



HAL
open science

Gestión en ciencia y redes científicas: El proyecto de Equipos Robustos, una estrategia de ruptura

David Camargo, Luz Mila Pinzón, Gustavo Holguín

► **To cite this version:**

David Camargo, Luz Mila Pinzón, Gustavo Holguín. Gestión en ciencia y redes científicas: El proyecto de Equipos Robustos, una estrategia de ruptura. [reportType_4] Universidad Nacional de Colombia (sede Bogotá). 2002. <hal-01619989>

HAL Id: hal-01619989

<https://hal.science/hal-01619989v1>

Submitted on 19 Oct 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Gestión en ciencia y redes científicas: El proyecto de Equipos Robustos, una estrategia de ruptura

Por:

Luz Mila Pinzón¹

Gustavo Holguín²

David Camargo³

Estrategia de Ruptura

El Programa de Equipos Robustos es la iniciativa de la Universidad Nacional de Colombia que mejor responde al espíritu y los compromisos académicos y sociales planteados en su Plan Global de Desarrollo 1999-2003,⁴ tanto por la forma como fue concebido y ejecutado, como por sus objetivos y resultados esperados. El accionar del Programa de Equipos Robustos se enmarca tanto en la *Estrategia 1: Presencia Nacional*,⁵ como en la *Estrategia 3: Calidad y pertinencia*

¹ Directora del Centro de Equipos Interfacultades – CEIF, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Se contó con la colaboración de los Coordinadores de los laboratorios de los Equipos Robustos.

² Director Académico del Centro de Equipos Interfacultades – CEIF, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

³ Asesor del Proyecto de Equipos Robustos de la Universidad Nacional de Colombia.

⁴ Universidad Nacional de Colombia, *Plan Global de desarrollo 1999-2003.*, Bogotá, Colombia, Editorial UNIBIBLOS, 1999, 120 páginas.

⁵ A través del *Programa 1.1: Promoción y seguimiento de campos y programas académicos estratégicos*, *Campo 8: Desarrollo Tecnológico* y *Campo 10: Desarrollo Científico*, y el *Programa 1.3: Desarrollo científico y tecnológico*. En: Universidad Nacional de Colombia, *Plan Global de desarrollo 1999-2003.*, Bogotá, Colombia, Editorial UNIBIBLOS, 1999, Páginas 72- 89, 92-93.

académica,⁶ pero su impacto igualmente atraviesa las estrategias de Internacionalización (Estrategia 2)⁷ y la de Gestión Eficiente (Estrategia 4).

El presente documento busca mostrar la forma como se decidió, coordinó y materializó un proyecto que involucraba recursos materiales y humanos de tres sedes de la Universidad Nacional de Colombia: Sede Bogotá, Sede Medellín y Sede Manizales, dentro de unos tiempos límite y condiciones políticas definidas por el Consejo Superior Universitario (CSU).

¿Quiénes somos?

Este proyecto se encuentra liderado por el Consejo Superior Universitario, quien trazó las políticas que debían guiar el mismo:

1. Un proyecto que le permitiera recuperar a la Universidad Nacional de Colombia el liderazgo en investigación científica.
2. Una inversión orientada por los principios de eficiencia, concentración de esfuerzos y transparencia en la gestión.
3. Una estrategia intersedes que impactara interna y externamente a la Universidad Nacional de Colombia, liderando un cambio cultural en la forma de hacer investigación científica.

⁶ A través del *Programa 3.2: Desarrollo de la investigación*, y el *Programa 3.5: Recursos académicos (infraestructura, bibliotecas, laboratorios, equipos y redes)*. En: Universidad Nacional de Colombia, *Plan Global de desarrollo 1999-2003.*, Bogotá, Colombia, Editorial UNIBIBLOS, 1999, Páginas 101-104.

⁷ A través del *Programa 2.2: Desarrollo de redes internacionales* y *Programa 2.3: Circulación de recursos humanos*. En: Universidad Nacional de Colombia, *Plan Global de desarrollo 1999-2003.*, Bogotá, Colombia, Editorial UNIBIBLOS, 1999, Página 96.

La tarea fue asumida por un equipo de investigadores interesados e interdisciplinario que estudió y presentó al CSU la propuesta de compra de equipos. Luego de ser definida la aprobación de los montos del proyecto y los equipos a adquirir, se une al proyecto un equipo de profesionales (entre docentes y administrativos) de la Sede Bogotá, apoyado igualmente por personal de las sedes Medellín y Manizales, para sacar adelante el proceso de invitación, negociación y contratación de los equipos denominados “Robustos”, nombre que se eligió para diferenciarlos de los equipos de rutina.

El soporte estratégico para consolidar este proceso recayó en la sede Bogotá, encabezado por el CEIF: Centro de Equipos Interfacultades de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá,⁸ y la Dirección de Gestión de la sede Bogotá. Por la sede Medellín y Manizales participaron los respectivos Vicerrectores de sede como interlocutores entre el equipo de trabajo Bogotá y el personal administrativo y docente de cada sede involucrado en el proyecto.

