

# Memoria Colectiva del CI al ICAT

---

---

**COORDINADORA**

---

---

Dra. Clara Alvarado Zamorano



Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Ciudad Universitaria, Cd. Mx.

México, 2021

Primera Edición: 2021

ISBN EN TRÁMITE

## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Enrique L. Graue Wiechers  
*Rector*

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas  
*Secretario General*

Dr. Luis Álvarez Icaza Longoria  
*Secretario Administrativo*

Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa  
*Secretario de Desarrollo Institucional*

Lic. Raúl Arcenio Aguilar Tamayo  
*Secretario de Prevención, Atención  
y Seguridad Universitaria*

Dr. Alfredo Sánchez Castañeda  
*Abogado General*

Dr. William Henry Lee Alardín  
*Coordinador de la Investigación Científica*

## INSTITUTO DE CIENCIAS APLICADAS Y TECNOLOGÍA

Dr. Rodolfo Zanella Specia  
*Director*

Dr. Neil Charles Bruce Davidson  
*Secretario Académico*

L.C. Norma Angélica Cuevas Trejo  
*Secretaria Administrativa*

M. en I. Luís Roberto Vega González  
*Secretario de Vinculación y Gestión Tecnológica*

Arq. Luis Felipe González Valdemar  
*Secretario Técnico*

---

---

## **AGRADECIMIENTOS**

---

---

*Al Dr. Rodolfo Zanella Specia, Director del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, por su respaldo y múltiples sugerencias para el desarrollo de esta obra.*

*A la D. G. Yolanda García García por el diseño de portada y maquetación del libro.*

*A Emiliano Mondragón Ortega por su colaboración en la investigación documental.*

*A todos aquellos compañeros del ICAT que aportaron datos, documentos, fotografías, y otras fuentes de información que enriquecieron esta obra.*

# CONTENIDO

■	<b>PRÓLOGO</b>	<b>9</b>
■	<b>ACUERDO DE LA CREACIÓN DEL CENTRO DE INSTRUMENTOS</b>	<b>13</b>
■	<b>DIRECTORES DEL CENTRO DE INSTRUMENTOS AL INSTITUTO DE CIENCIAS APLICADAS Y TECNOLOGÍA</b>	<b>16</b>
■	<b>REMEMBRANZAS</b>	
	<b>LOS INICIOS DEL CENTRO DE INSTRUMENTOS</b>	<b>19</b>
	M. en C. Sergio Reyes Luján	
	<b>LA CREACIÓN DEL CENTRO DE INSTRUMENTOS</b>	<b>26</b>
	Ing. Héctor Luis del Castillo González	
	<b>EL PLACER ASOCIADO A UN TRABAJO BIEN HECHO</b>	<b>31</b>
	Dr. Héctor G. Riveros Rotgé	
	<b>ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE MI PASO POR EL CENTRO DE INSTRUMENTOS</b>	<b>35</b>
	M. en C. Héctor Domínguez Álvarez	
	<b>SOBRE LOS INICIOS DEL CENTRO DE INSTRUMENTOS</b>	<b>39</b>
	M. en C. José Luis Pérez Silva <sup>†</sup>	
	<b>MI EXPERIENCIA DURANTE Y DESPUÉS DEL CENTRO DE INSTRUMENTOS</b>	<b>43</b>
	Dr. Manuel Álvarez-Icaza	

# CONTENIDO

<b>LOS ORÍGENES DE LA ACÚSTICA EN EL CENTRO DE INSTRUMENTOS</b>	<b>49</b>
Dr. Ricardo Ruiz Boullosa	
<b>EL CENTRO DE INSTRUMENTOS Y EL TERREMOTO DE 1985</b>	<b>56</b>
Dra. Clara Alvarado Zamorano y M. en P. Jesús Ramírez Ortega	
<b>MIS RECUERDOS DEL CENTRO DE INSTRUMENTOS</b>	<b>58</b>
Ing. Humberto Antonio Castruita Vargas	
<b>MIS ACTIVIDADES Y PROYECTOS EN EL CENTRO DE INSTRUMENTOS</b>	<b>64</b>
Ing. José de la Herrán Villagómez	
<b>PARTICIPACIÓN DEL CENTRO DE INSTRUMENTOS EN EL PROGRAMA DE COLABORACIÓN ACADÉMICA INTERUNIVERSITARIA</b>	<b>71</b>
Dra. Clara Alvarado Zamorano	
<b>MIS VIVENCIAS EN EL CI-CCADET-ICAT</b>	<b>77</b>
M. en P. Jesús Ramírez Ortega	
<b>EL DESARROLLO DE LA ÓPTICA EN EL ICAT</b>	<b>84</b>
Dr. Rufino Díaz Uribe	
<b>EL LABORATORIO DE METROLOGÍA DESDE EL CI HASTA EL ICAT (1979-2020)</b>	<b>99</b>
Dr. José Sánchez Vizcaíno y M. en I. Gerardo A. Ruiz Botello	
<b>LA TRANSFORMACIÓN DEL CENTRO DE INSTRUMENTOS EN CENTRO DE INVESTIGACIÓN (1988-2000)</b>	<b>110</b>
M. en I. Gerardo A. Ruiz Botello	

# CONTENIDO

<b>LA INTERDISCIPLINA EN EL CI Y EL CCADET</b>	<b>119</b>
Dr. Felipe Lara Rosano	
<b>MI TRAYECTORIA EN LA URSS Y EN LA UNAM</b>	<b>129</b>
Dr. Ernst Kussul	
<b>LA REVISTA <i>JOURNAL OF APPLIED RESEARCH AND TECHNOLOGY</i></b>	<b>138</b>
Drs. Gabriel Ascanio Gasca y Clara Alvarado Zamorano	
<b>ALGUNAS CLAVES PARA ENTENDER EL ICAT: DEL CI AL CCADET</b>	<b>143</b>
Dr. José Manuel Saniger Blesa	
<b>LA SECCIÓN DE DESARROLLO DE PROTOTIPOS</b>	<b>150</b>
M. en I. Rigoberto Nava Sandoval	
<b>LA VINCULACIÓN Y GESTIÓN TECNOLÓGICA EN EL CI-CCADET-ICAT</b>	<b>172</b>
M. en I. Luis Roberto Vega González	
<b>EL AULA DEL FUTURO</b>	<b>187</b>
Dr. Fernando Gamboa Rodríguez†	
<b>LABORATORIOS DE CIENCIAS DEL BACHILLERATO UNAM</b>	<b>198</b>
Drs. Fernando Flores Camacho y Fernando Gamboa Rodríguez†	
<b>HISTORIA DEL LABORATORIO NACIONAL MADiT</b>	<b>206</b>
Drs. Leopoldo Ruiz Huerta y Alberto Caballero Ruiz	

# CONTENIDO

<b>CCADET/ICAT: OPORTUNIDAD DE APRENDIZAJE, RETOS Y SATISFACCIONES</b>	<b>217</b>
Lic. Nora Elia Reyes Rocafuerte	
<b>ALGUNAS REMEMBRANZAS DEL CI/CCADET Y LA TRANSFORMACIÓN DEL CCADET EN EL ICAT</b>	<b>226</b>
Dr. Rodolfo Zanella Specia	
<b>■ ANTECEDENTES HISTÓRICOS</b>	<b>243</b>
<b>■ FUENTES CONSULTADAS</b>	<b>330</b>

# PRÓLOGO

**E**l Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT) cumple sus primeros 50 años de existencia; como antecedentes de su historia, se encuentran el Centro de Instrumentos (CI) y el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET). Para festejar tan importante acontecimiento, presentamos este libro que contiene una recopilación de colaboraciones que incluyen, principalmente, remembranzas y recuerdos de personajes y acontecimientos clave en la creación, el desarrollo y la evolución de la entidad académica. Esta recopilación pretende formar parte de la memoria colectiva de esta entidad, que surgió inicialmente como un centro de servicios especializados, principalmente para el diseño y desarrollo de equipo didáctico, así como para dar mantenimiento a equipos y aparatos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y que a lo largo de los años evolucionó, primero, a un centro de investigación (1996), y posteriormente, al Instituto que es hoy (2018). La entidad, a lo largo de su existencia, ha realizado importantes aportes en conocimiento básico y aplicado, en desarrollo tecnológico, en formación de profesionistas altamente capacitados, así como en difusión y divulgación en su ámbito de competencia, que está definido por los campos del conocimiento que cultiva. Además de las 26 aportaciones de exdirectores, exsecretarios académicos y técnicos, académicos, exacadémicos y personal del CI/CCADET/ICAT, se presenta en esta obra una sección

de antecedentes históricos o sucesos importantes que fueron marcando la evolución y el devenir del ICAT.

Este libro fue concebido en junio de 2016 por dos motivos, principalmente: el primero y más importante fue el de tratar de preservar la memoria histórica del Instituto. Cuando al interior de la dependencia, para plantear la transformación a Instituto, comenzamos a recopilar y organizar la información sobre el CI, e incluso sobre el CCADET, nos dimos cuenta que mucha de esa información no se encontraba fácilmente localizable, o en algunos casos, no había sido adecuadamente documentada; además de que la gente que conocía sobre algún tema en específico, o bien ya no laboraba en el Instituto, o ya no recordaba ciertas cosas debido al largo tiempo transcurrido. Recuerdo, por ejemplo, algunas ocasiones en que al solicitar información a José Luis Pérez Silva<sup>†</sup>, académico fundador del CI, me llegó a responder “ya pasó tanto tiempo, que ya no lo recuerdo”. Así, surge la idea de hacer esta recopilación de información, de anécdotas y de experiencias vividas en el CI/CCADET/ICAT para preservar, hasta donde sea posible, la memoria colectiva y la historia de lo que fue y es el actual ICAT. El segundo motivo por el que fue concebido este libro fue para celebrar la transformación del CCADET en el ICAT en 2018; por diversos motivos, el libro no pudo ser concluido ese año por lo que, después de

platicar sobre el tema con Clara Alvarado Zamorano, académica del Instituto y artífice para que este proyecto se hiciera realidad, gracias a su gran entusiasmo para concretarlo y su amplio conocimiento de la dependencia, decidimos publicarlo con motivo del 50 aniversario de la creación de la dependencia.

La obra contiene las aportaciones directas o indirectas de casi todos los exdirectores (Sergio Reyes Luján, Héctor del Castillo González, Héctor Domínguez Álvarez, Felipe Lara Rosano, José Manuel Saniger Blesa) y de quien suscribe este prólogo, solo dos de ellos, Manuel Estévez Kubli y Claudio Firmani, por diferentes motivos no estuvieron en posibilidad de escribir una reseña de su paso por el Centro de Instrumentos. Además, se cuenta con aportaciones de Héctor Riveros Rotgé y Gerardo Ruíz Botello, quienes fueron secretarios académicos del Centro. Asimismo, el libro incluye contribuciones de personas que fueron importantes en el desarrollo y evolución de la entidad académica, como José Luis Pérez Silva<sup>†</sup>, quien además de haber sido uno de los fundadores del CI, fungió como su secretario técnico por varios años; Ricardo Ruiz Boullosa, primer investigador del CI y creador, con otros académicos, del Laboratorio de Acústica y Vibraciones; Rufino Díaz, quien fue el primer académico directamente contratado como investigador en el CI (sin haber sido previamente técnico académico); elementos clave para la dependencia, como Clara Alvarado, quien fue la primera mujer contratada como académica en el CI (y actualmente miembro del personal con más antigüedad en el ICAT); y José de la Herrán Villagómez, muy destacado académico que dejó una profunda huella a su paso por el CI y quien fuera merecedor del Premio Nacional de Ciencias y Artes. Aunado a lo anterior, para la conformación de este recuento hemos contado con la participación de miembros de nuestra comunidad que han realizado aportes significativos a la dependencia, ya sea en su etapa de CI, CCADET o ICAT, como Jesús Ramírez Ortega, exsecretario técnico; Gabriel

Ascanio Gasca, Editor en Jefe del Journal of Applied Research and Technology; José Sánchez Vizcaino, promotor, junto con otros académicos, del Laboratorio de Metrología; Ernst Kussul, quien ha tenido una larga y exitosa carrera como ingeniero e investigador en la dependencia y, previamente, en la antes URSS; Rigoberto Nava Sandoval, creador de la Sección de Desarrollo de Prototipos; Luis Roberto Vega González, Secretario de Vinculación y Gestión Tecnológica; Fernando Flores Camacho y Fernando Gamboa Rodríguez<sup>†</sup>, creadores, a la par de otros académicos del ICAT, de los Laboratorios de Ciencias para el Bachillerato; Leopoldo Ruiz Huerta y Alberto Caballero Ruiz, fundadores del Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva y Digital (MADiT); y Nora E. Reyes Rocafuerte, Coordinadora de Difusión y Divulgación. Asimismo, no dejamos de recordar a aquellos que han dejado una huella indeleble en el ICAT, aunque ya no se encuentran en el Instituto, ya sea porque se nos adelantaron en el camino, como Fernando Gamboa Rodríguez<sup>†</sup>, quien concibió y desarrolló el exitoso modelo de El Aula del Futuro; o bien porque encontraron otras oportunidades fuera de la dependencia, pero que en su momento hicieron aportes para su evolución, tal es el caso de Manuel Álvarez-Icaza y Humberto Antonio Castruita Vargas, quienes también contribuyeron para hacer posible esta obra.

