

**Propuesta de implementación de una *Red de diseño, construcción, mantenimiento y reparación de equipamiento científico en la Udelar***

**Introducción**

En el trabajo de comisiones y subcomisiones centrales vinculadas al equipamiento científico en los diferentes servicios de la Udelar, y en el interior de las unidades que utilizan equipamiento científico para sus tareas, se ha relevado en forma exhaustiva la carencia y/o necesidad de diseño, construcción, mantenimiento y reparación de] equipamiento científico. Esta carencia hace que muchas veces se descarte equipamiento que podría ser reparado, incluso de alto costo, y se solicite nuevo a los programas pertinentes (*Fortalecimiento del equipamiento para investigación*, por ejemplo), motivando así inversiones que podrían minimizarse.

En algunos pocos servicios, y en algunas unidades, se cuenta con escaso personal que lleve a cabo el trabajo de diseño, construcción, ¡mantenimiento y reparación de! equipamiento científico, este personal ejerce cargos docentes, así como cargos TAS. El trabajo de este personal resulta fundamental e implica un gran ahorro en dinero y en tiempo. Cuando una persona capacitada, experimentada y con actitud dispuesta está a cargo del diseño, construcción, mantenimiento y reparación del equipamiento científico de una unidad (departamento, instituto, servicio, etc.), puede ocuparse de estas tareas. El disponer en el mismo lugar o en lugar cercano de alguien así capacitado, permite diseñar y construir equipamiento de investigación que a veces tiene un costo prohibitivo para la Udelar, y otras veces simplemente no existe en el mercado.

Son muchas las actividades que realiza este personal capacitado, todas importantes, destacándose: la instalación de equipos, ya sea recién adquiridos o trasladados en calidad de préstamo o donación, a veces solos y a veces con el apoyo de los técnicos de las empresas proveedoras; el mantenimiento preventivo del equipamiento, propio de cada equipo (anual, bianual, quinquenal) -tarea que implica extender la vida útil de los equipos, además de obtener con ellos los mejores resultados-; la reparación de equipos ante fallas previstas o imprevistas, quizás la tarea más demandada. Otra función de vital importancia es actuar ante situaciones imprevistas como ser filtraciones de agua, incendios, sobretensiones, etc. Existen incontables ejemplos de cada una de esas actividades, que se ejemplifican en el Anexo, cuantificándose el ahorro estimado de US\$ 2.657.400 ocurrido en aproximadamente una década, sin considerar el inestimable ahorro en tiempo por haberse realizado *in situ* muchas de las tareas sin la necesidad de visitas de técnicos de las empresas proveedoras (nacionales o extranjeras).

Cabe destacar que el mencionado personal universitario es el interlocutor idóneo con los técnicos de las empresas proveedoras.

Por otro lado, no existe en el país una formación específica de profesionales que se pudieran ocupar de estas tareas. Existen formaciones para algunas ramas (por ejemplo, ingenieros eléctricos y electrónicos en Udelar, Ingenierías tecnológicas en electrónica y electrotecnia o EMT electromecánica en UTU), pero no vinculadas a equipamiento científico y sus especializaciones.

A fin de comenzar a atender las necesidades planteadas en el primer párrafo, la Comisión Central de Metrología y Demostración de Competencia Técnica de Laboratorios de la Udelar plantea la siguiente propuesta de implementación de una Red de diseño, construcción, mantenimiento y reparación de equipamiento científico en la Udelar, que refiere a cumplir los fines y cometidos que la Ordenanza de su creación le atribuye, en especial al fin c) *Procurar usar adecuadamente el equipamiento existente en las distintos laboratorios tanto en forma local coma a distancia*, y a los Cometidos h) *Promover el uso adecuado de! equipamiento existente en las distintos laboratorios y propender el uso de instrumental a distancia, a través de redes académicas de alta velocidad* y j) *Realizar una nueva propuesta de enseñanza o una actualización de las existentes en el tema de referencia para las distintos servicios relacionados con la iniciativa, que contemple alternativas de estudios de grado y posgrado, e implementación de un sistema de pasantías técnicas en laboratorios universitarios, entre otros.*

La propuesta de implementación de la Red de diseño, construcción, mantenimiento y reparación de equipamiento científico en la Udelar consta de dos etapas, una inicial a fin de comenzar a trabajar y otra a mediano plazo, para consolidar lo hecho en función de los resultados que se obtengan en la primera etapa.

## **1. Etapa inicial de la Red de diseño, construcción, mantenimiento y reparación de equipamiento científico en la Udelar**

### *1.1. Formato inicial de la Red*

En esta etapa la RED estará coordinada por el "*Comité de la Red de diseño, construcción, mantenimiento y reparación de equipamiento científico en la Udelar*" (en adelante Comité) compuesto por dos integrantes propuestos por la Comisión Central de Metrología y Demostración de Competencia Técnica de Laboratorios de la Udelar y un integrante a propuesta del Prorectorado de Investigación. El Comité se asesorará por la Comisión Central de Metrología y Demostración de

Competencia Técnica de Laboratorios de la Udelar y por la Subcomisión del Programa Fortalecimiento del Equipamiento para Investigación de la CSIC.