La elección del CEIF como soporte para esta tarea recoge el espíritu con el cual fue constituido este centro, el cual, desde sus inicios, definió su propósito fundamental como: Apoyar a la comunidad universitaria en los aspectos relacionados con la selección, dotación, manejo y funcionamiento adecuado de los equipos de laboratorio. El criterio que prevaleció al momento de su creación fue la

⁸ El Centro de Equipos Interfacultades fue creado mediante el acuerdo del Consejo Superior Universitario No 131 del 31 de octubre de 1978, inicio sus actividades a partir de 1982 siendo una dependencia de la Vicerrectoría Académica, en 1987 pasó a ser parte de la Vicerrectoría de Recursos Universitarios creada para ese entonces. A partir de la reforma de 1997 depende de la

necesidad de contar con un Centro, que bajo una visión pluralista, objetiva y altamente calificada estuviera en disposición de brindar ese apoyo a la comunidad universitaria en general, sin mediar prelación por Facultad, Departamento o Dependencia que lo solicitara. De esta forma, ese grado de independencia con el cual se estructuró, finalmente se convirtió en una de sus mayores fortalezas, característica que debe continuar hacia futuro.

A pesar de unos inicios incipientes en cuanto a infraestructura física, equipamiento y recurso humano, el CEIF fue cimentando su importancia gracias a los resultados tangibles que fue obteniendo y debido, igualmente, al apoyo recibido por las directivas, quienes permanentemente han identificado a lo largo de estos veinte años la importancia que entraña para una institución del carácter de la Universidad Nacional de Colombia, contar con un centro de estas características. Si bien es cierto que en la mayoría de ocasiones este apoyo no se ha visto reflejado en recursos presupuestales que le permitieran al CEIF evolucionar rápidamente, sí fueron un punto de apoyo para el desarrollo de proyectos financiados con recursos provenientes de entidades externas a la Universidad Nacional de Colombia, lo cual hizo posible, en gran parte, la auto financiación de la infraestructura en equipos e instrumental de considerable adelanto tecnológico con que se cuenta a la fecha.

En la medida en que se fue incrementando el concurso del CEIF en la solución de problemas enmarcados dentro de la temática de Equipos de laboratorio, se fue

Dirección Académica de la Sede Bogotá, se encuentra orientado por una Junta Directiva liderada por el señor Vicerrector de la Sede Bogotá, el Director Académico y Cuatro Decanos de la Sede.

ampliando el horizonte y se fueron estableciendo otras líneas de acción como respuesta a esas necesidades: Diseño de Equipo; Construcción de prototipos funcionales e Implementación de la fabricación de pequeñas series; Diseño instrumental como apoyo para el desarrollo de proyectos de grado en pre- y posgrado; El establecimiento de proyectos de investigación aplicada de forma particular y también conjunta; Adaptación de tecnología y Transferencia de soluciones a sectores externos a la Universidad; Apoyo académico docente a través de materias y ejecución de practicas en las instalaciones del CEIF; y, finalmente, el Apoyo a la parte administrativa de la Sede en cuanto a la formulación y gestión de proyectos de inversión de alcance general, siempre enmarcados en la temática de los recursos en equipos relacionados directamente con la actividad docente - investigativa.

En el CEIF se han diseñado y construido más de 70 equipos diferentes, acordes a las necesidades planteadas. Se encuentran desde controles de temperatura hasta sistemas de adquisición de datos. Así mismo, se han manufacturado, desde su diseño, equipos por valor comercial superior a los cuatrocientos millones de pesos. Un aspecto fundamental para destacar es que históricamente el CEIF ha coordinado, dirigido y ha sido el responsable de la ejecución y el seguimiento del proyecto de inversión de la sede denominado: Adquisición, reposición y mantenimiento de equipos, la siguiente tabla muestra los recursos manejados por este proyecto desde 1994.

Tabla 1: PROYECTO ADQUISICIÓN, REPOSICIÓN Y MANTENIMIENTO DE

EQUIPOS - PESOS CONSTANTES 2001

AÑO	ADQUISICION	MANTENIMIENTO	TOTAL
1.994	2.580.987.543	205.891.005	2.786.878.549
1.995	1.809.652.663	251.274.432	2.060.927.095
1.996	2.613.642.217	239.279.149	2.852.921.366
1.997	1.297.590.000	90.330.000	1.387.920.000
1.998	798.675.935	89.725.229	888.401.164
1.999	344.503.927	0	344.503.927
2.000	2.118.256.475	269.260.973	2.387.517.448
2.001	2.721.956.776	181.300.000	2.903.256.776
2.002	465.404.728	111.697.135	577.101.862
TOTAL	14.750.670.264	1.438.757.923	16.189.428.187

Fuente: CEIF

Valores en pesos 2001, según deflatores-pib del Departamento de Planeación Nacional

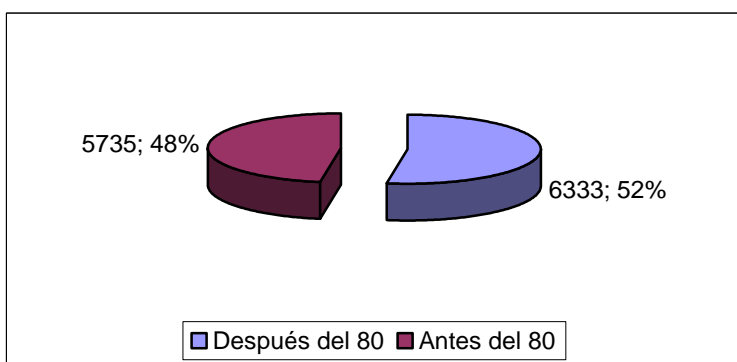
El proyecto “Equipos Robustos”

Conocidos los antecedentes de los responsables de sacar adelante este Programa de Soporte Institucional, no sorprende, en absoluto, que se le hubiese encomendado la tarea de ejecutar COL\$8.170 millones de pesos de los recursos de inversión, aporte de la nación asignados por el Consejo Superior Universitario al proyecto de Equipos Robustos. No sólo por lo significativa que es la cifra, sino porque es la instancia institucional más adecuada para llevar a cabo este tipo de tareas. Máxime cuando en el año 2001, en desarrollo de las actividades propias del Centro, se dio a la tarea de actualizar el inventario técnico de equipo de laboratorio, cumpliendo con su función de conocer las necesidades de equipo y estado del equipamiento de la Sede Bogotá. Fueron estos resultados globales los que dieron el campanazo de alerta que soportó las decisiones del CSU al

momento de formular y aprobar el proyecto.