Como podrá observarse a lo largo del libro, especialmente si se contrastan las concepciones fundadoras del Centro de Instrumentos, con la concepción del mismo a partir de los años 90's y con la visión actual, ya como un instituto de investigación, es muy claro que la visión y los objetivos con los que fue creado el CI se han transformado prácticamente en su totalidad en el transcurso de los años. De su concepción inicial como centro de servicios, durante los años 90's se comienza a visualizar como un centro de investigación. Ya en 1996, en su informe final de labores, el director de la entidad, Claudio Firmani, expresa: "El CI ha realizado un gran esfuerzo para

reestructurarse e iniciar el proceso para convertirse en instituto”. Esta idea es mencionada en diversos documentos a lo largo de las direcciones de Felipe Lara Rosano y de José Manuel Saniger Blesa; misma que logró concretarse finalmente en 2018. Esta metamorfosis que sufrió el CI/CCADET/ICAT no fue, como podrá advertirse a partir de varias de las contribuciones, ni fácil de implementar por sus directivos, ni sencilla de asimilar por sus académicos.

El ICAT, que en sus inicios como CI se ubicó en dos cubículos del noveno piso de la ex-Torre de Ciencias, en el Campus Central de Ciudad Universitaria, actualmente está conformado por siete edificios en Ciudad Universitaria; forma parte de dos laboratorios nacionales (en uno de ellos como entidad sede) y es sede de tres laboratorios universitarios; forma parte del Consejo Directivo y de Administración de la Torre de Ingeniería y tiene instalaciones externas en dos Hospitales Generales en la Ciudad de México y en el Polo Universitario de Tecnología Avanzada en Apodaca, Nuevo León. Inicialmente, el CI se orientó principalmente a atender solicitudes de la comunidad universitaria en el ámbito educativo y de servicios de mantenimiento de equipo; en la actualidad, como ICAT, gran parte de sus proyectos y actividades de investigación y desarrollo se vinculan con los sectores público, privado y social del país y, en algunos casos, del extranjero. El Instituto es hoy en día una entidad con gran potencial para realizar investigación, desarrollo tecnológico e innovación, formar recursos humanos de muy alto nivel, participar en labores de docencia, así como de difusión y de divulgación en sus campos de conocimiento y en sus áreas de aplicación, con los más altos estándares de calidad y con un potencial altísimo para incidir en la creación de conocimiento nuevo, pero también para resolver problemas que enfrenta la sociedad.

Quisiera concluir haciendo un reconocimiento a la comunidad académica del ICAT, que desde mi punto de vista es una de sus principales fortalezas. La comunidad del Instituto es una comunidad dinámica y versátil que ha sabido transformarse e incluso reinventarse a lo largo de su historia. El tránsito de un centro de servicios a uno de investigación implicó grandes retos para la comunidad del entonces Centro de Instrumentos, que posteriormente, cambió su nombre a Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico en 2002, lo que trajo consigo la redefinición y enfoque de su quehacer. Esas transformaciones no siempre fueron sencillas; no obstante, la comunidad académica las aceptó y, sobre todo, trabajó de manera dedicada, consistente y coherente para lograr alcanzar a la fecha un incuestionable impacto, liderazgo y madurez académica en sus labores de investigación, desarrollo tecnológico, docencia, formación de personal altamente capacitado y difusión que, sin lugar a dudas, ha tenido impacto relevante en diferentes sectores.

Además de dicha madurez académica, la comunidad del Instituto cuenta con un perfil distintivo dentro del Subsistema de la Investigación Científica, que está definido por la integración de la ciencia y la tecnología, la promoción interna de la interdisciplina y la vinculación con sectores internos y externos, en la búsqueda de la aplicación de los conocimientos generados en la resolución de problemas relevantes de nuestro entorno. Este perfil académico distintivo, sin duda, complementa y enriquece las capacidades globales del Subsistema de la Investigación Científica de la UNAM y lo hace más fuerte y vigoroso.

*Rodolfo Zanella Specia*

# Acuerdo de la Creación del Centro de Instrumentos



SECRETARIA GENERAL

CIRCULAR Núm. 65  
Ciudad Universitaria, a 15 de diciembre de 1971.

A los Directores de Facultades,  
Escuelas e Institutos, Directores Generales,  
Coordinadores y Jefes de Departamento de  
esta Universidad  
Presente

Envío a usted, para su conocimiento, el acuerdo de la  
creación del Centro de Instrumentos de la U.N.A.M.

Atentamente

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”  
EL SECRETARIO GENERAL,

*Manuel Madrozo García*  
Quím. Manuel Madrozo García



SECRETARIA GENERAL

ACUERDO NÚM. 12

Considerando la necesidad de formar un núcleo de investigadores, profesionales y técnicos que atiendan las demandas internas de la UNAM, en materia de diseño, construcción y mantenimiento de equipo e instrumental, así como de crear un programa de formación de personal especializado en dichas actividades, en todos los niveles, para satisfacer las necesidades crecientes de nuestra Universidad y para convertir dicho renglón en factor de desarrollo del país, por acuerdo del Rector se crea, a partir de la fecha, el Centro de Instrumentos de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El Centro de Instrumentos realizará las siguientes funciones:

1. Diseñar y construir equipo y material didáctico bajo pedido de escuelas, facultades, institutos y centros de la UNAM.
2. Colaborar con las diferentes dependencias universitarias en la realización de diseños.
3. Promover fuera del ámbito universitario el renglón de la instrumentación, efectuando estudios detallados sobre la viabilidad de producir equipo científico y técnico a escala industrial.
4. Promover las patentes necesarias para proteger los intereses de la UNAM.
5. Colaborar con las Facultades, Escuelas, Institutos y con el Colegio de Ciencias y Humanidades en el establecimiento de necesidades, diseño de laboratorios, así como del equipo e instrumental, y en la construcción de éste, en su caso.

6. Auxiliar a las dependencias universitarias en problemas relacionados con el mantenimiento de equipo científico.

7. Colaborar estrechamente con los grupos de investigación sobre enseñanza de las ciencias.

Para los efectos señalados, el Centro de Instrumentos de la UNAM contará con servicios de diseño, construcción, control de calidad, mantenimiento, promoción y publicidad, ventas y asesoría sobre proveedores.

El Centro de Instrumentos dependerá directamente del Coordinador de la Investigación Científica, quien aprobará sus programas de trabajo. Dichos programas, así como las funciones que desempeñe y servicios que preste, serán orientados por un Comité Directivo que, además, supervisará la elaboración de su presupuesto. Dicho Comité será presidido por el Coordinador de la Investigación Científica y estará integrado por los directores de las Facultades de Ciencias, Ingeniería y Química, así como por los directores de los Institutos de Investigaciones Astronómicas y de Física, y por el director del propio Centro.

El Director será nombrado por el Rector para llevar a cabo las siguientes funciones:

1. Elaborar los planes de trabajo del Centro.
2. Programar la adquisición del material, instrumental y equipo para el Centro.
3. Promover dentro y fuera de la UNAM las actividades del Centro.
4. Supervisar la labor de sus colaboradores técnicos en diseño, construcción, control de calidad, mantenimiento, análisis de mercados, promoción y formación de personal.
5. Elaborar un programa de desarrollo del Centro.

6. Determinar las reuniones del Comité Directivo.

7. En fin, ser responsable de la buena marcha y desarrollo del Centro.

El personal del Centro será designado por el propio director asesorado por el Comité Directivo, previo acuerdo del Coordinador de la Investigación Científica y su nombramiento necesitará la conformidad que, en nombre del Rector, darán las Secretarías General o Auxiliar, según se trate de personal ejecutivo o académico, en el primer caso, o administrativo en el segundo.

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”  
Cd. Universitaria, a 15 de diciembre de 1971

EL SECRETARIO GENERAL,

*Manuel Madrozo Garza*  
Quím. Manuel Madrozo Garza

# Directores del Centro de Instrumentos al Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología

## DIRECTORES DEL CENTRO DE INSTRUMENTOS AL INSTITUTO DE CIENCIAS APLICADAS Y TECNOLOGÍA

- ♦ M. en C. Sergio Reyes Luján (1° de enero de 1972)
- ♦ Ing. Héctor del Castillo González (16 de marzo de 1974)
- ♦ M en C. Héctor Domínguez Álvarez (20 de enero de 1981)
- ♦ M. en C. Manuel Estévez Kubli (27 de septiembre de 1985)
- ♦ Dr. Claudio Firmani Clementi (7 de diciembre de 1989).
- ♦ Dr. Felipe Lara Rosano (6 de diciembre de 1997)
- ♦ Dr. José Manuel Saniger Blesa (5 de diciembre de 2005)
- ♦ Dr. Rodolfo Zanella Specia (6 de diciembre de 2013)
- ♦ Dr. Rodolfo Zanella Specia (29 de mayo de 2018)

# Remembranzas

# Los inicios del Centro de Instrumentos<sup>1</sup>

M. en C. Sergio Reyes Luján

*Primer Director del Centro de Instrumentos*

● **C**ómo nació la idea de un Centro de Instrumentos en la UNAM? ¿De quién fue la iniciativa? No lo recuerdo, pero lo que sí recuerdo es que cierto día de 1971, el Dr. Fernando Alba Andrade, que había sido Director del Instituto de Física y en ese momento era el Coordinador de la Investigación Científica, me dijo que a él le había encargado el Rector o que él le iba a presentar al Rector, la idea de construir un centro, de hacer un centro de instrumentos. Eso lo recuerdo perfectamente bien.

Fue en la Ciudad Universitaria, y yo estaba de Secretario de la Facultad de Ciencias. Días después se anuncia que el Dr. Fernando Alba Andrade había sido designado Presidente de la Comisión Nacional de Energía Nuclear por el Presidente de la República y entonces me recomienda con el Dr. Pablo González Casanova, Rector de la UNAM, para que yo concibiera ese centro.

Cómo se gestó la idea en la cabeza del Dr. Fernando Alba, no lo sé, pero bueno, al final de cuentas no me platica mucho de lo que tenía

en la cabeza, porque inmediatamente él se tiene que ir a otra cosa, y entonces, yo lo concibo desde el mero principio.

Entonces, tengo una entrevista con el Dr. Pablo González Casanova, no me acuerdo ni siquiera en qué términos fue esa reunión, pero finalmente se crea el Centro de Instrumentos (CI) y me piden que yo sea el primer Director. Me nombraron Director antes de cumplir 30 años, tenía 29, y cuando fui Rector General de Universidad Autónoma Metropolitana, acababa de cumplir 40.

Si mal no recuerdo fue del 1° de enero de 1972 a principios de marzo de 1974, fecha en la cual la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), como yo digo, le compra mi carta de futbolista al Rector Guillermo Soberón, quien acepta que cuatro Directores salgamos de la UNAM para ir a fundar la UAM, y nos vamos el Director de

<sup>1</sup>Fuente: Entrevista al M. en C. Sergio Reyes Luján, realizada por la Dra. Clara Alvarado Zamorano, el día 9 de marzo de 2018.

la Facultad de Ingeniería, Juan Casillas; el Director del Centro de Educación Continua, Óscar González Cuevas; el Director del Instituto de Física, Alonso Fernández; y yo, el Director del Centro de Instrumentos.

Los cuatro nos vamos, con el primer Rector General de la UAM, el arquitecto Pedro Ramírez Vázquez, a armar la Universidad, porque él no sabía de esas cosas; Casillas y González Cuevas se van a armar la Unidad Azcapotzalco, y Alonso y yo nos vamos a armar la Unidad Iztapalapa. Entonces renuncié al Centro de Instrumentos y ahí estuve muchos años, fui Rector General de la misma, luego presidí su Patronato y luego me salí.