La Red estará localizada en varios servicios de la Udelar.

Para comenzar, el Comité elegirá:

- a. Servicios que dispongan de personal (docente o TAS) experimentado en diseño, construcción, mantenimiento y reparación de equipamiento científico, y con la infraestructura necesaria, con un aceptable mantenimiento.
- b. Personal docente o TAS con experiencia en diseño, construcción, mantenimiento y reparación de equipamiento científico, que maneje la infraestructura mencionada, de aquí en adelante llamados *tutores*, con alta dedicación horaria. En caso de ser docente, este personal deberá ser al menos grado 2, y, en caso de ser funcionario TAS; de cualquier escalafón y al menos grado 12.
- c. Tanto el personal seleccionado como los servicios implicados deberán manifestar su acuerdo en la participación en la Red.

En esta primera etapa, que durara 3 años, se sugiere la realización de una convocatoria a 10 tutores como máxima de los servicios seleccionados. El Comité definirá un perfil para la realización de un llamado a aspirantes de tutor. El Comité definirá los Tutores en función de los docentes y funcionarios TAS presentados a la convocatoria.

### *1.2. Mecanismo de funcionamiento de la Red*

A cada tutor se le asignara un tutorado, con cargo Escalafón R, Grado 10, de 30 horas semanales, contratado según el Artículo 7 del "Estatuto de los funcionarios que desempeñen tareas que requieren renovación permanente de conocimientos" (1)<sup>1</sup>. El Comité, con el asesoramiento correspondiente, y en colaboración de los Tutores, sugerirá la realización de un llamado, de acuerdo a dicho Artículo 8, para la contratación de los tutorados por un año, con opción de renovación hasta 3años. En dicho

---

<sup>1</sup> **Art. 8°**- En casos excepcionales, podrá contratarse a personas que posean capacidad probada e idoneidad moral para desempeñar transitoriamente funciones que requieran renovación permanente de conocimientos. En estos casos se determinará en la contratación respectiva las funciones que se cumplirán y la equivalencia a un grado del escalafón R a fin de fijar la remuneración correspondiente. La contratación no podrá exceder el plazo de un año, pudiendo renovarse por dos periodos más, hasta completar un máximo de tres años. Artículo incorporado por Res. N° 4 de C.D.C. de 18/VIII/2020- Dist. 532/20 - D.O 24/VIII/2020

llamado se establecerán las funciones a cumplir y la formación requerida para ser tutorado (que podrá ser diversa, por ejemplo, estudiantes de ingenierías, UTU, tecnólogos, entre otros), teniendo en cuenta el perfil de los cargos Escalafón R, Grado 10 creados por el Rector el 27 de octubre de 2023.

Cada R 10 contratado trabajara dirigido por el correspondiente tutor, realizando los diseños, construcciones, mantenimientos y reparaciones que este le indique, y con los lineamientos que este le brinde. Se pretenderá, además, que el R 10 contratado realice los cursos de formación o de perfeccionamiento que su tutor le indique, que dependerán de su formación previa y de las tareas que deba realizar. Entre esos cursos, deberá asistir obligatoriamente a cursos en el área de metrología. Salvo excepciones justificadas, se sugerirán cursos a realizar en el país. El tiempo de estudio implicado en los cursos que realice el tutorado en esta formación será computado en su horario de trabajo.

Se espera que los tutores también realicen los cursos que entiendan necesarios, en especial cursos en el área de metrología. Salvo excepciones debidamente justificadas, se sugerirán cursos a realizar en el país. El tiempo de estudio implicado en los cursos que realice el tutor será computado en su horario de trabajo.

En esta etapa, el tutorado colaborara con los trabajos habituales de su tutor. En el entendido que el tutorado está en formación, no se agregara al tutor trabajo extra de diseño, construcción, mantenimiento y reparación de equipamiento científico.

Con la periodicidad que se entienda conveniente, habrá reuniones virtuales o presenciales entre los tutores, para evaluar y orientar las acciones de formación en su conjunto. Al término del tercer año se realizará un informe de puesta a punto sobre el avance del proyecto.

Dada la diferente formación y orientación de los tutores, en el segundo y tercer año deberán realizarse pasantías de los tutorados con otros u otros tutores diferentes que el encargado de su formación, de forma de que los tutorados tengan una visión más general de las muy variadas tareas de diseño, construcción, mantenimiento y reparación de equipamiento científico que se realizan en la Udelar.

Además, se realizará un encuentro anual de intercambio entre todos los tutores y tutorados involucrados.

### *1.3. Institucionalidad de la Red*

La Red funcionará en la órbita de los Prorectorados de Investigación y de Gestión en el Campus Luisi Janiki a través del Comité, que propondrá sobre la ejecución de su presupuesto, así como

gestionará las sugerencias de designaciones y renovaciones de los cargos de la Red que elevará al CDC. La secretaria, la gestión de recursos humanos y del presupuesto estarán a cargo de los mencionados Prorrectorados.