De acuerdo al análisis realizado por el CEIF, la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, contaba a mediados del 2001 con 12.068 equipos de laboratorio dedicados a las labores de docencia de pregrado, posgrado e investigación con un valor estimado de cuarenta y cinco mil millones de pesos al año 2.001, de los cuales el 48% (equivalentes a 5.735 equipos) pertenecen a un nivel tecnológico anterior a la década del ochenta, correspondiéndole un valor aproximado de dieciocho mil novecientos millones de pesos y el 52% restante equivale a 6.333 equipos con un nivel tecnológico después de la década del ochenta para un valor estimado de veintiséis mil millones de pesos.

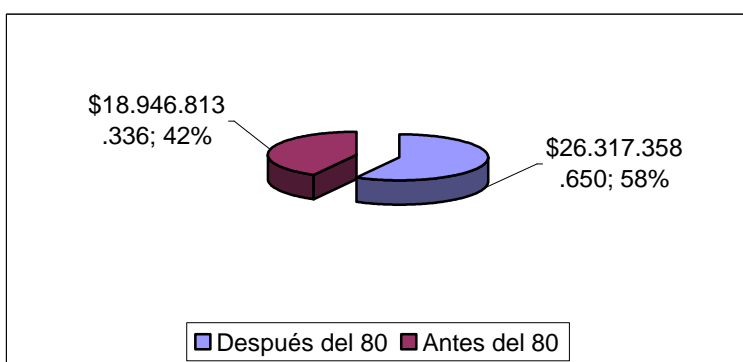
Gráfico 1: DISTRIBUCIÓN DE LOS EQUIPOS DE LABORATORIO SEGÚN NIVEL TECNOLÓGICO AL AÑO 2001



De los resultados obtenidos en el 2001, y comparando con el análisis del inventario realizado en el año 1.997, se muestra cómo en cuatro años el trabajo del CEIF permitió una inversión en las proporciones entre equipos anteriores al

año ochenta y equipos nuevos. Las proporciones mostraban que los equipos con una tecnología anterior al año ochenta eran el 53% del inventario del año 1.997, y disminuyeron su participación a un 48% en el inventario presentado en el 2001. Estos datos muestran que el proceso de reposición y adquisición adelantado por el CEIF, medido en un período de cuatro años, ha impactado en un 5% la proporción de equipos que por su nivel tecnológico tan antiguo deben salir del inventario de la Universidad Nacional de Colombia. Este avance en equipos con nueva tecnología se ha logrado gracias al proceso de compras realizado por el proyecto de Adquisición y Reposición de Equipo Educativo.

Gráfico 2: DISTRIBUCIÓN DE LOS EQUIPOS DE LABORATORIO SEGÚN VALOR AL AÑO 2001



Además de recopilar la información del estado de los equipos existentes y equipos adquiridos en los últimos años, también se reunió la información de las necesidades de adquisición de nuevos equipos, buscando cobertura en la atención de estudiantes o dedicados a la obtención de nuevas tecnologías. Los datos de equipos requeridos se tomaron teniendo en cuenta cada una de las necesidades que hay por laboratorio, ya que cada uno de estos tiene una actividad

y desarrollo específicos de acuerdo a sus labores académicas.

Tabla 2: EQUIPOS REQUERIDOS POR FACULTAD E INSTITUTOS SEDE BOGOTA - AÑO 2001

FACULTAD	CANTIDAD DE EQUIPOS	%	VALOR ESTIMADOS DE LOS EQUIPOS	%
AGRONOMIA	72	3%	376.834.498	3%
ARTES	120	5%	838.760.853	8%
CIENCIAS	750	34%	2.655.566.860	24%
CIENCIAS ECONOMICAS	45	2%	135.000.000	1%
CIENCIAS HUMANAS	78	4%	348.384.182	3%
DERECHO	32	1%	110.467.699	1%
ENFERMERIA	6	0,5%	17.927.836	0,5%
INGENIERIA	435	20%	3.006.325.060	27%
MEDICINA	134	6%	616.908.034	6%
ODONTOLOGIA	348	16%	1.430.301.668	13%
VETERINARIA	105	5%	758.043.693	7%
CEIF	15	1%	155.000.000	1%
ICTA	45	2%	272.158.634	2%
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA	29	1%	299.283.083	3%
INSTITUTO DE GENETICA	12	1%	29.087.410	0,5%
TOTAL (valores en pesos de 2001)	2,226	100%	11.050.049.509	100%