Seguramente se le denominó Centro de Instrumentos a sugerencia de él, no recuerdo que yo haya pensado en un nombre, y en todo caso, hubiera dado exactamente lo mismo como se llamara, pero la idea fundamental del Dr. Alba era que todo lo que se hacía de instrumentación en algunas dependencias universitarias como el Instituto de Física, la Facultad de Ingeniería, el Instituto de Ingeniería y la Facultad de Química, no era suficiente, que la Universidad tenía que dar un paso adicional. Eso era una cosa que me acuerdo muy bien, porque cuatro años antes habíamos organizado una exposición de instrumentos en la UNAM, allá por fines de los sesentas, y yo estuve en representación de la Facultad de Ciencias, en el Comité que organizó esa exposición, y todas las dependencias llevamos equipos que usábamos o que habíamos construido ahí. Lo que a mí me quedó muy claro desde el mero principio, es que lo más importante no era empezar por diseñar instrumentos, sino era darle mantenimiento a la enorme cantidad de instrumentación en la UNAM que no funcionaba, y algunos aparatos, por ejemplo, no funcionaban porque el fusible se había quemado, no por otra razón, entonces simplemente no se le daba mantenimiento a ese

equipo que teníamos en la Institución. De hecho, sí recuerdo que dije empezamos por dar mantenimiento, y luego diseñamos instrumentos.

No tengo la menor idea de por qué el Dr. Alba me recomendó a mí como Director fundador, ni tampoco sé por qué el Dr. González Casanova pensó en mí, lo que sí puedo decir es que desde muy joven me buscaban para ejecutar las cosas. El edificio del Centro de Instrumentos lo diseñé yo, y así a lo largo de mi vida, cuando se fundó la UAM me dieron una hoja de papel y me dijeron crea la Universidad, así pues me puse a dibujar la Universidad, los edificios de la Universidad.

No sé dónde está actualmente el Centro, pero aquel edificio donde estuve al final como Director lo diseñé yo. Les platico la anécdota de por qué rápidamente tuvimos edificio. El Centro de Investigación de Materiales nació en un cubículo de la Torre de Ciencias, probablemente en el piso 8° o en el 9°, con el Dr. José Antonio Nieto, que fue el primer Director, luego se consiguió un terreno para construirlo y ya después el Director era José Antonio Careaga, y prevalecía la situación, tenían terreno pero no tenían dinero para construir el edificio, entonces conseguí el dinero para construir el Centro de Investigación de Materiales, y el arreglo con José Antonio fue, yo consigo el dinero, construimos tu edificio, nos dejas ahí un rato, y mientras, yo consigo el terreno para mi Centro, tú consigues el dinero para tu edificio, y entonces me construyes el Centro de Instrumentos, y lo tuvimos propio en su ubicación actual.

Me acuerdo que Orso Núñez, que era el Subdirector de Diseño, Obras o Proyectos de la Dirección General de Obras, se sentó conmigo y yo dibujé el primer Centro de Instrumentos, y lo dibujé siguiendo una guía de la American Physical Society, sobre lo que deben tener los laboratorios, las ventanas, la ventilación, etc., etc.

Lo tuvimos muy rápidamente, de dos pisos, antes de que yo me fuera, o sea antes de dos años y medio ya lo teníamos. Yo fui Director 2 años, 3 meses, y antes de irme ya teníamos el nuevo edificio.

Yo era un ejecutor, un realizador, que no me detenía absolutamente nada, el día que hubo que traer refacciones para los equipos y aparatos de la Universidad, les dimos hasta el servicio de fayuclear las partes que necesitaban. Inauguré la ruta de fayuca Tucson – Ciudad Obregón – Ensenada o Guadalajara, ya no me acuerdo en cuántos lugares hacía escala el avión de Mexicana de Aviación; juntábamos las refacciones en la habitación de César Sepúlveda que estudiaba en la Universidad de Arizona, e íbamos allá y nos lo traíamos en nuestro equipaje, ningún problema era irresoluble. Sí, un día me detuvo un aduanero, y me dijo, “ahora sí exageró... me acuerdo que usted es físico”, sí, le dije, él dijo “pero estas lámparas que trae de absorción atómica no son para físico, son para químico, entonces esto ya no es pasar partes de repuesto, esto es ya contrabando...”, “bueno, llámeme como quiera, pero me las llevo”, y ahí, me senté y lo arreglé también; sí, era frecuente que pasáramos las partes de refacción de todas las cosas que necesitábamos, todavía tengo en mis archivos digitalizados, una de las listas para partes de refacción que me dio José de Jesús Castro, bueno, que una maestra quería, yo las pedía por correo a la habitación de César Sepúlveda, que después se quedó en Estados Unidos y es uno de los que hizo la camarita del robot en Marte. No sé ahora cómo lo resuelva la Universidad.

Si mal no recuerdo, las actividades iniciales del Centro de Instrumentos, aparte de las de mantenimiento fueron las de diseño y construcción de equipo. El hecho de a quienes seleccioné como primeros colaboradores, da cuenta exactamente de lo que teníamos en mente; primero teníamos que construir instrumentos, entonces me traje a alguien que sabía de talleres y que era Héctor del Castillo,

quien venía de manejar los talleres en el Instituto de Física, y de hacer equipo científico. Héctor del Castillo fue mi primer colaborador, fue el Secretario Técnico del Centro de Instrumentos, porque dije, “necesito a alguien que sepa manejar talleres”, y va pa' dentro.

Para dar mantenimiento, el Dr. Juan Antonio Careaga, que en paz descanse, Director del Centro de Investigación de Materiales, me recomendó a un español, Amado Santiago, que había hecho esto quién sabe en cuántos lados, y de inmediato, pero de inmediato, se puso a componer microscopios, etc., etc., y contrató excelente gente para eso.

Si mal no recuerdo había que hacer administración, entonces invité a Rodolfo Cueto, que después sería Secretario Administrativo de la Universidad, y, a personas que siempre pensé que tenían dos brazos derechos, esos fueron los primeros que invité, Humberto Sotelo, José Luis Pérez Silva, Javier Sierra, José de Jesús Castro, Claudio Guerra, en fin, gente con las cuales, o habían sido mis alumnos o habían trabajado cerca de mí, y eran instrumentistas desde antes de graduarse, entonces teníamos muy claro que teníamos que hacer cosas, diseñar cosas, arreglar cosas, nadie pensaba en hacer investigación, para eso había un montón de Institutos que la hacían, y de inmediato nos pusimos a remediar asuntos. Recuerdo que llegábamos a la Facultad de Medicina y, a veces, todo lo que tenía mal el microscopio era el tornillo sinfín, que el maestro Rubí y el maestro quien sabe que, luego luego lo arreglaban, y al otro que le faltaba la clavija, y al otro que le faltaba el fusible; era verdaderamente increíble la cantidad de equipo botado sin darle mantenimiento.

Luego el Dr. Soberón tuvo una idea extraordinaria, un día me dijo “te voy a dar un crédito del *Chemical Bank*”, creo que eran treinta millones de dólares, “cómprale equipo a la Universidad”; entonces, inventé una manera que realmente fue muy conveniente. Junté a todos los

de microscopía electrónica, y les dije “¿quién quiere un microscopio electrónico?”, todos levantaron la mano, bueno, evidentemente no iba a alcanzar el dinero de la Universidad si así lo hacíamos con todos los demás equipos, entonces, después de que se juntaron los cinco o los seis, ya no me acuerdo cuántos había de microscopía electrónica, dije “¿de qué voltaje necesitas tú?”, “pues de tal”; “¿tú qué tienes?”, “tal”; “y tú ¿qué necesitas?”, “de tal resolución”, “¿y tú?”, “de tal”, entonces ahí empecé el cambalache, tú se lo pasas a aquél, tú a aquél, y al último le compramos uno nuevo, entonces sí alcanzó el dinero; y luego siguió espectroscopía de absorción atómica, y luego colorimetría o lo que haya sido. Así fue como usamos el dinero del Chemical Bank, juntando a los que tenían equipo y optimizando la adquisición del equipo nuevo, sin duplicar lo innecesario; porque si no..., todos querían el último grito de la moda y, por cierto, varios ni siquiera sabían exactamente lo que querían, pero sabe uno que hay dinero disponible y entonces hay que comprar.

Creo que la inquietud por también dar asesoría e información sobre equipos, sobre instrumentación, proviene de lo mismo..., el problema fundamental en aquella época, y me temo que sigue siendo vigente, no sé si en la UNAM, pero en muchos otros lugares lo es, es que la gente adquiere y adquiriría el equipo que vende el representante de ventas más hábil, entonces llega la chica, llega el chico, y le dicen no sé qué, y le dicen no sé cuánto, y lo invitan a conocer el laboratorio de quién sabe dónde, y finalmente se compra ese equipo; y cuando uno ve que se compró sin repuestos, sin la póliza de servicio, sin la calibración, sin la capacitación, etc., etc. En la Universidad creo que esto está superado. Desde entonces, me di cuenta que lo que necesitaban muchos, espero que ahora en la UNAM ya no se dé eso, era que no sabían todo el equipo que existía, entonces nosotros, principalmente Amado Santiago y José Castro, hacíamos la ‘talachita’ de ver qué es lo que había en el mercado. Yo viajé a Alemania a visitar las fábricas de Carl Zeiss y de Leitz,

y entonces se les ayudaba un poco a escoger lo que necesitaban, y luego, a auxiliarlos a comprar incluyendo las refacciones, las lámparas de repuesto, el servicio de mantenimiento, de calibración, etc., etc., que normalmente ni siquiera por aquí se sabía que existían.

Por cierto, varios aspectos que tradicionalmente no se cultivaban en la UNAM los metimos, por primera vez, en el Centro de Instrumentos, por ejemplo, todavía en el rectorado de Francisco Barnés, 1999 – 2000, al visitar el Centro de Instrumentos dijo “ya estoy hasta el gorro de que me presenten prototipos y prototipos, prototipos y prototipos, cada año, y ¿cuándo van a pasar a producción?”, y me dijo, siendo yo el Coordinador de Vinculación: “el próximo año no quiero ver ningún prototipo, o ya pasaron, se fueron a producción o ya no los quiero ver”, pues si eso era en 1999-2000, seguramente era mucho más cierto treinta años antes, entonces, la razón fundamental es que una vez que le funciona el aparatito al ingeniero, al diseñador, al técnico, al científico, ahí acabó para él su problema y nada más dice: ya está, y dista mucho de estar listo. Entonces contratamos a Adrián Oskam, que era un diseñador industrial para que le diera el acabado ergonómico, para que viera que las perillas no se estorbaban una con la otra, para que la fachada estuviera más o menos agradable, cosas por el estilo, entonces cuando alguien decía “ya lo acabé”, Adrián lo tomaba y le daba un acabado un poco más razonable.

Después de ser Director del Centro de Instrumentos, me fui a la Universidad Autónoma Metropolitana en donde llegué a Rector General (de noviembre de 1981 a diciembre de 1985). Hice y fundé otras muchas cosas, el Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad y la Coordinación de Vinculación de la UNAM, Subsecretario de Ecología, Presidente del Instituto Nacional de Ecología, y un montón de cosas.

Considero que el Centro de Instrumentos funcionó en sus inicios con las expectativas que se esperaba, porque nunca tuvimos en mente que hiciera nada más que eso, que era mantenimiento, ayudar al diseño de equipos a quien lo necesitara, y la construcción. No tenía que hacer absolutamente nada más. Centros de investigación hay un montón en la UNAM y supongo que se requieren más, eso no lo sé, y alguien le debe dar mantenimiento a todo equipo, no sé cómo se hace ahora, pero cada cosa es creada para un propósito: Malo es cuando la gente piensa que fue creada para otra cosa, me hace recordar cuando fundé el Instituto Nacional de Ecología, yo fui el primer Presidente, y un día, un Secretario me dice, oye, ya le devolvimos al Instituto su tarea original de investigación, y le digo, perdóname, jamás fue pensado como un instituto de investigación, fue pensado como un instituto normativo para diseñar la ley, sus reglamentos, sus normas, para eso fue diseñado, no para hacer investigación. Pero en fin, ahora entiendo que a un montón de gente no le gustan ciertas cosas, como dar mantenimiento, construir cosas, pues mejor hacer investigación, pues bueno, me da mucho gusto que eso les satisfaga, ¿no? No voy a renegar de la investigación, y ahí están duro y dale y dale y dale, y algunas cosas realmente hasta son importantes.

Realmente no recuerdo obstáculos que se hayan presentado tanto para la creación como para el desarrollo inicial del Centro de Instrumentos, ya sea de tipo operativo o financiero. Tuve todo el apoyo. No puedo recordar en ninguno de mis trabajos que haya tenido alguna dificultad, porque va uno con quien las resuelve, y se resuelven. Recuerdo que el Dr. Soberón dijo en una ocasión: “denle chequera”... y nada más; una vez algo se atoró de dinero y fuí a ver a Javier Jiménez Espriú, que era el Secretario General Administrativo, y me dice que la importación es muy compleja, por lo que como ya comenté, pues inventé mi sistema de “fayucoatl”, que era el lechero de Tucson a Ciudad Obregón y a Guadalajara, no sé, hacía varias

escalas y ahí veníamos, o ahí venía yo, porque yo tampoco quise exponer nunca a nadie, ahí venía yo con el veliz lleno de mugre y media, pero bueno, así es como se resuelven las cosas.