#### *1.4. Presupuesto de la primera etapa de la Red*

El presupuesto que sigue supone que los servicios que aporten los tutores y por tanto reciban los tutorados, pondrán a su disposición la infraestructura, las herramientas y los materiales necesarios para las actividades. Esto hace que en esta primera etapa no se requiere presupuesto en rubro inversiones.

El presupuesto en rubro sueldos de la Red dependerá de cuantos pares tutor-tutorado se conformen. En cuanto a los tutorados, el costo será el rubro sueldo de los mismos. En cuanto a los tutores, el servicio seguirá a cargo del salario, y se propone una compensación (la misma para todos los tutores, ya sean docentes o funcionarios TAS, y cualquiera sea su grado) según lo previsto en la "Ordenanza de compensación por desempeño de la función de orientador de capacitación y formación curricular" en su Artículo 4, y en la Res. No 4 de CDGAP de 5/JX/2011 en su Punto 2<sup>2</sup>.

Suponiendo se conformen 10 pares tutor-tutorado, el presupuesto anual en el rubro sueldos sería el que sigue.

---

<sup>2</sup> **Art. 4º. - Pago.** Los Orientadores de Capacitación, funcionarios universitarios, recibirán la compensación por desempeño de la Función de Orientador de Capacitación en base a la cantidad de horas asignadas durante el periodo en que se desarrolle la actividad. El costo de una hora de capacitación será equivalente a la quinta parte de la Base de Prestaciones Contributivas (1/5 BPC).

**Res. N° 4 de CDGAP de S/IX/2011.-** (Exp. 012010-000315-II) - Atento a lo propuesto por la Comisión Coordinadora de Capacitación en relación con la situación laboral de los Orientadores de Capacitación (Distribuido No 757/11), establecer los siguientes criterios generales al respecto:

1. Las horas dedicadas a la función de Orientador de Capacitación deberán realizarse por fuera de las horas de los cargos que desempeñan los orientadores, en virtud de que esas son remuneradas extraordinariamente;
2. La participación de Orientador de Capacitación en el curso de formación de orientadores y en las instancias de actualización, convocadas desde la Unidad de Capacitación, se desarrollarán dentro del horario habitual del funcionario, considerando que forman parte de su propia formación para una función que se considera relevante;
3. Se exhorta a los Servicios a facilitar la concurrencia de los Orientadores de Capacitación a las actividades para el desempeño de este cometido, convocadas desde la Unidad de Capacitación, flexibilizando los horarios habituales del funcionario;
4. Las solicitudes correspondientes a los Servicios serán realizadas por escrito con la debida antelación y documentación de respaldo para que los Servicios puedan compatibilizar la atención a tales solicitudes con la realización de sus labores específicas.

Descripción	Escalafón	Grado	Horas semanales	Salario anual (\$U)	Cantidad	Total anual (\$0)
Tutorado	R	10	30	* 635.760		<b>6.357.600</b>
Tutor	Go R	2':2, 2':12	2':30	** 271680		<b>2.716.800</b>
<b>TOTAL***</b>						<b>9.074.400</b>

\*Escala de sueldos 2023, excluido cuota alimentación.

\*\*IPC: \$5.664, 1/5 IPC: \$1.132, suponiendo capacita 5 horas semanales, 20 horas/mes.

\*\*\*Actualizar 2024.

El presupuesto en el rubro gastos contemplara la movilidad de tutores y tutorados para realización de cursos y pasantías, así como la reposición de aquellos elementos que dejen de ser operativos, fruto del aprendizaje del Tutorado. Se estima por estos conceptos un rubro gastos de hasta \$U 200.000 anuales.

Queda entonces el presupuesto de la Red de acuerdo a la Tabla siguiente.

Rubro	\$U Anuales	\$U de la etapa inicial
<b>Sueldos</b>	9.074.400	27.223.200
<b>Gastos</b>	200.000	600.000
<b>TOTAL*</b>	<b>9.274.400</b>	<b>27.823.200</b>

\*Actualizar a 2024.

El presupuesto de esta etapa será provisto por los Prorectorados de Investigación y Gestión a partes iguales.

### 1.5. Resultados esperados de la primera etapa de la Red

Al finalizar los tres años de la etapa inicial de la red se espera contar con tutores que posean una

mejor formación y con experiencia en capacitación de nuevos técnicos en diseño, construcción, mantenimiento y reparación de equipamiento científico, y de tutorados que hayan mejorado su formación realizando cursos específicos, incluidos cursos de metrología, y que hayan adquirido capacidades prácticas y actitudinales que les permitan trabajar en forma relativamente autónoma en dichos temas. Cabe señalar que es posible que no todos los tutorados demuestren las capacidades que se esperan de su capacitación, o que no todos los pares tutor-tutorado lleguen exitosamente al final de la etapa inicial.