Fuente: CEIF - 2002

El grupo de profesores que priorizó los equipos que debían adquirirse dentro del Proyecto de Equipos Robustos tenía todos los elementos sobre la mesa: la necesidad cuantificada por el inventario del CEIF para Bogotá, los resultados de los concursos de proyectos presentados a Colciencias en los años 2000 y 2001 recopilados por la DINAIN, los programas de doctorados en curso y los previstos para cada sede, proyectos de inversión en ciencia y tecnología presentados a las

oficinas de planeación de las sedes, las agendas internacionales sobre desarrollo científico y tecnológico. De esta forma cada una de las tres sedes presentó sus recomendaciones a la Comisión Intersedes de Áreas de Prioridad y Equipos para la Universidad Nacional de Colombia, quien a su vez elaboró una propuesta complementaria sobre los equipos y los frentes que iban a cubrirse para dotar a la comunidad científica de instrumentos de análisis, experimentación, medición y pruebas que se encuentren al más alto nivel tecnológico del nuevo siglo y que entraran a beneficiar a todas las sedes. Estos equipos debían permitir generar redes tecnológicas que apoyaran y fortalecieran las redes científicas tanto al interior de la Universidad Nacional de Colombia como a la comunidad investigadora nacional en su diálogo permanente con la comunidad internacional, por ello debían ser equipos operables por red de transmisión de datos y que quedarán disponibles para toda la comunidad y no adscritos a una unidad académica particular.

Los montos destinados por el CSU fueron los siguientes: Para la sede Manizales, COL\$1.200 millones destinados a la adquisición de un equipo de Espectroscopía de Rayos X; Para la sede Medellín, COL\$2.600 millones destinados a crear o reforzar los siguientes laboratorios: de Cromatografía, de Calorimetría, de Microscopía electrónica y de Biotecnología; Para la sede Bogotá, COL\$4.370 millones destinados a crear o reforzar los siguientes laboratorios: de Prototipaje rápido, de Microscopía óptica, de Microscopía electrónica, de Resonancia magnética nuclear, de Patología, de Cine y televisión. Sin que se excluyera la opción de que cada sede aportara de sus recursos propios para completar la

dotación de los laboratorios.

La Dirección de Gestión de la sede Bogotá recibió la tarea de ejecutar el proyecto ya definido, es así como se centralizó el proceso de invitación, la calificación, negociación y contratación de todos los equipos de las tres sedes, con el apoyo técnico del CEIF. El proceso administrativo permitió cumplir no sólo con el objetivo de transparencia y eficiencia planteado por el CSU, sino que a su vez demostró que es posible operar como una sola institución guiados por el Plan de Desarrollo. Los beneficios de adoptar una dirección única en la ejecución del proyecto se ven reflejados en un mayor poder de negociación, seguimiento y control que hicieron posible en un tiempo extraordinariamente rápido, de septiembre a diciembre del 2001, cumplir con eficacia y eficiencia los objetivos propuestos para el proyecto. En el año 2002 iniciamos una segunda etapa del proceso administrativo, consistente en la importación, nacionalización e instalación de los equipos, la conformación de los grupos de trabajo de los laboratorios, su normatividad y la divulgación del proyecto.

De esta forma ponemos a disposición de la Universidad Nacional de Colombia y del país los más modernos equipos en las áreas de investigación, producción, prueba y transformación de materiales, investigación médica, investigación y pruebas genéticas, análisis químico y síntesis de productos, biotecnología, modelación y desarrollo de diseños industriales, control de calidad y mejoramiento de procesos, los cuales se encuentran coordinados por un cuerpo académico idóneo, que se complementa con modernas instalaciones y un eficiente sistema de

administración acorde con los estándares de seguridad y calidad en el manejo de productos e información.

Este esfuerzo, que es el esfuerzo de un país, requiere del apoyo y la integración de las entidades públicas y privadas, tanto del sector académico como del productivo, para lograr un mayor desarrollo de las áreas productivas y la calidad de vida de todos los colombianos. La tecnología de punta que ponemos a disposición de nuestra nación requiere de la iniciativa de la sociedad en su conjunto para avanzar en nuestro esfuerzo de una comunidad más armónica y equitativa, una comunidad integrada a los procesos de desarrollo liderados por la Ciencia y Tecnología a nivel global.

Igualmente, este Programa lidera un cambio cultural en la forma de hacer investigación en Colombia. Sus objetivos, la forma como se diseñó y ejecutó, así como la organización administrativa que se propone, llevan a que la Universidad Nacional de Colombia inicie una etapa en la que la forma de hacer ciencia esté acorde con las tendencias mundiales: Investigación en red; Equipos interdisciplinarios; Cobertura de necesidades investigativas locales; Integración a redes mundiales de investigación; Producción de conocimiento deslocalizado; Visibilidad del impacto y los resultados.

¿Cuáles son los Equipos Robustos?

1. *Red de laboratorios de Microscopía Electrónica - Bogotá, Medellín, Manizales*

La Universidad Nacional de Colombia cuenta con tres microscopios electrónicos de Barrido, dos adquiridos dentro de este programa (2002) y uno adquirido (2001) por la sede Manizales con recursos propios. Esta red de microscopía electrónica de barrido incluye para el equipo de Medellín detectores EDS y WDS, los cuales hacen que este equipo esté más orientado a ciencia de materiales y metalurgia. Los equipos de Bogotá y Manizales pueden ser utilizados tanto en ciencias de materiales como en ciencias biológicas.