Yo nunca busqué nada especial, pero lo que a mí me daba satisfacción era, por ejemplo, que recuerdo particularmente en la Facultad de Medicina, tenían tal cantidad de equipo sin operar, que nos tomaba 15 minutos, media hora, una hora, un día, resolverles su problema de mucho tiempo, y eso a mí sinceramente hasta la fecha, me da mucha satisfacción. Todo lo demás, no recuerdo que hayamos diseñado el gran instrumento, no era esa la idea, los grandes instrumentos los diseñaban los Institutos o alguien, no sé quién.

Una situación que sí recuerdo, en la huelga de 1972-73, por el reconocimiento del STEUNAM, todas las dependencias de la UNAM se fueron a la huelga excepto el Centro de Instrumentos; lo traté con el maestro Embriz, el carpintero, y otros, que eran los representantes sindicales o como se les llamara, en el Necaxa, un salón-cervecería de Av. Revolución, donde nos reunimos, nos echamos un trago y lo arreglamos, y teníamos que entrar caminando desde Insurgentes.

Guardo muy gratamente el recuerdo de que todos aquellos colegas que invité a hacer algo ahí, como Héctor del Castillo, Manuel Estévez, Héctor Domínguez, todos ellos después fueron directores. Tenían muy claro el propósito y entonces no había ninguna duda de lo que tenían que hacer. Que lata que daba ese comprador, Rodolfo Guerrero, daba una lata tremenda, pero era muy, muy eficiente, compraba quien sabe dónde todo lo que necesitábamos, lo recuerdo con particular estimación. No recuerdo haber tenido ninguna dificultad con nadie. Sí recuerdo que cuando fuimos al Congreso de la Sociedad Mexicana de Física, en junio de 1973 en Orizaba, me dio mucho gusto ver ahí exhibida ya, parte del equipo que hacíamos.

En fin, una de las cosas que tengo en mi vida es no regresar al lugar donde he trabajado, para no entorpecer, ni siquiera en apariencia al nuevo, entonces yo simplemente me desaparezo y ya, y si les sirvió de algo lo que hice, de lo que aprendieron conmigo, pues lo siguen, y luego me lo platican: Oye, nosotros seguimos haciendo tal como tú nos enseñaste, y por cierto, yo nunca le dije a nadie cómo hacer las cosas, a nadie; el ejemplo, decía José Martí, la mejor manera de decir algo es hacerlo. Nunca le dije a nadie, haz esto, haz lo otro, simplemente veían cómo hacía las cosas...y una enorme satisfacción que tengo es que ex-colaboradores que fueron Rectores Generales de la UAM, me lo dijeron, esa es una enorme satisfacción.

Cuando yo llegué como Director a principios de 1972, yo ya había sido Jefe de los Laboratorios de Física de la Facultad de Ciencias, Jefe del Laboratorio de Física Moderna de la Facultad de Ciencias y Secretario de la Facultad de Ciencias dos o tres años; siempre me gustó la administración, o sea, a diferencia de otros, que a la hora en que dirigen están pensando en su investigación, yo no, a la hora en que administro, no pienso ni en la docencia ni en la investigación, pienso en la administración, y además me gusta, entonces llegué y leí en su momento presupuesto por programas, presupuesto base cero, negociación colectiva,..., montones de cosas que leí, de tal manera que cuando me hacen Director del Centro de Instrumentos, fue mi primer puesto como número uno, pues realmente ni trabajo me costó, pero sí aprendí otra cosa: que por primera vez tuve que tomar algunas decisiones yo solito, ya no era llevárselas a alguien a que las tomara, sino yo solo, y eso sí me ayudó mucho, porque lo que siguió inmediatamente después, dos años y tres meses después, fue que me nombraron Secretario de la Unidad Iztapalapa de la UAM, y entonces tuve que concebir toda la reglamentación, las disposiciones normativas y todo eso, y pues simplemente las trasladé y las adapté de la UNAM a la UAM.

Una cosa que hice fue que por primera vez tuve que escoger colaboradores, nunca antes había escogido a mis colaboradores; he tenido éxito en mi vida porque siempre escogí colaboradores que son más fregones que yo, y entonces, cuando son más fregones que yo, pues, yo ya no tengo que preocuparme mucho. Claro...como ese es más inteligente que yo, pues que él me dé las ideas; como ese es mejor para el taller, pues que él maneje el taller; como aquél es bueno para esto, pues que él haga esto. Y así en buena parte mis chambas de toda la vida, pues yo salía del país muy frecuentemente cuando era Subsecretario y los Directores Generales se encargaban de todo. Y les daba la confianza para tomar las decisiones, y no les pedía cuentas de nada, nada más que hicieran su mejor esfuerzo, entonces ciertamente fue muy formativo, que antes de cumplir 30 años yo tuviera esa chamba, y además no me equivoqué, porque escogí gente muy fregona.

Por cierto, a finales del año 1973 laborábamos en el CI alrededor de 40 personas, algunas de las cuales recuerdo por su mayor permanencia en la dependencia y entre las cuales se encuentran las que pueden considerarse como fundadoras\* del CI:

En la Dirección: Sergio Reyes Luján\*

En la Secretaría Técnica: Héctor del Castillo González\*.

En el Departamento de Diseño y Desarrollo: José Luis Pérez Silva\*, Javier Sierra Vázquez\*, Roberto Ortega Martínez\*, Humberto Sotelo González\*, Ricardo Ruiz Boullosa\*, Manuel Estévez Kubli, Héctor Riveros Rotgé, Claudio Guerra V., José Luis Martínez R., Adrián Oskam Voorduin.

En el de Producción-Taller: Pedro Alvarado Vega, Juan Arenas Berrocal, Gerardo Arias R., Napoleón Díaz Ferruzca, Isidro Embriz, Hiram Galván Lecón, José Luis Rivas Mancilla, Inocente Tapia Méndez, Martín Briseño García, José Luis Yépez Campos.

En el de Mantenimiento: Amado Santiago Bachellé\*, Miguel Ángel Flores Montiel, Luis Hernández Flores, Enrique Iturbe Morales, Ernesto Meza Buendía, Roberto Rubí Rubí, José María Serralde Santamaría, Eduardo Trejo Alvarado, Eduardo Pérez Bandín.

En el de Asesoría e Información: José de Jesús Castro Peña\*, David Martínez Montaña, Clara Alvarado Zamorano.

Apoyo administrativo: Rodolfo Coeto Mota\* (Secretario Administrativo), José Castro Valdés (mensajero), José Juan Corona (dibujante), Teresa de la Lanza Zamorano\*, Etelvina Ibarra Díaz y Ma. Teresa Legorreta Figueroa (secretarias), Rodolfo Guerrero Reyes (comprador), Luis Rojas Nava (vigilante), José Luis Vázquez González.

# La creación del Centro de Instrumentos

**Ing. Héctor Luis del Castillo González**

*Segundo Director del Centro de Instrumentos y su primer Secretario Técnico*

**E**n una calurosa tarde del mes de mayo de 1971, precisamente el día 7 de ese mes, en el cubículo de la Dirección del Instituto de Física, el Dr. Fernando Alba Andrade, como Director de dicho Instituto comentó que dado el proceso creciente de la UNAM, lo cual era muy claro observar, por ejemplo, en el número y tamaño de los Institutos y Centros de investigación en ciencias teóricas y experimentales de nuestra Institución, era muy oportuno crear un Centro en el cual se realizarían actividades de investigación experimental y también de desarrollo tecnológico.

A continuación, el Dr. Alba Andrade me encomendó la tarea de escribir un primer documento correspondiente a lo que sería el Acuerdo de Creación del Centro. Dicho texto lo corrigió varias veces, con un breve apoyo del Ing. Marcos Mazari Menzer. Finalmente, después de ser presentado para su opinión al Coordinador de la Investigación Científica, Dr. Agustín Ayala Castañares (q.e.p.d.), se turnó a la consideración y, en su caso, a la aprobación del Dr. Pablo González Casanova, entonces Rector de la UNAM. Efectivamente, el Sr. Rector con fecha 15 de diciembre de 1971 creó el Centro de Instrumentos (CI) de la UNAM.

Una importante observación es la siguiente: En el año de 1971, el Dr. Alba Andrade era el Director del Instituto de Física y estaba ejerciendo el último año de su segundo periodo. La década de 1960 a

1970 fue, gracias al Dr. Alba Andrade, una época de fuerte crecimiento y consolidación de todos los programas de investigación en física teórica y experimental, incluyendo también un intenso desarrollo tecnológico gracias a los talleres mecánico, electrónico y de tecnología de Alto y Ultra alto vacío, que el Dr. Alba Andrade y el Ing. Mazari Menzer diseñaron apropiadamente para las actividades del Instituto de Física. Todo lo mencionado fue una base sólida y firme, así como abundante en experiencias valiosas para las autoridades, investigadores y alumnos de tesis del Instituto de Física.

En la planta académica de físicos e ingenieros del Instituto de Física hay que mencionar al Dr. Jorge Rickards Campbell, quien años después fungió como Secretario Académico del CI y al Ing. Roeland Roos Karlsen, quien también posteriormente formó parte del CI. Los comentarios anteriores permiten comprobar por qué del Instituto de Física surgieron las ideas que se concretaron finalmente en el Acuerdo de Creación del Centro de Instrumentos.

El primer Director del Centro de Instrumentos fue el Fis. Sergio Reyes Luján, quien me designó Secretario Técnico.

El primer proyecto realizado por el Centro fue en el campo de la informática y se trató del censo del equipo científico de todas las facultades, institutos y centros del área de las ciencias físicas, de la

química y de las ingenierías. Dicho trabajo fue coordinado por el Ing. Amado Santiago Bachellé, recién incorporado al Centro como Jefe del Departamento de Mantenimiento.

Las labores administrativas las realizaban el Fis. Sergio Reyes Luján y su secretaria, la Sra. Teresa de la Lanza Zamorano, en un cubículo del 9° piso de la entonces denominada Torre de Ciencias, y en ese mismo cubículo trabajábamos también el Ing. Santiago y yo. Este cubículo fue el primer local de trabajo del Centro; el segundo fue una de las alas de uno de los dos edificios que la UNAM construyó para el Centro de Investigación en Materiales, en tanto se construían los correspondientes edificios del Centro de Instrumentos.

A finales de 1973 se inició la construcción de las instalaciones definitivas del CI y el 30 de enero de 1975, el Dr. Guillermo Soberón Acevedo, Rector de la UNAM, inauguró el edificio principal que constaba de dos pisos con laboratorios y cubículos y otro para alojar los talleres mecánico, electrónico, de carpintería y almacenes de materiales. Por cierto, estos edificios son parte de los que actualmente ocupa el ICAT.

Como ya se dijo, el primer proyecto realizado por el CI fue el de Informática. El segundo y tercer proyectos fueron encargados por la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (la ANUIES) y se trató del diseño y construcción de un Laboratorio de Enseñanza de la Física, para el nivel medio superior (segundo proyecto) y el diseño y construcción de un Laboratorio de Enseñanza de la Física a nivel superior (tercer proyecto).

En el transcurso del año 1974 se realizaron y se terminaron los dos proyectos con sus equipos para realizar los experimentos, así como los textos con las instrucciones para los alumnos y profesores usuarios de los proyectos de enseñanza de la Física. En estos proyectos participaron entre otros: José Luis Pérez Silva<sup>†</sup>, Javier

Sierra Vázquez, Ricardo Ruiz Boullosa, Humberto Sotelo González y Roberto Ortega Martínez<sup>†</sup>.

En el Acuerdo de Creación del Centro se describen las funciones de los departamentos que integraban la entidad. A partir de los conceptos expresados en el Acuerdo, se entiende por qué los departamentos del Centro de Instrumentos, con los que inició su funcionamiento fueron el Departamento de Diseño y Desarrollo, el Departamento de Mantenimiento de Equipo, el Departamento de Asesoría e Información y, finalmente, los Talleres.