## **2. Etapa de consolidación de la Red de diseño, construcción, mantenimiento y reparación de equipamiento científico en la Udelar**

La consolidación de la Red depende de varios factores, pero, en especial, depende de los resultados que se obtengan en su etapa inicial. Si bien alguna experiencia tutor-tutorado puede fracasar, como cualquier incorporación de personal nuevo, algunas van a prosperar. A partir de allí, la Red puede continuar de varias maneras, que se acordaran según factores académicos, técnicos, políticos y, obviamente, presupuestales. Se estima que la consolidación de la Red llevara al menos otros 5 años. Con el equipamiento actualmente disponible en los diferentes Servicios de la Udelar, en especial en las Áreas de Tecnologías y Ciencias de la Naturaleza y el Hábitat, y Salud, se estima la necesidad de un mínimo de 30 funcionarios que se ocupen de las tareas objeto de la Red.

### *2. I. Formato de consolidación de la Red*

La Red seguirá estando localizada en varios servicios de la Udelar, que:

- a. dispongan de personal (docente o TAS) experimentado en diseño, construcción, mantenimiento y reparación de equipamiento científico y de la infraestructura necesaria, con un aceptable mantenimiento,
- b. tengan personal que esté de acuerdo con su participación en la Red y que maneja dicha infraestructura
- c. tengan interés en tender a mantener a los tutorados de la primera etapa en un cargo presupuestado.

En la etapa de consolidación, deberá estudiarse la coordinación de la Red. Podría coordinarse, tanto administrativa como técnicamente, con distintos grados de docentes y/o TAS con responsabilidad de Coordinador Técnico y Coordinador Administrativo, y responsabilidades intermedias según su experiencia.

Si bien puede considerarse la posibilidad de que la Red este centralizada, total (en Montevideo) o por regiones (Montevideo y Cenures), debe tenerse en cuenta que la centralización implica, por lo menos: disponer de lugares físicos (y los funcionarios para su funcionamiento) y de infraestructuras en herramientas y equipos que implican una inversión muy importante, y además, muchos equipos, en especial los más costosos y complejos, no se pueden desplazar y deben ser reparados y mantenidos allí donde estén instalados. Por tanto, se entiende conveniente que la Red se consolide institucionalmente centralizada pero no "físicamente centralizada", más allá de la eventual existencia de algún taller de prácticas que se pudiera crear.

## 2.2. Mecanismo de funcionamiento de la Red

En esta etapa de consolidación de la Red, puede continuarse el mecanismo de la etapa inicial con tutores-tutorados, para continuar la formación de los tutorados de la etapa inicial, y para comenzar a formar otros nuevos. Pero también será tiempo de comenzar a utilizar el conocimiento y la experiencia de los tutorados de la etapa inicial, que, aun guiados por los tutores, tendrán mayor autonomía. Estos *tutorados avanzados* colaboraran con los trabajos habituales de su tutor y comenzaran a recibir trabajo extra de diseño, construcción, mantenimiento y reparación de equipamiento científico, proveniente del servicio en que están o de otros servicios de la Udelar,

siempre teniendo en cuenta que muchos equipos, en especial los más costosos y complejos, no se pueden desplazar y deben ser reparados y mantenidos *in situ*. Estas relaciones servirán para que servicios que no disponen de personal capacitado establezcan relación con los tutorados que podrán contratar a futuro. Deberán establecerse normas claras para los costos de lo aquí planteado (en insumos necesarios, en horas empleadas, en amortización de inversiones), y para los mecanismos intra-Udelar para el pago de este servicio. También, la Red podrá ocuparse de trabajos de su especialización hacia fuera de la Udelar, y entonces deberán establecerse normas para los Fondos de Libre Disponibilidad generados, gestionados por el Comité centralmente.

En algún momento de esta etapa, sería deseable que el incipiente desarrollo en diseño, construcción, mantenimiento y reparación de equipamiento científico, se uniera a un desarrollo equivalente en Metrología, y que la Red fuera entonces de diseño, construcción, mantenimiento, reparación y metrología de equipamiento científico. Esta Red debería, además de prestar servicios, cooperar en buscar la forma de plasmar su conocimiento y experiencia en futuras actividades de enseñanza formal en el tema en la Institución.

### *2.3. Institucionalidad de la Red*

En esta etapa de consolidación, la Red podrá seguir funcionando como en su etapa inicial, o pasar a ser un Servicio Central (en red, no físico) con sus correspondientes autoridades. Se evaluará la pertinencia de ambas (u otras) posibilidades según sea su evolución.

### *2.4. Observaciones sobre el presupuesto de la etapa de consolidación de la Red*

El presupuesto de la Red dependerá obviamente de su formato, mecanismo e institucionalidad.