Un microscopio electrónico de barrido (SEM) es un equipo utilizado para observar, por métodos electrónicos, la superficie ampliada de una muestra. Los resultados se presentan en cualquiera de las formas comunes de impresión, como en fotografías y en formatos para computador. El SEM se utiliza como una herramienta poderosa para el análisis de muestras, en los campos de la geología, biología, química, física y metalurgia, entre otros.

Este equipo permite aplicaciones en el caso forense, por ejemplo sirve para determinar si muestras tomadas de algún sujeto, bajo sospecha, contienen residuos de disparo. En el área de la metalurgia se puede hacer análisis de grano de algún material. También es posible observar cómo se distribuyen los elementos en la superficie de un material.

Con los últimos desarrollos tecnológicos es posible controlar la presión en donde se tiene la muestra y ese hecho permite la observación de muestras con contenidos de humedad, entre ellas muestras biológicas o muestras que puedan

contener fluidos, además es posible controlar la temperatura de la muestra para observar el comportamiento de ésta ante variaciones de temperatura.

También, dentro del proyecto, se adquirió un Microscopio Electrónico de Transmisión de Alta Resolución (200 kV). Este equipo está orientado exclusivamente a ciencia de materiales. Este equipo hace posible una observación directa de los detalles de microestructura inclusive hasta escala atómica. Además de la conformación de imágenes de alta resolución, este microscopio incorpora técnicas adicionales que potencian su capacidad como la difracción de electrones para el análisis de arreglos y texturas, el microanálisis a partir de la energía de los rayos X característicos del material examinado y dispone de la técnica de microdifracción de área seleccionada de iluminación parcial coherente. Su rango de magnificación es desde 25x hasta 700.000x con registro de imagen.

Ficha:

*Microscopio Electrónico de Barrido - Medellín

—Fabricante: JEOL

—Modelo: JSM-5910LV

—Característica: Con detector secundario de electrones para bajo vacío, tiene acoplado un sistema EDS marca Oxford modelo Inca Energy 200 y un sistema WDS marca Oxford modelo Wave 500

—Valor: COL\$750.000.000.oo

*Microscopio Electrónico de Barrido - Bogotá

—Fabricante: FEI

—Modelo: Quanta 200

—Característica: Equipo ESEM (Environmental Scanning Electron Microscope), que permite análisis a presiones cercanas a la atmosféricas. Viene acoplado a un sistema EDX

—Valor: COL\$530.000.000.00

*Microscopio Electrónico Digital de Transmisión - Bogotá

—Fabricante: FEI

—Modelo: Tecnai 20 Twin

—Característica: Observación directa de microestructura inclusive a escala atómica, o sub-nanométrica

—Valor: COL\$1.260.000.000.00

2. Laboratorio de Microscopía Óptica - Bogotá

Los microscopios ópticos adquiridos por la Universidad Nacional, Sede Bogotá, tienen en común la más moderna tecnología con un alto desempeño óptico, una amplia gama de posibilidades para el trabajo investigativo en los campos de la histología moderna, la biología celular, la histoquímica y ciencia de materiales, así como la posibilidad de obtener imágenes digitalizadas de excelente calidad. Un rasgo muy importante es su fácil operabilidad y su diseño ergonómico. Los equipos, de las casas OLYMPUS y NIKON, están dotados con objetivos y condensadores que permiten el uso de múltiples técnicas de observación en campo claro, campo oscuro, Normanski, DIC, epifluorescencia y/o contraste de

fases. El microscopio óptico de polarización puede ser empleado para trabajo con luz diascópica y episcópica, aplicable a técnicas petrográficas, para estudios de textura, tamaño y forma de cristales. El laboratorio cuenta también con estereoscopios de investigación para trabajo diascópico y episcópico, que permiten observar muestras de gran tamaño y una amplia distancia de trabajo. Son equipos con una gran flexibilidad y adaptabilidad a las necesidades de los usuarios. También cuenta con un microscopio invertido de investigación para cultivos celulares y microorganismos, con cámara digital.

La microscopía óptica tiene su campo de desarrollo más importante en las áreas de la biología para el análisis de la estructura de células y tejidos, y en la ciencia de los materiales para análisis de textura y tamaño de grano de muestras metálicas y semiconductoras.

*Microscopios ópticos - Bogotá

—Fabricante: NIKON y OLYMPUS

—Modelo: Varios

—Característica: Equipos de microscopía óptica de alta resolución para investigación

—Valor: COL\$280.000.000.oo

3. Laboratorio de Resonancia Magnética Nuclear - Bogotá

La resonancia magnética nuclear (RMN) es quizás la técnica moderna más importante para la precisa determinación de la estructura en compuestos

orgánicos. La RMN tiene aplicación en diferentes campos, a manera de ejemplo, es de gran utilidad en investigación científica en el análisis de moléculas extraídas de productos naturales, en productos sintéticos, en muestras de origen biológico y en general en sustancias que contengan núcleos que puedan ser sujeto de análisis. En el campo de la ciencia aplicada la técnica es de gran utilidad en el control de calidad de compuestos orgánicos (medicamentos, disolventes, reactivos, etc.) y en el análisis de mezclas como las de origen petroquímico. Recientemente, la RMN ha sido de crucial importancia en investigación de biomoléculas complejas como ácidos nucleicos y proteínas, cuya estructura ha podido ser determinada en condiciones muy similares a las de los sistemas biológicos.

