	
SQUID	para cubrir áreas de vacancia geográfica	900000		900000		1800000
	para reponer equipamiento con 10 años o más)		900000		900000	1800000
Equipamiento de mediciones múltiples (tipo	para cubrir áreas de vacancia geográfica		400000			400000

PPMS)	para reponer equipamiento con 10 años o más				400000	400000
Equipamiento de mediciones múltiples (tipo VersaLabs)	para cubrir áreas de vacancia geográfica	250000				250000
	para reponer equipamiento con 10 años o más				250000	250000
VSM	para cubrir áreas de vacancia geográfica					0
	para reponer equipamiento con 10 años o más				120000	120000
Susceptómetros	para reponer equipamiento con 10 años o más				120000	120000
Efecto Mössbauer	para cubrir áreas de vacancia geográfica			120000		120000
Magnetotransporte	para cubrir áreas de vacancia geográfica	120000		120000		240000
	para reponer equipamiento con 10 años o más		120000		120000	240000
Criogenia	para reponer equipamiento con 10 años o más		180000			180000
Cryogen free measurement system	para reponer equipamiento con 10 años o más		300000			300000
Equipos de Hipertermia			50000			50000
Otros	para reponer equipamiento con 10 años o más	100000	100000	100000	100000	400000
	Para adquisición de equipamiento sofisticado no disponible en el país	1000000			1000000	2000000

<b>TOTAL</b>		<b>2370000</b>	<b>2050000</b>	<b>1240000</b>	<b>3010000</b>	<b>8670000</b>
--------------	--	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

### ANEXO III

#### Distribución geográfica del equipamiento relacionado al Sistema Nacional de Magnetometría

Provincia	Ubicación	SQUID		PPMS		VERSALabs		VSM		Magnetómetro de radiofrecuencia	
		SNMag	No Asociado	SNMag	No Asociado	SNMag	No Asociado	SNMag	No Asociado	SNMag	No Asociado
Buenos Aires	CABA	2		1		1		2	1		
	La Plata							1		1	
	San Martín							1			
	San Andrés										
Rio Negro	Bariloche	1						1			
Córdoba	Córdoba							1	1		
Tucumán	Tucumán										
Salta	Salta										
Santa Fe	Santa Fe										

Provincia	Ubicación	Susceptómetros		Mössbauer		Magnetotransporte		MOKE	
		SNMag	No Asociado	SNMag	No Asociado	SNMag	No Asociado	SNMag	No Asociado
Buenos Aires	CABA	1	2	1	1	3	1		1
	La Plata	1		3			1		1
	San Martín			1		3			
	San Andrés								
Rio Negro	Bariloche		1		1	2			1
Córdoba	Córdoba								
Tucumán	Tucumán					1			
Salta	Salta								
Santa Fe	Santa Fe								

Provincia	Ubicación	Criogenia		Magnetómetro Faraday		QHR y JVS		Estación geomagnética estratégica	
		SNMag	No Asociado	SNMag	No Asociado	SNMag	No Asociado	SNMag	No Asociado
Buenos Aires	CABA		3			3			
	La Plata	2	2	1	1				
	San Martín								
	San Andrés							3	
Río Negro	Bariloche		2	1					
Córdoba	Córdoba		2						
Tucumán	Tucumán	1							
Salta	Salta								
Santa Fe	Santa Fe								

## ANEXO IV

**Personal asociado a la operación de equipamiento de técnicas de Magnetometría (informaciones recogidas en las adhesiones al SNMag y recabadas por el Consejo Asesor)**

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales-UBA			
Laboratorio de Bajas Temperaturas			
Investigadores	Becarios	Estudiantes	Técnicos
3	3	3	

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales-UBA			
IGEBA (Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires)			
Investigadores	Becarios	Estudiantes	Técnicos
12	17	6	3

Facultad de Ingeniería – UBA			
Laboratorio de Sólidos Amorfos (LSA)			
Investigadores	Becarios	Estudiantes	Técnicos
8	5	7	

Facultad de Ingeniería – UBA			
Laboratorio de Fisicoquímica de Materiales Cerámicos Electrónicos			
Investigadores	Becarios	Estudiantes	Técnicos
7	3	5	

CAC Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica			
Laboratorio de propiedades eléctricas y magnéticas de óxidos multifuncionales (LPEMOM)			
Investigadores	Becarios	Estudiantes	Técnicos
6	7	6	

CAC Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica			
LM (Espectroscopía Mössbauer)			
Investigadores	Becarios	Estudiantes	Técnicos
2	1		

CAC Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica			
LCA (Laboratorio de Cálculo Avanzado)			
Investigadores	Becarios	Estudiantes	Técnicos
7	7	3	

CAC Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica			
LMMD/GMC (Laboratorio de materiales magneticos y dispositivos/ Grupo Materia Condensada)			
Investigadores	Becarios	Estudiantes	Técnicos
2	3	3	

Universidad Nacional de La Plata			
----------------------------------	--	--	--



ENERGÍA RENOVABLE Y MEDIO AMBIENTE			
Investigadores	Becarios	Estudiantes	Técnicos
5	2	2	2

Universidad Nacional de La Plata			
NANOMATERIALES CON APLICACIÓN A LA BIOMEDICINA			
Investigadores	Becarios	Estudiantes	Técnicos
5	9	1	2

Universidad Nacional de La Plata			
MAGNETISMO EN ÓXIDOS			
Investigadores	Becarios	Estudiantes	Técnicos
4	1		2

Universidad Nacional de La Plata			
ESTRUCTURA ELECTRÓNICA DE MATERIA CONDENSADA			
Investigadores	Becarios	Estudiantes	Técnicos
7	7	1	1

Universidad Nacional de La Plata			
TEORÍA DE CAMPOS. ESTADÍSTICA EN MATERIA CONDENSADA			
Investigadores	Becarios	Estudiantes	Técnicos
6	3	1	1

Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán			
Laboratorio de Física del Estado Sólido			
Investigadores	Becarios	Estudiantes	Técnicos
8	3	1	

IFEG, Universidad Nacional de Córdoba - CONICET			
Grupo de Ciencia de Materiales			
Investigadores	Becarios	Estudiantes	Técnicos
9	5	3	2

Centro Atómico Bariloche Comisión Nacional de Energía Atómica			
Laboratorio de Resonancias Magnéticas			
Investigadores	Becarios	Estudiantes	Técnicos
16	13	2	

INTI			
Física y Metrología			
Investigadores	Becarios	Estudiantes	Técnicos
3	1	3	

Instituto Antártico Argentino (IAA)			
Investigadores	Becarios	Estudiantes	Técnicos