Con relación a la calidad del trabajo desarrollado por todo el personal de todos los departamentos y talleres, el Fis. Sergio Reyes y yo mismo decidimos que permanentemente, mes tras mes y año tras año, la calidad debería ser superior a la de las mejores entidades de la UNAM e incluso, calidad superior a la de algunas organizaciones privadas. Gracias a esta decisión, diversas personalidades de la UNAM reconocieron en diversos foros por escrito y verbalmente, que el Centro de Instrumentos se distinguía por la calidad de sus trabajos: Los Rectores de la UNAM, Drs. Guillermo Soberón Acevedo (enero 1973 - enero 1981), Jorge Carpizo McGregor (enero 1985 - enero 1989) y José Sarukhan Kermez (enero 1989 - enero 1997); el Dr. Arcadio Poveda Ricalde (Coordinador de la Investigación Científica); el Dr. Alfredo Laguarda Figueras (Director Fundador del Centro de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, 1973-1981), la Dra. Dra. Silvia Torres de Peimbert (Directora del Instituto de Astronomía) y el Ing. Diego Córdoba Méndez (Director del Instituto de Geología, de 1968 - 1979).

Por cierto, el Dr. Arcadio Poveda, siendo Director del Instituto de Astronomía de la UNAM decidió con el apoyo del Rector Soberón Acevedo, desarrollar un Centro de Investigación en Astronomía en San Pedro Mártir, Baja California (cerca de Ensenada). El proyecto implicó la construcción de varios telescopios, entre los que destacó

uno cuyo espejo reflector es de 2.12 m de diámetro. El Centro de Instrumentos participó en los trabajos de diseño y construcción de la electrónica de control de dicho telescopio. Este proyecto para el CI fue durante varios años, el más importante por mucho con respecto a otros. Intervinieron en su ejecución los académicos M. en C. Javier Sierra Vázquez, M. en C. Jaime Pimentel Henckel y el Fis. Humberto Sotelo González.

Esta colaboración entre el Instituto de Astronomía y el Centro de Instrumentos, en la que por parte del Instituto participó el M. en C. Elfego Ruíz Schneider, abrió un muy amplio camino de mutua colaboración que a su vez abrió la puerta para que se creara el Centro de Investigaciones en Óptica (CIO) en abril de 1980, cuyo primer Director fue el Dr. Daniel Malacara Hernández, quien con su hermano Zacarías Malacara Hernández, Arquímedes Morales y con el Fís. Humberto Sotelo González, quien en ese entonces era personal académico del CI, iniciaron actividades académicas en un laboratorio prestado en el CI, mientras se construían las instalaciones del CIO en León, Guanajuato.

El CIO inició como un proyecto universitario por invitación del Rector Soberón al Dr. Daniel Malacara Hernández, quien en ese entonces laboraba en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), ubicado en Tonantzintla, Puebla. Una corriente gubernamental promovía la descentralización de las actividades científicas nacionales, por lo que surgió la propuesta de iniciar el proyecto en la Cd. de León. Al Gobernador de Guanajuato le entusiasmó el proyecto y prometió un total apoyo.

Se puso en operación un proyecto asociado al CI de la UNAM con presupuesto propio, nómina y espacios. Se incorporan al proyecto Ventura Casselín, Gustavo Rodríguez Zurita, Ricardo Flores Hernández, Leopoldo Ortiz Arcos y Zacarías Malacara, entre otros.

Se adquiere equipo óptico con la mira a usarse como equipo seminal, así como un conjunto de aproximadamente 1500 libros, máquinas pulidoras y generadoras para fabricación óptica, tornos y cepillo, mesas holográficas y una potente computadora.

Entonces, el Rector Soberón propuso la creación de varios centros de investigación que ya no fueran centros universitarios, sino centros desconcentrados dependientes de un órgano de gobierno formado por la UNAM, el CONACyT, el Gobierno del Estado y la universidad estatal. En el caso del propuesto Centro de Investigación en Óptica, la Universidad de Guanajuato no apoyó la creación del Centro, por lo cual se decidió prescindir de la participación de la UG en el proceso de fundación e incluir en su lugar al Municipio de León.

Mientras tanto, los trabajos continuaban en la UNAM. Los participantes se dedicaban a hacer las compras de equipo y materiales para iniciar las labores de investigación sin esperar a la constitución oficial. Algunos equipos, como la computadora y las máquinas pulidoras fueron almacenados en espera de su traslado a la sede definitiva. Algún equipo menor fue desempacado, pues era necesario mantener la producción científica para justificar el proyecto. Las reuniones de trabajo para planeación y revisión de avance se efectuaban cada semana. Asimismo, otras reuniones de carácter académico se realizaban periódicamente. La presencia del grupo se manifestaba a través de los cursos impartidos en la Facultad de Ciencias, la participación en congresos y la participación en las actividades académicas de las instituciones huésped: el Instituto de Astronomía y el Centro de Instrumentos de la UNAM. Como Director del CI, ofrecí que la unidad de diseño gráfico del CI le diera forma final a la propuesta del Dr. Malacara del logotipo e imprimiera los primeros bloques de papelería del naciente centro.

Finalmente, el 18 de abril de 1980 se protocolizó ante Notario Público la asociación civil denominada Centro de Investigaciones en Óptica, A. C. y el 21 de abril se firmó el convenio constitutivo del CIO, en el Palacio de Gobierno del Estado de Guanajuato.

Otro desarrollo notable y valioso del CI ha sido el Laboratorio de Acústica, encabezado desde su creación y durante largos años, por el ahora Dr. Ricardo Ruíz Boullosa, Laboratorio que se ha destacado por sus trabajos y aportaciones a lo largo de los años.

Gracias al gran apoyo que el Dr. Soberón le otorgó al CI, esta entidad recibió excelentes y amplias instalaciones en cuestión de cubículos, laboratorios, talleres (mecánico, electrónico, eléctrico) y oficinas administrativas. El resultado de estos apoyos se sumó al gran entusiasmo de todo el personal del Centro, que en su mayoría era joven. Debido a lo anterior, la Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Educación Superior (ANUIES) le solicitó al Centro la elaboración de un estudio del equipamiento científico-técnico de todas las entidades que integraban la UNAM, es decir, todas las



Firma del convenio constitutivo del Centro de Investigaciones en Óptica, en el Palacio de Gobierno de Guanajuato, el 21 de abril de 1980 (Gaceta UNAM). En el centro a la derecha se observa al Rector de la UNAM, Dr. Guillermo Soberón Acevedo, y al Lic. Enrique Velazco Ibarra, Gobernador del Estado de Guanajuato y quien había sido Secretario General de la UNAM. En el lado izquierdo se encuentra el Ing. Héctor del Castillo González, Director del CI

escuelas, facultades, institutos y centros de investigación científica y humanística, así como las preparatorias y colegios de ciencias y humanidades. Se trató de la realización de un inventario de todo el equipo de la UNAM (INVENTARIO 78).

Es en estos años de trabajo del CI que el Departamento de Diseño y Desarrollo y los talleres de electrónica y mecánica, desarrollaron dos modelos de láser de helio-neón para la enseñanza en Ciencias e Ingeniería. Se llegaron a producir varios centenares de estos láseres, que fueron usados en escuelas y facultades de la UNAM y en otras universidades también.

Además de todos los académicos y autoridades mencionados en los párrafos anteriores, aquí cabe mencionar a: pas. Quím. Clara Alvarado Zamorano, Quím. Josefina Elizalde Torres, Ing. Ernesto Meza, Mtro. Hiram Galván Lecón y Mtro. Roberto Rubí Rubí, entre varios más que fueron y son, con su competencia elevada y su entusiasmo permanente, actores fundamentales de la actividad diaria del CI. Es natural que con el transcurso de los años, la plantilla de personal creció y así como algunos de los académicos y técnicos, e incluso las mismas autoridades, dejaron de colaborar en el Centro de Instrumentos, otros más han ingresado a esta entidad académica.

En los últimos años del segundo período del Rector Guillermo Soberón, se informó que por parte del gobierno de la República era necesario que todo el país tuviera una sola frecuencia en cuanto a la distribución de la energía eléctrica (corriente eléctrica alterna con una frecuencia de 60 c/s). En el Distrito Federal la frecuencia era de 50 c/s. Por lo tanto, todas las instalaciones de la UNAM en la capital tuvieron que hacer el cambio de todos sus equipos eléctricos. Por instrucciones de la Rectoría, el Centro de Instrumentos fue el responsable de coordinar todas las acciones en todas las entidades universitarias, para que pudieran funcionar todos los equipos de las

entidades que consumen corriente eléctrica alterna, con la nueva frecuencia de 60 c/s. Cabe precisar que estas acciones fueron de un grado elevado de precisión y de total uniformidad en el tiempo de ejecución. Estas fueron acciones de alto grado de disciplina por parte de todos los participantes universitarios y de la Comisión Federal de Electricidad, del gobierno de la República.

El Centro de Instrumentos consideró conveniente que para aumentar sustancialmente los ahorros en la compra de equipos para la enseñanza en las Preparatorias y los CCH, y en las Facultades y Escuelas de enseñanza a nivel Licenciatura, Maestría y Doctorado, sería mucho mejor contar con una fábrica de no grandes dimensiones y que siendo manejada desde el CI pudiera producir los equipos desarrollados en el mismo Centro, de tal manera que las cantidades fuesen suficientes para cubrir la demanda de la UNAM y también de otras Universidades e Instituciones de enseñanza a nivel medio superior y superior. Esta pequeña fábrica llegó a funcionar durante dos años únicamente. Su nombre fue INSTRUMENTA de México.

## El placer asociado a un trabajo bien hecho

**Dr. Héctor G. Riveros Rotgé**

*Primer Secretario Académico del Centro de Instrumentos*

**A**ntes de incorporarme al Centro de Instrumentos (CI) como Secretario Académico (1976-1978), fui jefe de los laboratorios de física de la Facultad de Ciencias (1966-1968) cuando el Director era el Dr. Fernando E. Prieto Calderón y coordiné la renovación de los equipos de los laboratorios y el mejoramiento y diseño de los experimentos a sugerir a los profesores. Posteriormente, cuando el doctor Alonso Fernández fundó la Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa, me invitó a elaborar los programas de física del tronco común junto con el doctor García Colín. Esto incluyó desde decidir las instalaciones del interior de los laboratorios hasta los experimentos y demostraciones a realizar.

Uno de los proyectos realizado antes de mi incorporación al CI, fue construir equipo para los experimentos de física del bachillerato. La Sociedad Mexicana de Física patrocinó cursos para profesores de provincia en 1974-75, con estos equipos y los libros de prácticas de Humberto Sotelo (quien laboraba en el CI) y Claudio Guerra, publicados por Edicol y Trillas. Estos cursos, H. Sotelo los describe así “Eran varias cajas de madera enormes donde venía todo el equipo necesario para los experimentos, desde rieles sin fricción, cuba de ondas, cuba electrostática, generador Van de Graaf, etc. Era equipo para formar 6 mesas simultáneas, cada grupo hacía los experimentos sin intervención de nosotros, salvo en dudas. El éxito de estos cursos era que los profesores que los tomaban eran físicos

de universidades de provincia y algunos nunca habían llevado un laboratorio, terminaban muy motivados”.



Generador Van de Graaf

Cuando el Ingeniero Héctor del Castillo me invitó en 1976 a colaborar con él en el puesto de Secretario Académico del CI, acepté con mucho gusto. Empecé por conocer al personal trabajando en los diferentes proyectos que manejaba el Centro, el cual estaba dividido en dos áreas, un área de diseño y construcción de equipos y otra de mantenimiento, a cargo del Secretario Académico y del Secretario Técnico, respectivamente. Esto era necesario para que pudiera conocer los intereses de cada uno y canalizar los problemas al personal más adecuado dentro del CI.

Un diseño comienza por construir un prototipo, que se modifica según se van probando, hasta lograr que funcionen como se espera. Pero los prototipos del Centro de Instrumentos requerían lo que se llama ingeniería de producto; este arte lo ejercitaban José Luis Pérez Silva (q.e.p.d.) y Adrián Oskam Voorduin, para los prototipos que lo requerían. Esto implica desde diseñar el aspecto del equipo hasta las tolerancias de los componentes, que asegurarán que se cumplan las especificaciones. Tolerancias muy estrictas encarecen el producto y poco estrictas pueden causar el rechazo en las pruebas de funcionamiento. Pero dos personas eran pocas para esta labor, y teníamos pocos equipos con la ingeniería correspondiente. Recordemos que había varios fabricantes con equipos equivalentes y la competencia era muy fuerte, en duración, presentación y precio. Agradezco a José Luis y a Adrián lo que compartieron conmigo, lo que resultó en beneficio del Centro de Instrumentos.

Entre los equipos que se puede mencionar se desarrollaron y construyeron en el CI en esa época, podemos mencionar un Quimógrafo y un Manipulador manual de cápsulas radioactivas, así como un Sistema automático de contenedor y dosificador de cápsulas radioactivas, ambos para tratamiento de cáncer uterino.