Algunas observaciones:

- Los nuevos tutorados podrán repetir el sistema de cargos Escalafón R, Grado 10, planteado en la etapa inicial.
- Siempre que culminaran sus renovaciones a tres años exitosamente, sería deseable que al menos algunos de los funcionarios Escalafón R que fueron tutorados en la primera etapa de la Red pasen a tener cargos presupuestados, por intermedio de llamados a concursos ya sea en efectividad o en régimen de interinatos. Los servicios harán los esfuerzos necesarios para mantener a este personal capacitado en un cargo presupuestado, pudiendo los funcionarios quedar en el servicio donde se formaron, o ser contratados por otros servicios que no disponen de tal personal y sería bueno que lo incorporaran. Esos cargos deberían ser del mismo Escalafón, pero posiblemente aumentando de grado, con la correspondiente creación, descripción y llamado a cargos R 12, por ejemplo. En los casos que lo ameriten, esos funcionarios podrían tener Dedicaciones Compensadas, así como ingresar al Régimen de Dedicación Exclusiva (de acuerdo con la "Ordenanza de dedicación exclusiva para funcionarios no docentes que colaboran con investigadores"). Sería también deseable que esos funcionarios pudieran continuar su formación y cumplir con la renovación permanente de conocimientos establecida en el Estatuto correspondiente. Aquellos que ya han mostrado aptitudes e interés, podrían ampliar su capacitación -en especial para el equipamiento más sofisticado y poco frecuente en el país- con actividades en el extranjero, que requerirán un presupuesto acorde. Los tutores deberán seguir siendo compensados como se mencionó en 1.4, o con otro tipo de beneficios que consideren su carrera funcional en tanto ejerzan ese rol, no más allá de los primeros 3 años. Dada la gran diversidad de equipamiento de la Udelar, podrá contarse con personal formado en forma genérica, pero también con variadas especializaciones.

### *2.5. Resultados esperados de la consolidación de la Red*

Al finalizar los cinco años de la etapa de consolidación de la Red se espera contar con tutores con amplia experiencia en capacitación de nuevos técnicos en desafío, construcción, mantenimiento, reparación y metrología de equipamiento científico, con tutorados ya avanzados, y con otros en formación. Se tendrá así personal con capacidades prácticas y actitudinales que podrá trabajar en forma relativamente autónoma en dichos temas.

Este personal podrá ser contratado por los servicios que lo entiendan pertinente, y podrá funcionar en los servicios que tengan la infraestructura necesaria, realizando tareas de desafío, construcción, mantenimiento, reparación y metrología de equipamiento científico para toda la Udelar, en función de las normas que oportunamente se aprueben para su funcionamiento.

Se espera también haber avanzado al menos en los lineamientos, y quizás en los contenidos, de la enseñanza formal de estos temas en la institución.

## ANEXO

### **Ejemplos del ahorro generado por disponer de personal capacitado y con experiencia en diseño, construcción, mantenimiento y reparación de equipamiento científico en la Udelar**

#### **Algunos ejemplos de diseño y construcción:**

- 1) Diseño y construcción de sistema de medición de temperatura de 160 puntos simultáneos. Este sistema no existe en el mercado y fue elaborado por técnicos de Udelar a un costo estimado de US\$ 1.500, obviamente mucho menor del que se tendría si se solicitara su construcción especial a una empresa. Ahorro estimado: US\$ 1.800.
- 2) Diseño y construcción de sistema de crecimiento de films cristalinos y de nucleaciones cristalinas por deposición física de vapor, con cámara de crecimiento con control y monitoreo de temperatura de fuente y de sustrato, entradas y salidas de seriales de potencia, datos, fluidos y manipulación física, con estación de bombeo de muy alto vacío construida in situ. Este sistema no existe en el mercado con las características necesarias para la investigación, por lo que se debería adquirir uno genérico por aproximadamente US\$ 250.000 y adaptarlo. Fue construido por unos US\$ 50.000, con un ahorro estimado de US\$ 200.000.
- 3) Conjunto de equipamiento vinculado al Túnel de viento: Robot posicionador, Transmisor de velocidad para anemómetros de bajo costo, Registrador de velocidad de viento para señal serial, Balanza de momentos de túnel alterativo, Registrador de potencia eléctrica de generador eólico. Costo estimado: US\$ 113.500. Ahorro estimado: US\$ 701.500.
- 4) Equipamiento asociado al laboratorio de calibraciones de hidromecánica: Patrón de caudal de aire mediante Placa Orificio construida bajo norma, Patrón de caudal de aire mediante buretas de película de jabón (Tres equipos para distintos rangos), Patrón de caudal de agua mediante tanque volumétrico calibrado y cronometro accionado por diverter. Costo estimado: US\$ 3.900. Ahorro estimado: US\$ 50.500.
- 5) Conjunto de equipamiento vinculado a canal hidrométrico: Medidor y registrador de velocidad de desplazamiento del carro, Sistema de medición de fuerza de arrastre para modelos de cascos: Costo estimado: US\$ 500 Ahorro estimado: US\$ 7.500.
- 6) Conjunto de equipamiento vinculado a aplicador agrícola de fitosanitarios: Sistema de medición del perfil de velocidad de salida, Sistema de medición de flujo de líquido por captación en grilla de receptores, Sistema de visualización de flujo de líquido con piano de luz y cámara, Sistema de medición de deriva por viento mediante hilos captores y monitoreo de variables atmosféricas. Costo estimado: US\$ 8000. Ahorro estimado: US\$ 22.000.
- 7) Sistema de medición de deformación de estructuras de ventanas y Sistema de medición de caudal de agua para calibración de ensayo de Ventanas. Costo estimado: US\$ 2.800. Ahorro estimado: US\$ 21.000.
- 8) Sistema de medición de caudal presión y Angulo de giro para transitorio en línea de bombeo de ose. Costo estimado: US\$ 2.500. Ahorro estimado: US\$ 23.300.