En la resonancia magnética nuclear se analizan los núcleos de los átomos en una estructura química. No todos los núcleos son activos en RMN ya que deben tener un momento magnético que los haga orientarse en un campo magnético. Los núcleos más útiles son el de hidrógeno-1 (protón), fluor-19, fósforo-31 y carbono-13. Este último en abundancias naturales muy bajas (uno de cada cien carbonos). Para mejorar la sensibilidad y la resolución, los aparatos modernos tienen campos magnéticos muy fuertes que se consiguen con bobinas superconductoras que deben ser mantenidas a la temperatura del helio líquido (-269 °C). En estas condiciones, los núcleos se orientan paralelamente al campo magnético externo y pueden ser sometidos a perturbaciones con frecuencias en el rango de ondas de radio (MHz). La señal obtenida puede ser analizada y manipulada para brindar información sobre la conectividad de los átomos, el número de ellos en la

estructura e información espacial. De esta manera se puede reconstruir de manera precisa la estructura molecular de una sustancia sin necesidad de destruir la muestra.

Con la RMN se pueden analizar productos naturales, productos de síntesis, biomoléculas, productos farmacéuticos, polímeros, derivados y mezclas del sector petroquímico y en general sustancias orgánicas o muestras que contengan núcleos activos como H-1, C-13, F-19 y N-15 entre otros.

*Equipo de Resonancia Magnética Nuclear - Bogotá

—Fabricante: BRUKER

—Modelo: AVANTA 400

—Característica: Imán superconductor de 9.4 Teslas con transformada de Fourier, modelo digital de 400 MHz

—Valor: COL\$850.000.000.00

4. Laboratorio de Prototipado Rápido - Bogotá

El PR - Prototipado Rápido es una tecnología muy reciente en el mundo, tiene como objetivo específico la reducción del tiempo existente entre las fases de Diseño y Manufactura de partes o productos por medio de la obtención de prototipos tridimensionales de manera rápida y con exactitud de su geometría diseñada.

La tecnología con la que cuenta el equipo adquirido por Bogotá, *FDM Fused*

Deposition Modeling, pertenece a la gama de tecnologías de punta que posibilita la obtención de *Prototipos Funcionales*, los cuales permiten asegurar la validez y confiabilidad de los diseños por medio de comprobación de funcionalidad, realización de pruebas, análisis de forma y proyección del comportamiento. De igual forma la tecnología permite la obtención de piezas o productos finales según sea su aplicación.

El laboratorio cuenta inicialmente con tres áreas de trabajo, enfocadas a proporcionar el soporte necesario a las actividades de *"Manufactura por Capa"*, como técnicamente se le denomina a los procesos de Prototipado Rápido. Las áreas mencionadas son: Digitalización - Ingeniería reversa; Diseño y depuración de archivos y Manufactura de prototipos.

Area de Digitalización - IR: en esta se lleva a cabo el scan 3D (digitalización en 3 dimensiones) de partes u objetos que se desean transferir a formato digital para su reproducción o su rediseño y optimización. Para estas actividades se cuenta con tecnología láser con capacidad de digitalizar volúmenes de 83 cm X 83 cmX 83 cm a 15cm x 83 cm x 83cm , resolución de 36 puntos / cm² a 200 puntos /cm² respectivamente.

Area Diseño y Archivo Digital: está en capacidad del diseño de partes y /o equipos apoyado en software de diseño de carácter industrial; depuración, alistamiento y administración de archivos digitales de diseño y de scan 3D para la fase de manufactura por Capa; transferencia y manejo de la información digital de los

equipos de Resonancia Magnética Nuclear, Tomografía Axial Computarizada y Rayos X utilizados en las ciencias de la salud, con el propósito de habilitar la aplicación de la tecnología de Prototipado Rápido con estas ciencias; Depuración, preparación y optimización de los archivos digitales para la manufactura de los prototipos rápidos. Para llevar a cabo estas actividades se cuenta tanto con el software como con el hardware especializado y de uso dedicado.

Area de Manufactura de Prototipos: está en capacidad de producir prototipos funcionales de volúmenes hasta 350 mm x 400 x 400 mm, con precisión de 0.25mm. El material de construcción del prototipo puede ser en Policarbonato (PC), Polisulfona o en ABS. Utiliza tecnología limpia. El servicio ofrecido puede comprender desde todo el proceso de diseño hasta la elaboración del prototipo. El recurso tecnológico con el que se cuenta es marca Stratasys, modelo TITAN SH con principio de operación FDM patentado por el fabricante.

La aplicación de la tecnología de Prototipado Rápido está extendiendo sus competencias rápidamente, de tal forma que actualmente se pueden identificar las siguientes áreas de aplicación: Ingeniería y Diseño Industrial, como desarrollo tecnológico y producto; en Medicina, Odontología y Terapias, como ciencias de la salud; en Antropología y Arqueología, como ciencias Humanas; en Restauración y Museología; en Física, Química, Geología, como ciencia de materiales.

*Equipo de Prototipaje Rápido - Bogotá

—Fabricante: STRATASYS

—Modelo: TITAN SH

—Característica: Permite la construcción de modelos funcionales resistentes a modificación mecánica y térmica en un amplio rango

—Valor: COL\$790.000.000.oo

5. Laboratorio de Patología Anatómica - Bogotá

Proyecto piloto que busca centralizar el proceso de muestras de tejidos para estudios histopatológicos, genera un espacio óptimo para la interacción interdisciplinaria de las facultades de Medicina, Medicina Veterinaria y Odontología. Técnicas de Histo- y Cito- patología de rutina, inmunofluorescencia, inmunohistoquímica y microscopía óptica de alta resolución.