El funcionamiento de este sistema automático era muy interesante: la consola de operación estaba en otro cuarto del de radiación, se le



Quimógrafo.  
Equipo para graficar  
la respuesta  
de un músculo,  
para experimentos de Biología



Manipulador manual de cápsulas  
radioactivas para tratamiento de cáncer  
uterino. La radioactividad era leve y se  
usaba en tratamientos largos. Para esto  
fue necesario visitar el Hospital General  
en la sala de Oncología

colocaban a la paciente los corpostatos sin las cápsulas, se retiraba el operador y elegía los tiempos de radiación para cada cápsula (eran tiempos en segundos, se trataba de cesio). Al accionar el botón de arranque, tres motores introducían las cápsulas hasta los corpostatos y al terminar el tiempo, las regresaban al contenedor de plomo. Si alguien por error abría la puerta, o si se interrumpía la energía eléctrica, se operaba un botón de emergencia y las cápsulas de inmediato regresaban al contenedor por medio de pesas, por acción de la gravedad.

Del personal del CI, recuerdo especialmente a algunos de sus académicos:

A Ricardo Ruiz Boullosa lo conocí desde que dirigí su tesis de Licenciatura. Fue una grata sorpresa encontrarlo en el Centro de Instrumentos, él me había platicado de su interés en la música y que tuvo que escoger entre ambas carreras. Le sugerí estudiar la construcción de las guitarras, tratando de combinar ambas vocaciones. Con el tiempo sobrepasó mis expectativas y se doctoró en acústica, formando uno de los laboratorios más firmes del ahora ICAT.

A Humberto Sotelo lo vi desarrollar diferentes proyectos, con soluciones originales y muy ingeniosas, con mucho talento para la mecánica. Algunos ejemplos son los pernos para los diafragmas de microscopios y cámaras fotográficas. En el Departamento de Mantenimiento se reparaban cientos de microscopios y requerían pernos. Él diseñó y construyó un dispositivo que podía hacer un perno en un segundo. Cuando le pregunté sobre cuánto tiempo tardaban antes, me contestó: “Creo que varios minutos, es torneado de precisión de varios pasos en la varilla de latón de 1/8 de pulgada (carear, hacer el escalón, cortar, darle la medida de largo), considerando las dimensiones, es muy difícil de manipularla y colocarla en el torno; con este sistema la varilla no se toca, todo se hace en un paso; al retirar la palanca con los buriles, se alimenta

el material a la medida exacta; al empujar la palanca, los buriles cortan el perno anterior, carean y hacen el escalón y al siguiente ciclo se corta. Aquí se ve claro que se le pudo haber adaptado un motor para que trabajara solo, pero la cantidad de pernos requerida no lo ameritaba. Este mecanismo se fijaba en el cabezal del torno solo para darle el giro”.

Javier Sierra dirigía la sección de electrónica del Departamento de Diseño con muy buenos resultados. Tenían diseños didácticos propuestos por investigadores de la UNAM. El éxito de los equipos escolares fue tan grande que saturaron de pedidos al CI. Cuando entré a la Secretaría Académica, había pedidos que tomarían dos años satisfacer. El procedimiento usual era atender cada pedido cuando le llegaba su turno. Lo que hice fue juntar todos los pedidos de cada equipo. Recuerdo los rieles de aire como los más solicitados, eran 70 rieles; decidí mandar hacer 100 rieles, pero utilizar procedimientos de línea de producción en serie, reduciendo el tiempo total de



Sistema automático de contenedor y dosificador de cápsulas radioactivas para tratamiento de cáncer uterino

fabricación. Las piezas se cortaban con moldes logrando piezas iguales permitiendo su intercambio. Mi preocupación era acelerar la fabricación para cumplir los compromisos con la mayor rapidez posible. De cada equipo ordené fabricar unos cuantos más. Si me llegaban posibles compradores, no aceptaban dos años como plazo de entrega. A cambio les ofrecía los que teníamos en bodega aprovechando los que había encargado de más. Los precios de los equipos se habían determinado antes de que yo entrara.

Nuestros equipos estaban en competencia con varias marcas de prestigio, así que los precios debían ser competitivos. Ahora entiendo que se deben calcular los costos reales, costo de los materiales y el salario de los mecánicos y personal involucrado. Es más complicado calcular los costos de la administración que deben repartirse entre las diferentes áreas. La investigación es una inversión a largo plazo que debe apoyarse, el personal formado no puede sustituirse y el país requiere instrumentos para mejorar. Una empresa debe cubrir todos los gastos incluyendo el diseño y elaboración de prototipos, lo cual encarece los productos.

Pero el ICAT no es una empresa, su función es resolver los problemas de la UNAM y el país y la formación de personal especializado en las áreas que se necesiten.

Larga vida al ICAT, México los necesita.

# Algunas reflexiones sobre mi paso por el Centro de Instrumentos

M. en C. Héctor Domínguez Álvarez

*Director del Centro de Instrumentos de 1981 a 1985*

**T**uve la oportunidad y el privilegio de ser el tercer director del Centro de Instrumentos desde su creación. Ocupé este cargo del mes de enero de 1981 al mes de julio de 1985. Fueron dos períodos, del último solo estuve 6 meses en la dirección del Centro, ya que fui designado Coordinador de Planeación, Presupuesto y Estudios Administrativos por el entonces Rector, Dr. Jorge Carpizo McGregor. Al ser designado director, mi plaza de Investigador estaba adscrita al Centro de Materiales (ahora Instituto).



Reunión de trabajo académico en la Unidad de Seminarios "Ignacio Chávez".  
Ing. José de la Herrán, Dr. Fernando Alba Andrade, Dr. Guillermo Aguilar Sahagún,  
M. en C. Héctor Domínguez, Dr. Jaime Martuschelli,  
persona sin identificar, Ing. Amado Santiago

Las directrices que orientaron mi trabajo en la dirección del Centro fueron las mismas con las que se creó años atrás: a) dar mantenimiento preventivo y correctivo a equipo e instrumental de institutos y centros de investigación, así como de facultades y escuelas; b) diseñar equipos que fueran requeridos por alguna dependencia de investigación de la UNAM, de acuerdo a las posibilidades del centro, y c) diseñar y construir equipo de laboratorio para fortalecer la docencia, principalmente a nivel medio superior.

Para cumplir sus funciones sustantivas, el Centro de Instrumentos estaba organizado en tres departamentos y un taller:

- ◆ El Departamento de Mantenimiento estaba integrado por tres secciones: Óptica, Electromecánica y Electrónica. En estas secciones se atendían microscopios ópticos, balanzas, microtomos, autoclaves, ultracentrífugas, ultra congeladores, cuartos fríos, equipos de rayos X, proyectores de diapositivas y equipo electrónico de diversa naturaleza. Al término de mi gestión empezó a atenderse computadoras.

- ◆ En el Departamento de Diseño se trabajó en proyectos muy específicos, entre los que destacan una microcomputadora para el registro y procesamiento de datos, un concentrador de terminales para computadoras, un fermentador para el Instituto de Investigaciones Biomédicas, un germinador de semillas a solicitud del Instituto de Biología y una microcomputadora para la docencia.



El Sr. Roberto Rubí en la Sección de Mantenimiento de Óptica y Mecánica de Precisión



Concentrador para la red de teleproceso

♦ En el Departamento de Enseñanza Experimental de las Ciencias, creado a mi llegada a la dirección del Centro, se elaboraron diversos prototipos para los laboratorios de física a nivel de bachillerato, como rieles de aire y cubas de ondas. Designé jefe del departamento al M. en C. José Luis Pérez Silva.

♦ En el Taller se construían los prototipos que se generaban en los departamentos de Diseño y de Enseñanza Experimental de las Ciencias.



El Mtro. Montoya y Juan Arenas en el taller mecánico

Dentro de los proyectos más relevantes que se realizaron en mi gestión, destacan:

- El Laboratorio de Metrología Dimensional, único en su género en aquel entonces a nivel nacional.
- El diseño y construcción de telescopios para universidades, como el que se construyó en 1981 para el Observatorio Astronómico de

las Ánimas, en Chapa de Mota, Estado de México, de la Sociedad Astronómica de México.



Telescopio Géminis, con espejo de 60 cm de diámetro

- Un prototipo de voltímetro digital que se transfirió a una empresa particular.
- Un prototipo de auxiliar auditivo que se probó con gran éxito en el Instituto de la Comunicación Humana de la Secretaría de Salud.
- Cursos de laboratorio de física que se ofrecieron a varios grupos de profesores de bachillerato de la UNAM.
- La creación de un importante laboratorio de acústica que incluía varias cámaras (anecoica, reverberante y de transmisión). Recuerdo que fue durante mi gestión como director, que al regresar Ricardo Ruiz Boullosa de la Universidad de Southampton, Inglaterra, donde cursó su maestría, me solicitó se tramitase su cambio a investigador, a partir de lo cual se dio la oportunidad de que posteriormente numerosos técnicos académicos del CI pidieran su cambio a la

figura de investigador y se incorporasen nuevos académicos, con la posibilidad de incorporarlos con la categoría de investigadores, considerando su posgrado y el tipo de labor académica que realizarían. Así, Ricardo fue el primer técnico académico del CI que se convirtió en investigador, dado que todos los académicos eran contratados en el Centro bajo la figura de técnico académico. El Dr. Arturo Noyola, que laboró años antes durante un corto período en el Centro, ingresó ya como investigador proveniente de otra dependencia. De esta forma se abrió la posibilidad de contar con investigadores en el Centro, además de los Técnicos Académicos que fue la figura con la que se creó.

Cabe mencionar el proyecto que se realizó por encargo de la SEP para mejorar la enseñanza de las ciencias, en particular la física a nivel primaria. Este proyecto se inició con una revisión de los textos gratuitos de 3° a 6° grado de primaria, a fin de identificar los contenidos de ciencia, específicamente en física, a fin de proponer experimentos que complementaran y enriquecieran su enseñanza-aprendizaje. En varios casos se diseñaron y construyeron equipos sencillos que pudieran manejar tanto profesores como alumnos. Terminado este proyecto, se presentó personalmente al Lic. Jesús Reyes Heróles, en aquel entonces Secretario de Educación Pública, quién quedó muy satisfecho y entusiasmado con los equipos y experimentos. De hecho, dio la orden de reproducir masivamente estos equipos en varios centenares, a fin de realizar una prueba piloto a nivel nacional. Lamentablemente, el Lic. Reyes Heróles falleció semanas después y su sucesor canceló el proyecto. Finalmente, años después, estos prototipos fueron transferidos a una empresa editorial (Fernández Editores) a fin de que los comercializara.

Por último, quiero destacar que durante mi gestión se integró la comunidad de académicos y trabajadores del Centro, con respeto, reconocimiento y estimación mutua.



El Laboratorio de Acústica

# Sobre los inicios del Centro de Instrumentos<sup>1</sup>

M. en C. José Luis Pérez Silva<sup>†</sup>

**E**ste Centro nace de una idea del Dr. Fernando Alba con respecto a lo siguiente: “no tenemos por qué comprar lo que podemos hacer”, suena simple, pero es bastante profundo, creo yo. Esto fue cambiando por supuesto, pero el plan original era ése, hagamos lo que podamos hacer, de hecho en el fondo lo que quería don Fernando era que pudieran llegar a hacerse hasta reactores nucleares, para producir la energía del país, con esa idea él genera el Centro de Instrumentos.

Su idea fue difícil porque cómo le íbamos a llamar instrumentación o qué, hasta que definitivamente Checho [Sergio Reyes Luján] dijo: Bueno, llamémonos Instrumentos, porque es lo que vamos a hacer, y así nació con la idea de hacer instrumentos, después, repito, todo cambia, don Fernando así lo planeó, así lo ideó, y entonces, cuando el Centro ya ocupó la planta baja del edificio de Materiales, nos dieron nuestro primer proyecto.

Cuando pisé por primera vez la oficina de Sergio Reyes Luján, lo primero que me dijo es: “...junto con nosotros van a hacer una nueva cosa en la Universidad, y la está creando el Rector, y esa cosa se llama CCH, y tienes un solo problema, consigue la gente porque necesitamos hacer el equipo del colegio; todo hay que hacerlo, porque así lo indica también el Coordinador, el Coordinador era Don Fernando y entonces no nos quedó de otra, había que empezar

a planear qué hacer, y lo que le responsabilizaron al Centro fue fundamentalmente la parte de Física. Entonces, a la primera persona que yo mandé llamar para presentársela a Sergio Reyes Luján fue el físico Javier Sierra Vázquez, que estaba en el Instituto de Física en su momento, y con ello creamos el primer grupo, después llegó Humberto Sotelo, que se empleó en la parte de mecánica. Y creamos equipos que iban a usarse en los laboratorios del Colegio de Ciencias y Humanidades, cosa harto interesante como proyecto y harto beneficioso. Además muy orgulloso, lo sigo diciendo, de los muchos equipos que diseñamos y que produjimos.