- 9) Sistema de generación de humo controlado para visualización de flujo en laboratorio de investigación y didácticos: Costo estimado: US\$ 500. Ahorro estimado: US\$ 10.100.
- 10) Construcción de Bancos de ensayo: Banco de ensayo de ventanas, Banco de ensayo de duchas de emergencia, Banco de ensayo de turbina hidráulicas, Banco de ensayo de aerogeneradores, Banco de ensayo de colectores solares térmicos, Banco de ensayo de Calentadores domésticos a biomasa. Costo estimado: US\$ 117.500. Ahorro estimado: US\$ 1.080.000.
- 11) Construcción de variadas piezas para equipos y para laboratorio a partir de filamentos de polímeros con una impresora 3D que costó US\$ 600: por ejemplo, un soporte para el brazo de trabajo con cryo-TEM.
- 12) Diseño y construcción de Glove Box para prototipado de celdas solares Polímero-Organicas con controles de flujo, foto curado UV, control de luz para polímeros sensibles. Costo estimado US\$ 5.000. Ahorro estimado: US\$ 4.000.
- 13) Diseño y construcción de sistema para crecimiento de films cristalinos por CVD. Precio estimado: US\$ 20.000. Ahorro estimado: US\$ 19.500.
- 14) Diseño de blindaje de plomo especial para medidas de radiación ambiental para Sistema de espectrometría Gamma con detector de Germanio de alta pureza AmetekOrtec. Dado que el blindaje pesa 1.5 toneladas debe cumplir envío marítimo. Se diseñó y mandó construir en plaza. Ahorro estimado: US\$ 14.000.
- 15) Diseño y construcción de estación de bombeo de alto vacío a partir de piezas de desguace. Ahorro estimado: US\$ 25.000.

### **Algunos ejemplos de instalación de equipos:**

- 1) Instalación de! acople DSC(Netzsch)-GC MSD(Agilent) (valor de! acople US\$ 90.000). El técnico de la empresa suspendía la instalación por falta de piezas específicas. Se construyeron dichas piezas utilizando material de desguace, ahorrando su compra y envío, y una nueva estadía del técnico de la empresa, así como el tiempo de espera de dichas acciones (meses). El problema fue resuelto en no más de una hora. Ahorro estimado: US\$ 15.000.  
Durante la misma instalación se evitó que el técnico de la empresa anulara el inyector del GC-MS para instalar el acople (lo que hubiera hecho necesario adquirir otro inyector). Se desmontó el inyector impidiendo su anulación, dejando entonces vigentes el GC-MS, y el mismo acoplado al DSC para sus usos apropiados. Ahorro estimado US\$ 6.000.
- 2) Instalación del Microscopio Electrónico de Transmisión de alta resolución JEOL 2100 (costo del equipo US\$ 1.400.000).  
Asesoramiento en la selección del equipo, en la licitación de su compra y en las siguientes actualizaciones. Diseño del edificio y colaboración con el técnico de la empresa en la instalación. Planteo de requerimientos del sistema de respaldo UPS. Imposible calcular el ahorro exactamente, pero la presencia del técnico de Udelar seguramente evitó al menos 12 visitas del técnico de la empresa, ahorrando solo con ello US\$ 152.400, y mucho tiempo de adquisición de pequeñas piezas y coordinación de las visitas. Ahorro estimado: US\$ 152.400.
- 3) Estando ya instalado el Sistema de espectrometría Gamma con detector de Germanio de alta pureza AmetekOrtec (valor aproximado de! equipo US\$ 90.000), luego de una modificación de las

instalaciones eléctricas del edificio, el equipo comenzó a mostrar grandes problemas en su performance debido a seriales parasitas que ingresaban por el suministro eléctrico, provenientes de las luminarias fluorescentes y otras cargas inductivas. Se modifico el suministro eléctrico del equipo de manera de filtrar y/o eliminar el problema. Ahorro estimado: US\$ 14.000.

- 4) Recuperación y actualización de sistema de deposición de metales por PVD con monitor de espesor y Plasma Cleaner Edwards E306 (donación, Precio estimado: US\$ 100.000). Se desarmo y limpio todo el equipo, se montaron todos los accesorios y se construyeron nuevos soportes porta muestras por una inversión de US\$ 6.000. Ahorro estimado: US\$ 94.000.
- 5) Ensamblaje y montaje en el túnel de sistema de medición de presiones con 64 tomas con controla electro-neumático.
- 6) Instalación y puesta en marcha de impresoras 3d.
- 7) Instalación y puesta en marcha de cortadora laser por control numérico computarizado.
- 8) Instalación y puesta en marcha de sistema de adquisición de datos para anemómetros ultrasónicos.
- 9) Instalación de sistemas de medición de torque y velocidad de giro en cuatro diferentes instalaciones didácticas.
- 10) Instalación y configuración de variadores de frecuencia tres instalaciones didácticas.