*Laboratorio de Patología - Bogotá

—Fabricante: Para preparación de muestras, SHANDON, LEICA; Para análisis microscópico, NIKON y OLYMPUS

—Modelo: Varios

—Característica: Espacio óptimo para la interacción interdisciplinaria de las facultades de Medicina, Medicina Veterinaria y Odontología

—Valor: COL\$425.000.000.oo

6. Laboratorio de Análisis Químico - Medellín

Análisis multielemental de muestras biológicas y de ciencia de materiales. Conformado por tres cromatógrafos y dos espectrofotómetros con las siguientes características: Cromatógrafo de gases Agilent; Espectrofotómetro UV-VIS de

arreglo de diodos; Cromatógrafo líquido Agilent de alta resolución; Espectrofotómetro de absorción atómica Avanta; Cromatógrafo de gases Agilent con detector selectivo de masas.

Se complementa con el Espectrofotómetro infrarrojo con transformada de Fourier existente en la sede Manizales, cubriendo toda la gama de equipos para análisis químico.

*Análisis Químico - Medellín

—Fabricante: AGILENT y GBC

—Modelo: Varios

—Característica: Cubren una amplia gama de análisis químico

—Valor: COL\$520.000.000.00

7. Laboratorio de Espectroscopía de Fotoelectrones - Manizales

El equipo XPS (Espectroscopia de Rayos X) más moderno de suramérica, el cual permite el análisis cuantitativo de superficie de materiales. Presenta detalladamente la composición química de elementos inorgánicos. Con este sistema se pueden estudiar las estructuras físicas y medir las respuestas de diversos materiales y sus propiedades.

*Equipo XPS - Manizales

—Fabricante: VG Scientific

—Modelo: SCALAB 250

—Característica: Mediciones cuantitativas y cualitativas de elementos químicos superficiales de muestras, áreas analizadas entre 8 mm² y 20 um²

—Valor: COL\$1.350.000.000.oo

8. Laboratorio de Biotecnología - Medellín

Conformado por una estación de microarreglos, un analizador de geles, termociclador y fermentadores, entre otros equipos. Los microarreglos o comunmente llamados Biochips o DNAchips son unos dispositivos generados mediante tecnologías nanométricas que permiten la generación sobre superficies sólidas de una disposición de materiales biológicos que pueden ser ADN, ARN o proteínas, en unas cantidades entre micro y nanométricas, empleando para ello técnicas de manejo y empleo de volúmenes. Con este sistema es posible estudiar la interacción de material biológico con grandes cantidades de agentes en un solo experimento. Con el selector de colonias de clonación y el sistema automatizado para dispensar las moléculas en cantidades nano y micrométricas, éste sistema se convierte en una de las tecnologías de última generación en genética, biología molecular y biotecnología. Permite el análisis de ADN, ARN y proteínas, los estudios y diagnósticos en genética de poblaciones; generación de microarreglos de proteínas para evaluar su función; generación de microarreglos de ADN para evaluar la actividad genética.

*Laboratorio de Biotecnología - Medellín

—Fabricante: PACKARD BIOCHIP, BIOMETRA y BIOENGINEERING

—Modelo: Varios

—Característica: Permite análisis y microarreglos de ADN, ARN y Proteínas

—Valor: COL\$820.000.000.oo

9. Laboratorio de Cine y Televisión

Estudio de televisión móvil compuesto por tres cámaras con sus respectivas unidades de control, sistema de intercomunicación para camarógrafos y el coordinador, más sistema Betacam. Apoya la formación de realizadores de cine y televisión.

*Sistema de cámaras para cine y televisión - Bogotá

—Fabricante: SONY

—Modelo: Varios

—Característica: Unidad móvil de grabación para cine y televisión

—Valor: COL\$235.000.000.oo

10. Laboratorio de Calorimetría - Medellín

Mide las propiedades físicas de materiales al cambio de temperatura. Transiciones de fases (sólido, líquido, gas), transiciones cristalográficas y propiedades mecánicas.

*Dilatómetro y Calorímetro - Medellín

—Fabricante: NETZSCH

—Modelo: Varios

—Característica: Determinación de dilatación lineal y temperaturas de sinterización y medición de transiciones de fase

—Valor: COL\$450.000.000.oo

Tabla 3: INVERSIÓN EQUIPOS ROBUSTOS POR SEDES

NOMBRE DEL LABORATORIO	INVERSION	SEDE
Laboratorio de Microscopía electrónica (Incluye equipo de Barrido, de Transmisión y sistema de preparación de muestras; además de la adecuación de espacios)	\$1.950.000.000	Bogotá
Laboratorio de Microscopía óptica (Incluye adecuación de espacios)	\$290.000.000	Bogotá
Laboratorio de Resonancia Magnética Nuclear (Incluye gases y elementos de laboratorio; además de la adecuación de espacios)	\$900.000.000	Bogotá
Laboratorio de Prototipaje rápido (Incluye material para modelos; además de la adecuación de espacios)	\$800.000.000	Bogotá
Laboratorio de Patología (Incluye reactivos y adecuación de espacios)	\$450.000.000	Bogotá