Este Centro nació para hacer, aunque después cambió, fíjense bien, hacer cosas, es algo invaluable que cambió, quién es el culpable de todo esto: un cuate mío muy querido, muy estimado, llamado Claudio Firmani que decía “para qué lo haces si lo puedes comprar”, ¡Ah!, menos el Mepsicrón, ya que ahí sí me puso a romperme el alma para sacar su Mepsicrón, un detector para instalarse en el telescopio de 2.12 m, en San Pedro Mártir, en Baja California; menos los cohetes, que nunca salieron, menos un satélite, que nunca funcionó, lo único que funcionó fue el Mepsicrón, ese sí funcionó; a final de cuentas

<sup>1</sup> Texto transcrito por Clara Alvarado Zamorano del Conversatorio “Origen y evolución del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico”, efectuado el jueves 15 de diciembre de 2016, en el Auditorio del CCADET.

nos funcionó a los cuatro, Arturo Nogueira, Gerardo, un servidor, y una muchacha, Giselle Hernández Caballero, que nos ayudó con el *software*, ese sí funcionó; fíjense, el Centro nació para hacer y se mantuvo haciendo, y sigue haciendo.

“Por qué voy a comprar lo que puedo hacer”, esas palabras a mí me marcaron hace 45 años y lo siguen haciendo. El Centro nació para eso, con nombre Centro de Instrumentos, con su primer director Sergio Reyes Luján; había gente para mantenimiento, sí, su primer Secretario Técnico y Jefe de Mantenimiento, Amado Santiago Bachellé. El Centro ha sido la cuna de muchas cosas, aunque no lo quieran creer.

Un día, siendo director Héctor del Castillo González, de repente Amado Santiago, me acuerdo muy bien, fue a mi cubículo después de pasar con Clara, pasó a mi cubículo, con Javier Sierra, muy triste porque le habían dicho que ya no era Secretario, sino nada más Jefe de Mantenimiento y, de repente, nos presenta a otro amigo mío, porque había yo trabajado con él, y quien hasta en algún momento iba a dirigir mi tesis, era Jorge Rickards Campbell, y llega y nos lo presentan como el nuevo Secretario del Centro, ¡Oh!, yo le pregunté a Jorge: Oye Jorge, y ¿por qué?, tú estabas en el Instituto, qué diablos vienes a hacer aquí, tú no sabes hacer cosas, en concreto, y me dijo no, pero lo que quiero es aprender y quiero también aprender toda la parte académico-administrativa; ¡Increíble!, menos de seis meses después era el Director del Centro de Investigación de Materiales, y como esa les contaré muchas.

El Centro, en su grupo de diseño, y con Checho de Director, tenía muchas, muchas, ideas, estábamos haciendo muchas cosas y un día mandó llamar al maestro Hiram Galván, a Javier Sierra Vázquez y a un humilde servidor a su oficina, en el edificio de Materiales, para decirnos que estaba muy molesto con nosotros porque no hacíamos

una caja para equipo que valiese la pena, y nos amenazó, nos dijo: Miren, si yo no tengo una caja en corto tiempo, les voy a traer un arquitecto, pasó el tiempo, le enseñamos una caja que al parecer de nosotros era muy bonita, y nos dijo, sí y ¿cómo le van a poner los letreros?

Al día siguiente nos volvió a llamar y entra un tío, lo recuerdo muy bien, güero, alto, y pues resulta que nos presenta al “arquitecto” Adrián Oskam Voorduin. Bueno, Adrián no era arquitecto, era diseñador industrial y un buen corredor de coches, terminamos siendo muy buenos amigos y con él tuve que hacer muchas cosas, pero como todo, pues terminan las cosas. Y así inició el Centro, sí, inició haciendo cosas, produciendo cosas, y era increíble como lo hacíamos en un tallercito, que era de hecho un pequeño laboratorio de materiales, con unos chavos muy jóvenes que habíamos buscado en las escuelas técnicas. Y quien tuvo que enseñarlo todo, sí, todo, todo, desde poder afilar un buril, hasta manejar el torno que no sabían, fue nuestro querido maestro Hiram Galván. Sí, él fue el *alma mater* de todo lo que era producción y manejo del taller mecánico en el Centro de Instrumentos, y parte del centro es él, por eso el taller mecánico se llamó después, por una idea de Ramón Díaz Nava y Vázquez Mellado, Taller Mecánico Maestro Hiram Galván Lecón. Todos los mecánicos aquí aprendieron de él.

La primera vez que cobramos, estaba como secretaria de Checho Reyes, la más excelente de las secretarias que yo creo haber podido ver en mi vida, Doña Teresa de la Lanza, media hermana de Clara Alvarado, era increíble esa mujer, en serio, eso aunque lo platique uno nadie va creer de lo que era capaz de hacer simultáneamente, contestar el teléfono, escribir a máquina y regañar a Checho. Un día, de repente me dice: Oye, Pepe, como que algo está mal con el maestro Reyes, porque tú y Sierra cobran menos que los mecánicos, entonces me enseñó los cheques, porque además era la que pagaba,

ella llevaba la administración, entonces entramos muy enojados Javier Sierra y yo a ver a Sergio Reyes Luján y le dijimos: Oiga, como que no se vale que los que se supone que llevamos la batuta, sea que ganemos menos que el carpintero. Él me dijo: el carpintero sabe hacer muebles ¿y tú? La gran verdad es que Checho era muy duro, con él no se jugaba, Checho Reyes era duro y duro en serio, sí, bueno, tan duro que gracias a él este Centro pasó a ser lo que era.

Bueno, cuando terminamos de hacer todo el equipo que habíamos diseñado para el Colegio de Ciencias y Humanidades, el entonces Rector, ¿El Dr. Soberón? nos mandó llamar para decirnos que no podía ser que el Centro pudiera tener todos sus talleres ocupados en seguir produce y produce equipo, porque además del Colegio empezaron a producirse también para las escuelas preparatorias.

Entonces nos hizo pensar en que podíamos crear una empresa, una empresa que fuera descentralizada de la UNAM, pero manejada por la UNAM, esta empresa se llamó Instrumenta de México, A.C., llegamos ya Adrián Oskam y a un servidor nos responsabilizó Héctor del Castillo de generar la producción en Instrumenta de México. Él nos manifestó: ustedes van a hacer lo que quieran, siempre y cuando no sobrepase los recursos que tenemos, y entonces nos llevaron ahí por Camino Real de Xochimilco, a una vieja granja, que era una fábrica de huevos de Veterinaria, y ya estaba abandonada, ya tenía como 5 ó 6 años de que la habían abandonado porque los ruidos y la carretera, y las calles y las fábricas alrededor que fueron creciendo a posterior, no permitían que las gallinas estuvieran tranquilas. Entramos y lo que nos encontramos fueron seis gallineros totalmente destrozados, un refrigerador, un congelador y las oficinas. El Ing. del Castillo nos dijo: Bueno, aquí está, esto es lo que hay, hagan lo que puedan, entonces nos dedicamos a armar, recuperamos tres de los gallineros. El primero era para el taller, luego el de ensamble electrónico y el que le seguía era ensamble

mecánico. Así, se producía en el taller, pasaba a ensamblado y luego a control de calidad.

Se formalizó, se metió dinero, se hicieron o se compraron las máquinas para la producción mecánica y para la parte de electrónica y, por fin, el Rector después de como 10 cuadros de producción completos nos aceptó uno que para él era el más importante, resultó el famoso Riel sin fricción, el Riel sin Canal. Pero en electrónica había generadores de funciones, fuentes de poder reguladas de alta y baja potencia, y otras cosas, y después un termómetro digital y un cronómetro, que fueron de los primeros en México, sin botones lo tocabas y se echaba a andar, tal era el dispositivo.

Compramos entonces la primera inyectora que tuvo la Universidad, estaba en el Taller Mecánico, ya no existe, y ahí se hicieron todas las cajitas de plástico para la producción de Instrumenta de México y se echó a andar Instrumenta de México, y todo el lote de producción que nos responsabilizaron hacer se hizo. Para variar, Instrumenta como todo tuvo sus altas y bajas, nombraron un ingeniero, yo no sé de dónde salió, pero salió, como gerente de producción y a una contadora, bastante guapa por cierto.

Un día me mandó a llamar Héctor del Castillo y me dice: Oye Pepe, necesito que vayas porque yo veo que se está retrasando mucho la producción de equipo electrónico, quiero que vayas a ver qué pasa. En aquel entonces Motorola había cerrado una planta, y nosotros habíamos logrado recapturar a tres de las mejores ensambladoras de esa planta de Motorola; llego yo y me encuentro a las pobres mujeres ensambladoras que estaban desconectando los resistores, los quitaban, les daban la vuelta y los volvían a meter, y lo volvían a soldar, de 500 equipos, donde todos tienen un chorro de resistores. Entonces le digo a la jefa, oye, ¿qué están haciendo?, y me dice, estamos dándole la vuelta a las resistencias que están al revés, y

yo le pregunto, pero por qué, porque no están como su prototipo. Ella nos dice: El ingeniero nos dijo que estaban mal puestas. Eso le costó a Instrumenta cerca de seis meses, y no es lo peor, lo peor es que hasta seis meses después se dieron cuenta. Entonces fue cuando Héctor del Castillo nos obligó a que tanto Adrián Oskam como yo tuviéramos la responsabilidad de Instrumenta de México, pero eso sí, el gerente nunca se fue, ¿no?, para variar en este país, el que la regó nunca se fue, pero Instrumenta produjo.

Cuando se terminó el lote de producción de Instrumenta de México, el entonces director del Centro, Héctor Domínguez Álvarez, se opuso totalmente a seguir con la idea de Instrumenta, y así sencillamente se acabó Instrumenta de México.

Llegaron de Proveeduría, cargaron con todos los equipos, todo lo que estaba en Instrumenta, fuera de lo que ya se había entregado a los Colegios y a las Prepas, y aunque no lo crean después podía conseguir uno una fuente o un generador en República del Salvador, a precios muy cómodos, y en eso terminó Instrumenta de México, A.C. Políticas internas destrozaron un gran logro de esta Universidad, Instrumenta pudo haber crecido, pudo haber ganado mucho dinero, en el sentido de aquello que la UNAM se estaba ahorrando, pues la compra de equipo importado lo estaban sustituyendo a un costo menor, con Instrumenta de México. La verdad, Instrumenta costó mucho trabajo, mucho trabajo honestamente, horas y horas y horas, trabajo del taller mecánico, trabajo del laboratorio de electrónica, trabajo de ingeniería de producto, trabajo de planeación, hasta los empaques, todo lo diseñamos en el Centro de Instrumentos, bueno y que después de producir y entregar y todo la cerraran. El argumento institucional fue que se metió el sindicato, pero el sindicato no podía meterse en una asociación civil por amor de Dios, bueno, el argumento institucional fue que intervino el sindicato y por eso tuvieron que cerrarla.

La salida de Arturo Noyola fue antes de que Ricardo Ruiz regresara de Inglaterra. Con respecto a los ópticos, yo nunca supe en concreto si habían sido contratados por el Centro o no, era el grupo de Daniel Malacara, el Centro no tenía plazas, estaban contratados directamente por la UNAM. Nosotros les dimos el espacio, el grupo de Daniel era absolutamente independiente del CCADET, del Centro de Instrumentos en ese momento. El CCADET lo que hace es prestarle instalaciones, y aquí se instalaron. Que yo recuerde, nunca fueron personal académico del Centro, pero Humberto Sotelo lo era, y se fue a León con ellos, pero el Centro de Investigaciones en Óptica (CIO) nació aquí, fuimos nosotros los que le dimos pie a Daniel, en Astronomía no lo aceptaron.

Daniel era el Dios de la óptica en aquel momento, y como siempre el Centro ha sido caja abierta a todo mundo, hay que reconocerlo, este Centro ha sido el generador de muchísimas cosas, no solamente de tecnología, no solamente de instrumentos, ha sido el generador de muchos núcleos humanos que ahora son grandes, así pues, no es un pequeño Centro, es un gran Centro.

# Mi experiencia durante y después del Centro de Instrumentos

Dr. Manuel Álvarez-Icaza

## Contacto Inicial

**S**i la memoria no me falla, el primer contacto con el Centro de Instrumentos (CI) fue cuando estudiaba la licenciatura en Física, en la Facultad de Ciencias, al tomar una materia optativa sobre el tema de Circuitos Eléctricos. La clase era impartida por el profesor Javier Sierra Vázquez, que ya era parte del Centro de Instrumentos.