### **Algunos ejemplos de mantenimiento preventivo del equipamiento:**

- 1) Microscopio Electrónico de Transmisión de alta resolución JEOL 2100. Se realizan todos los mantenimientos, incluidos cambios de aceite y agua, evitando visitas anuales del técnico de la empresa. Ahorro US\$ 68500. Recarga de gas SF<sub>6</sub> al tanque de Alta Tensión. Ahorro estimado: US\$ 13700.
- 2) Sistema de espectrometría Gamma con detector de Germanio de alta pureza AmetekOrtec (valor aproximado del equipo U\$ 90000). El técnico de Udelar realizo cursos en fábrica de diagnóstico, mantenimiento, reparación y operación del equipo, de forma de poder instalar, calibrar y poner a punto la técnica sin recurrir al servicio técnico de fábrica. Se puede diagnosticar cualquier problema y dialogar directamente con el fabricante sin necesidad de intermediarios (que agregan de 3 a 5 veces más el valor del servicio). No es posible hacer reparaciones en el laboratorio ya que los costos de la infraestructura y herramientas necesarias para llevarlas a cabo superan el valor del equipo. El equipo tiene una degradación inherente en su performance de 4 años de uso. Pasado este tiempo es necesario enviar el equipo a fabrica para un reacondicionamiento. Se ha logrado aumentar en dos años el tiempo establecido, gracias al buen mantenimiento y las buenas condiciones de funcionamiento generadas en el laboratorio. Ahorro estimado: US\$ 20.000.
- 3) Plan de lubricación del motor y mantenimiento periódico de palas del ventilador del tune] de viento.
- 4) Plan de lubricación y ajustes y alineación del Robot posicionador del Túnel de viento.
- 5) Mantenimiento de bombas y ventiladores parte de las instalaciones didácticas.
- 6) Mantenimiento de los equipamientos de manufactura por control numérico, incluyendo alienación, lubricación, ajustes, purga periódicas o sustitución de refrigerante, sustitución de piezas.

### **Algunos ejemplos de reparación de equipos:**

- 1) Difractómetro de rayos X para polvos Empyrean de Malvern Panalytical (valor aproximado del equipo US\$ 300.000).
  - 1.a) Con meses de uso, el equipo no permite encender el tubo de rayos X. El ingeniero de la empresa (costo por visita: US\$ 13.300) diagnostica falla de la fuente de alta tensión (valor US\$ 33.250), sin aceptar la sugerencia de una posible falla en el cable de alta tensión (valor US\$ 6.250). Se hicieron las diligencias para traer una nueva fuente, que llegó meses después, se coordinó una nueva visita del técnico de la empresa. Se instaló la fuente nueva pero la falla persistía ya que el problema estaba en el cable de alta tensión, el cual fue enviado sin costo. No fue necesaria una nueva visita para su instalación, que la realizó el técnico aquí. Ahorro estimado US\$ 55.000.
  - 1.b) Unos años después el equipo se apaga reiteradamente en el transcurso de una medida. Consultado al soporte técnico de la empresa diagnostica fallo en contactores de la fuente de alimentación (valor US\$ 1.500). Se compran y cambian los contactores, pero esto no soluciona la falla. Desde la empresa insisten que el problema son los contactores y envían un nuevo juego, y luego un tercer juego (sin costo). Nuevos cambios e iguales resultados: el problema continúa. Mientras tanto, el técnico de Udelar hace un diagnóstico interno del equipo que arroja un problema en el tablero de encendido y hace una modificación menor (valor \$100), provisoria, al tablero de encendido para poder utilizar el equipo. El problema persiste hasta el día de hoy, pero con la modificación el equipo sigue en funcionamiento. Ahorro estimado: US\$ 3.000.
  - 1.c) Más adelante, el equipo activa la protección por falta de refrigeración, pero el sistema de refrigeración no tiene problema. Se consulta al servicio técnico, se verifica un sensor de flujo redundante del equipo. Era un simple problema de contacto por humedad y se ahorró la visita del técnico. Ahorro estimado: US\$ 13.000.
- 2) Microscopio Electrónico de Transmisión de Alta Resolución JEOL 2100:  
Recuperación de los datos del disco duro e instalación de disco nuevo y todo el software;  
configuración de PC de la cámara de adquisición de imágenes y video. Ahorro US\$ 13.700  
Solución de Recalentamiento del Chiller. Ahorro estimado: US\$ 6.000.
- 3) Generador de Nitrógeno Líquido MMR Elan 2. Dado que la empresa proveedora era pequeña, sin representación local, ante cualquier falla debía enviarse el equipo a USA. Se consiguió que la empresa facilitara el manual de servicio, y el técnico de Udelar realizó todos los mantenimientos y reparaciones. Debido a la pandemia la empresa cerró, y no había repuestos para el equipo. Gracias a disponer del manual, se buscaron reemplazos a los repuestos originales y se efectuaron modificaciones al sistema original para prolongar su vida útil. Ahorro estimado US\$ 8.000.
- 4) Sustitución de hilo de probetas de anemómetro de hilo caliente, seguido por las calibraciones necesarias para su uso.
- 5) Reparación de la placa maestra de un anemómetro de hilo caliente.
- 6) Reparación de registradores de viento para anemómetros de cazoletas.
- 7) Reparación de anemómetros ultrasónicos dañados en campo.
- 8) Sustitución de fuente de alta tensión de cortadora laser utilizada de CO<sub>2</sub>
- 9) Reparación de Reparación diferencial.