Laboratorio de Cine y televisión (Incluye adecuación de espacios)	\$240.000.000	Bogotá
Sub-Total inversión Bogotá	\$4.630.000.000	
Laboratorio de Microscopía electrónica de barrido (Incluye sólo el equipo y el sistema de preparación de muestras)	\$760.000.000	Medellín
Laboratorio de Análisis químico (Incluye sólo los equipos)	\$540.000.000	Medellín
Laboratorio de Biotecnología (Incluye sólo los equipos y suministros para el laboratorio)	\$840.000.000	Medellín
Laboratorio de Calorimetría (Incluye sólo los equipos)	\$460.000.000	Medellín
Sub-Total inversión Medellín	\$2.600.000.000	
Laboratorio de Espectroscopia de rayos X – Equipo XPS (Incluye sólo el equipo y el sistema de preparación de muestras)	\$1.390.000.000	Manizales
Sub-Total inversión Manizales	\$1.390.000.000	
TOTAL INVERSION	\$8.620.000.000	

Fuente: Coordinación Proyecto de Equipos Robustos

Nota: Los valores son globales, no incluyen las obras de adecuación de espacios de Medellín y Manizales. Los valores difieren entre la inversión señalada como Compra que acompaña la información de cada uno de los laboratorios suministrada anteriormente, dado que incluye los valores de suministros, transporte, trámite aduanero y puesta en sitio, y para el caso de la sede Bogotá adecuación de espacios. La diferencia entre el valor asignado al proyecto COL\$8.170 millones y los COL\$8.620 millones calculados invertidos a la fecha, corresponden a recursos

propios proporcionados por cada sede.

Otros robustos

La Universidad Nacional de Colombia ha adquirido con recursos propios en los dos últimos años equipos que entran dentro del concepto de “robustos”, para la sede Manizales y la sede Bogotá. Entre ellos tenemos:

—Laboratorio de Difractometría de rayos X, sede Manizales, que cuenta con dos difractómetros marca BRUKER para estudio estructural de materiales;

—Espectrofotómetro infrarrojo con transformada de Fourier, sede Manizales, para análisis químico;

—Laboratorio de Espectrometría de rayos X, sede Bogotá, el cual permite conocer la composición elemental de una muestra analizando la emisión de rayos X de los diferentes elementos presentes en ella, sirve para análisis elemental no destructivo de muestras sólidas, líquidas y geles; muestras geológicas: minerales, piedras preciosas y metales; suelos, cerámicas, refractarios, productos petroquímicos, calidad de agua, muestras orgánicas;

—Microscopio de fuerza atómica, sede Manizales, equipo para análisis sub-nanométrico de muestras de cualquier origen con posibilidad de AFM (Atomic Force Microscope) y STM (Scanning Tunneling Microscope).

Hacia dónde vamos

Se está diseñando una segunda etapa de laboratorios robustos, que de acuerdo a la filosofía con que se planteó la primera etapa, pueda aumentar en calidad y cantidad la infraestructura investigativa de la Universidad superando las

posibilidades individuales de los departamentos e institutos. Básicamente teniendo en cuenta dos tipos de nuevos laboratorios especializados de apoyo a la investigación:

- 1 Laboratorios complementarios a los adquiridos en la primera etapa, como un microscopio electrónico de transmisión (100kv) para ciencias biológicas, un difractor de rayos-x para ciencias de materiales y un microscopio confocal.
- 2 Nuevas líneas de trabajo como un laboratorio de biotecnología para estudios en genómica, uno de química analítica (cromatógrafos, espectrofotómetros, etc.) y uno de calorimetría (TGA, DSC, etc.), entre otros.

Como una etapa complementaria a la primera se espera acreditar varios de los laboratorios con el fin de que sirvan como referencia a otros de características similares y a su vez tengan la suficiente confiabilidad para valorar los trabajos realizados en la Universidad y los análisis realizados en ellos.

El funcionamiento de los laboratorios está diseñando con el fin de que preste servicios de apoyo a la parte docente e investigativa de la Universidad, a las demás universidades y centros de investigación y al sector productivo. Cada uno de los laboratorios estará dirigido por uno o dos investigadores de reconocida experiencia en el área con el apoyo de suficiente personal técnico para lograr una utilización óptima de recursos y tiempo. Los análisis y pruebas realizadas en estos

laboratorios tendrán precios que variarán de acuerdo del origen de las muestras, siendo considerablemente más bajos para los análisis propios de la Universidad Nacional de Colombia y de mayor valor para los del sector productivo. Es obvio que el fin de esos dineros es el de mantener los equipos en perfecto funcionamiento con sistemas de mantenimiento preventivo y la compra de material fungible y accesorios que es de alto costo para estos equipos, sin embargo es importante considerar que debe existir una política de mantenimiento que mantenga en presupuesto al menos un 10% del valor de la inversión.

Actualmente se está diseñando el edificio que donde se establecerán los laboratorios del programa de equipos robustos y los laboratorios del centro de equipos interfacultades (CEIF). Constará de un área para laboratorios de caracterización de materiales, otra para la parte de estudios biológicos y una tercera que incluye los laboratorios de diseño y construcción de equipo y los laboratorios de mantenimiento electrónico y mecánico. Ha sido calculado con un área aproximada de 2400 metros cuadrados de construcción en la que estarán ubicados, además de los laboratorios, salones para los investigadores y salas de conferencias.

La experiencia del Programa de Equipos Robustos es el inicio de una forma de trabajar diferente al interior de la Universidad Nacional de Colombia, aunando esfuerzos para obtener mejores equipos al servicio de la comunidad que permitan una infraestructura física, tecnológica y humana acorde con la universidad del futuro.