### **Algunos ejemplos de situaciones imprevistas:**

- 1) En marzo de 2020 ocurrió un Incidente por lluvias en el Laboratorio denominado "Alto Impacto" en CURE-Rocha, cayendo agua sobre algunos equipos recién instalados y salpicando a otros. El técnico desarmó los módulos del HPLC, limpió agua y arenilla, y reparó el equipo en menos de una semana, evitando un gasto de US\$ 17.600 a la empresa proveedora. En la misma instancia, "secando" equipos se ahorraron US\$ 16.500 con el FT-IR Perkin Elmer Frontiery Spectrum IOON, y otros US\$ 6.000 con el GC-MS, el DSC, el XRD y el UV-Vis. Se desarmó todo el laboratorio en menos de 6 horas y se trasladaron los equipos a la oficina, se modificó el tablero de la oficina para conectar una UPS y conectar los equipos y se armó una instalación provisoria. Ahorro US\$ 1.500. Total, ahorrado en esta instancia: US\$ 41.600.
- 2) Incendio del compresor (costo US\$ 4.500) del Microscopio Electrónico de Transmisión de Alta Resolución JEOL 2100, que se reparó, mas toda la instalación eléctrica, ahorrándose las visitas del técnico de la empresa. Ahorro estimado: US\$ 25.000.
- 3) Espectrofotómetro UV-Vis Lambda 35. Daño por sobretensión sostenida: cambio de placa madre y lámparas. Ahorro estimado: US\$ 500.
- 4) Inundación de laboratorios por raíces obstruyendo el sistema de saneamiento (Fing).
- 5) Daño de equipamiento de medición de campo causado por descargas atmosféricas (Fing).
- 6) Detección de interferencia electromagnética de amplitud apreciable en señales analógicas durante ensayos, requiriendo localizar el foco, neutralizar y/o filtrar para poder continuar el ensayo (Fing).
- 7) Instrumento de medición de caudal dañado por sobretensión en la red al inicio de un laboratorio didáctico, siendo necesario su sustitución en el momento (Fing).

**Solo en las tareas que se mencionan en este resumen se da un ahorro estimado de US\$ 2.657.400, más el inestimable ahorro en tiempo por haberse realizado muchas tareas sin necesidad de visitas de técnicos de las empresas proveedoras, con las cuales este personal es un muy apropiado interlocutor.**

Tabla que resume algunos de los ejemplos de ahorro cuantificados durante el último decenio (en U\$\$ americanos) originados por el personal capacitado y con experiencia en diseño, construcción, mantenimiento y reparación de equipamiento científico.

<b>Equipo - sistema de medición</b>	<b>Costo (U\$\$)</b>	<b>Ahorro estimado (U\$\$)</b>
<b>Diseño y/o construcción</b>		
Sistema de temperatura multipunto	1.500	11.800
Sist. de crecimiento de cristales	50.000	200.000
Sist. Túnel de viento, equipos varios	113.500	701.500
Calibración hidromecánica, equipos varios	3.900	50.500
canal hidrométrico, equipos varios	500	7.500
Sistemas asociados a aplicador agrícola de fitosanitarios	8.000	22.000
Sistemas asociados a ventanas	2.800	21.000
Sistemas asociados al agua-OSE	2.500	23.300
Sistemas asociados a visualización de flujo de humo	500	10.100
Construcción de bancos de ensayos	117.800	1.080.000
Creación de piezas plásticas construidas en impresora 3D	600	incalculable
Glove-Box, celda solar	5.000	4.000
Sist. de crecimiento de films cristales par CVD	20.000	19.500
Blindaje para radiación		14000
Estación de bombeo de alto vacío		25.000
<b>instalación de equipos</b>		
DSC(Netzsch)-GC MSD(Agilent)		21.000
Microscopio Eléctrico de Transmisión JEOL 210		152.400
Sistema de espectrometría Gamma		14.000
Sistema de deposición de metales par PVD		94.000
mantenimiento preventivo del equipamiento		
Microscopio Electrónico de transmisión de alta resolución JEOL 2100		13.700
Sistema de espectrometría Gamma		20.000
<b>Reparación de equipos</b>		
Difractómetro de rayos X		68.300
Microscopio Elec. de Transmisión de alta resolución JEOL 2100		6000
Generador de Nitrógeno líquido		8000
<b>Situaciones imprevistas</b>		
CURE-Rocha – inundación de laboratorio		41.600
CURE-Rocha -incendio de compresor de Microscopio		25.000
CURE-Rocha -Daño por sobretensión		500