A través de Javier conocí a Elfego Ruiz, quien eventualmente nos dio clase de Electrónica 1 como parte de la carrera de Física. Elfego trabajaba en ese entonces en un gran proyecto entre el Instituto de Astronomía y el Centro de Instrumentos, la construcción de un telescopio de 2 m de diámetro, para el Observatorio de San Pedro Mártir. Como estudiantes de licenciatura, proyectos como éste nos parecían impresionantes e importantes.

De un grupo de seis amigos que estudiábamos juntos, cinco empezamos a pasar mas y mas tiempo con el grupo de Electrónica en Astronomía y el CI. Eventualmente, tres de este grupo, Arturo Gamboa, Salvador Cuevas y Armando Solar realizaron su tesis en el Instituto de Astronomía y Gerardo Ávila y yo lo hicimos en el CI. El sexto del grupo, Fernando Alfaro, siguió por el camino de la Biofísica.

Durante esta etapa inicial, Manuel Estévez y Jaime Pimentel llegaron al CI; Manuel después de obtener su maestría en la Universidad de California, en Santa Bárbara y Jaime que pasó un tiempo en Ensenada. Manuel trajo con él un nuevo dispositivo, un micro-controlador (Motorola 6800), con el cual quedamos totalmente impresionados y nos confirmó, al grupo de cinco amigos, las posibilidades para el futuro de la instrumentación electrónica. Jaime Pimentel, por otro lado, nos dio clase de Electrónica 2 y su mensaje fue hacernos pensar en la Electrónica, pero sin olvidar los fundamentos de la Física.

Mi tesis fue sobre transmisión de información usando un láser, no de estado sólido como ahora es muy común, sino un láser de gas He-Ne (Helio-Neón). Javier Sierra me dirigió la tesis y conté con todo el apoyo tanto de él como de todo el CI.

## Mi primer empleo

Sin recordar detalles, al graduarme de físico, me incorporé al Centro de Instrumentos como Técnico Académico. Recuerdo, en general, trabajar en proyectos para la educación y la investigación, pero de particular importancia, recuerdo que junto con Jaime Pimentel, nos

interesamos en el área de la instrumentación para fermentaciones. Fuimos motivados por el entusiasmo del Dr. Rodolfo Quintero, investigador entonces del Instituto de Investigaciones Biomédicas.

### ***Mi primera salida***

Tratando de moverme hacia una posición mas de frontera en el área de fermentaciones, pronto me di cuenta de la necesidad de ampliar mis conocimientos para su control. Solicité asistir en el Instituto Tecnológico de Massachsetts (MIT) al Departamento de Aeronáutica y Astronáutica, en el área de Instrumentación, Guiado y Control, con la intención de adquirir conocimientos que me permitieran especializarme en el control de fermentaciones.

Después de seguir los cursos requeridos, contacté a Charles Cooney, del Departamento de Ingeniería Química y reconocido experto en el área de Biotecnología, sobre todo en procesos de fermentación. Realicé mi tesis de maestría en su laboratorio; durante su desarrollo entendí lo importante que es para controlar una fermentación, medir y controlar variables como temperatura, pH y nivel de oxígeno disuelto, comúnmente controladas en la mayor parte de los fermentadores comerciales en ese tiempo. Sin embargo, una vez controlados estos parámetros y relativamente fáciles de medir, lo mas importante es controlar el nivel de glucosa y saber la cantidad de biomasa en el fermentador. Ninguna de estas dos variables es fácil de medir, especialmente debido a las condiciones tan agresivas requeridas en la fermentación. El conocimiento de la cantidad de glucosa es particularmente importante, porque si es demasiado baja los microorganismos o mueren o no se reproducen; si es demasiado alta, tampoco se reproducen por un fenómeno llamado represión metabólica, así que para un buen control es necesario mantener la glucosa a un nivel óptimo.

Esto despertó mi interés en medir glucosa, pero durante el desarrollo de mi tesis para lograr el control y la estimación de la glucosa y de la biomasa usamos modelado matemático, junto con medidas de los nutrientes añadidos al fermentador y análisis de los gases de salida, usando un espectrómetro de masas. Aunque el resultado de esta experiencia fue exitoso, era claro que el tipo de instrumentación y computación requeridos no eran de uso común y que básicamente solo podían estar disponibles en instituciones tales como el MIT.

### ***El regreso al Centro de Instrumentos***

De regreso en México y en el CI, continuó mi interés en el control de fermentaciones y seguí trabajando en esta área, junto con Jaime Pimentel. Personalmente, yo continué mi interés en medición de glucosa por su importancia en las fermentaciones.

Durante esa época, el Dr. Rodolfo Quintero emigró a la Universidad Autónoma Metropolitana y entonces nuestro principal contacto con respecto a fermentaciones fue el Dr. Enrique Galindo, ahora en el Instituto de Biotecnología, en Cuernavaca.

Para medir glucosa, llegamos a producir un prototipo similar a un medidor de *Yellow Springs Instruments* (YSI), que era el instrumento de referencia en esa época. Tanto este instrumento como el nuestro, eran equipos grandes para usarse sobre un banco de trabajo, pero en ese tiempo apareció en Inglaterra un medidor de glucosa en sangre, del tamaño de un bolígrafo y usando tirillas desechables; el fundamento de la tecnología de este nuevo sistema para medir glucosa es el uso de sustancias denominadas mediadores, que funcionan moviendo electrones del centro activo de las enzimas a electrodos. La nueva tecnología en este dispositivo me pareció con potencial de influenciar fuertemente la forma de medir glucosa,

por lo que investigué como aprender acerca de ella. De esta forma, y nuevamente con el apoyo del CI, acabé como estudiante de doctorado en el Instituto Tecnológico de Cranfield (hoy Universidad de Cranfield, Inglaterra).

### **Mi segunda salida**

Durante mi estancia en Cranfield aprendí acerca de mediadores y su uso y, en general, sobre sensores electroquímicos. También, debido a lo compacto y la portabilidad de los nuevos sensores, surgió en mí la inquietud de desarrollar sensores de glucosa implantables para medir continuamente los niveles de glucosa del cuerpo humano. El número y magnitud de obstáculos para obtener un sensor implantable eran enormes, pero era necesario empezar a resolver una por una; por esta razón mi trabajo de investigación, bajo la dirección de Anthony Turner, fue crear un sensor que pudiera medir durante largo tiempo. La solución se basó en el uso de coulometría, una técnica para consumir toda la glucosa de una muestra y cuantificarla por la integral de la corriente generada electroquímicamente durante el consumo. Logramos medir la glucosa de más de 2 000 muestras sin degradar la respuesta del sensor, pero con el problema de que el mediador debía estar en disolución.

Al terminar el doctorado, aunque mis planes siempre habían sido regresar a México, debido a mejores posibilidades de resolver problemas familiares, fue mejor permanecer en Europa y tuve la suerte de tener un ofrecimiento de incorporarme en un postdoctorado en un instituto de investigación del gobierno de Alemania Federal. Esto también abría la posibilidad de continuar estudiando la forma de solucionar el problema de la pérdida de mediadores debido a su solubilidad.

### **El Post-Doctorado**

El instituto era conocido por las siglas GBF (Gesellschaft für Biotechnologische Forschung), en la ciudad de Braunschweig, Baja Sajonia, donde además de mi interés en el movimiento de electrones del sitio activo de enzimas a electrodos, aprendí sobre ensayos inmunológicos y técnicas de fabricación de la industria electrónica para ser usadas en la fabricación de sensores electroquímicos.

Tuve la suerte de que durante mi estancia en el Instituto, en uno de sus departamentos se logró determinar la estructura molecular de la enzima Glucosa-oxidasa, la enzima más utilizada para sensores electroquímicos de glucosa en esa época.

No me fue posible continuar con esta muy interesante línea de investigación, pues mi estancia en Alemania coincidió con la caída del muro de Berlín y la unificación de las dos Alemanias, por lo que los fondos de investigación del gobierno alemán fueron destinados principalmente a Alemania del Este, limitando el crecimiento de los institutos de investigación en Alemania del Oeste. Afortunadamente, el que fuera director del Centro de Biotecnología de Cranfield, me invitó a participar en una nueva empresa de biotecnología (Enviromed), en Inglaterra, por lo que dejé Alemania después del posdoctorado y me dirigí a Inglaterra nuevamente.

## Mi regreso a Gran Bretaña

La llegada a la compañía Enviromed fue muy interesante, no solo desde el punto de vista intelectual, sino también como experiencia laboral. Ahora el mundo académico había quedado atrás y era parte de una pequeña compañía con todas sus peculiaridades, especialmente la responsabilidad en el trabajo, incluyendo muchas áreas y la percepción de la fragilidad financiera.

El principal proyecto era la creación de sensores desechables para la medición de plomo en sangre. Muy interesante no solo por el sensor mismo, sino porque fue mi primer contacto con un producto con la intención de ser comercializado en un área clínica y su fabricación basada en tecnología de impresión de serigrafía.

En esta empresa, participaba también el grupo de personas que hicieron del sensor de glucosa un éxito comercial, lo que me motivó a viajar a Inglaterra. Después de algunos años, este grupo consiguió el apoyo del gobierno escocés para crear una nueva empresa en la ciudad de Inverness, en el norte de Escocia. Tuve la suerte de ser invitado como parte del equipo fundador de esta nueva empresa (*Inverness Medical*).

## Inverness Medical de Johnson & Johnson

Esta empresa tenía el objetivo de crear un sensor electroquímico de glucosa en sangre. Nuestro primer reto fue enfrentarnos a tener el primer sistema de medición en producción, aprobado por la *Food and Drug Administration* (FDA) de Estados Unidos, seis meses después de que la compañía comenzó operaciones en Inverness. El sistema salió al mercado bajo el nombre de *Fast Take* y fue comercializado por *LifeScan*, que era parte del grupo de compañías de Johnson & Johnson.

*Fast Take* fue relativamente exitoso y ayudó a cimentar la relación entre *Inverness Medical* y *LifeScan*, permitiendo que se dieran las condiciones para desarrollar un nuevo sistema de medición más avanzado. Logramos reducir el tiempo de medición a 5 segundos y el tamaño de la muestra de sangre a 1µL. El nuevo sistema se comercializó bajo el nombre de *One Touch Ultra* y resultó un enorme éxito comercial siendo en su tiempo el mejor sistema de medición en el mercado.

Muy importante en este caso, fue no solo que el sistema era lo que se requería en el mercado, sino también fue el entendimiento y el poder de comercialización de *LifeScan* y *Johnson & Johnson*. En los principales mercados de medición de glucosa en sangre, el modelo de negocio consiste en dar el instrumento de medida sin costo y obtener la ganancia con la venta de las tiritas. Así, para entrar en un mercado, primero hay que dar un gran número de instrumentos a riesgo de que la operación no funcione. La entrega inicial de los instrumentos representa una inversión de varios cientos de millones de dólares, esto es un riesgo que solamente organizaciones del tamaño de *Johnson & Johnson* puede realizar. Por esta misma razón, el costo del instrumento es sumamente crítico, pues cada incremento de precio se multiplica por cientos de millones.

Otro aspecto crítico de la operación es la producción de las tiritas de medida, pues es muy diferente obtener un sensor que es sensible a una variable en un laboratorio, como es común en el mundo académico, a producir millones de sensores todos ellos iguales. Adicionalmente, cuando el producto es desechable es sumamente difícil analizar los problemas, pues al usar un sensor para probarlo, se destruye y con ello se destruye la evidencia de por qué era diferente.

Sea como fuera, logramos superar todos los retos técnicos y el éxito comercial del *One Touch Ultra* hizo que *Johnson & Johnson* decidiera

adquirir Inverness Medical, por lo que eventualmente el nombre de la empresa cambio a *LifeScan Scotland*.

Además de la parte técnica, trabajar en una empresa tecnológica de equipo médico trae otras experiencias laborales. Por ejemplo, los aspectos regulatorios en el desarrollo de equipos médicos y la importancia de la propiedad intelectual. Respecto a esto último, es importante notar que el costo de *Inverness Medical* cuando fue adquirido por Johnson & Johnson era de 1,300 millones de dólares, cuando el valor de todo el equipo físico de la compañía era de alrededor de 150 millones de dólares. Siendo esta diferencia el valor del portafolio de patentes de la compañía y el conocimiento y experiencia del personal de la empresa.

El éxito comercial implicó la necesidad de aumentar la eficiencia de la producción, por lo que se cambió a un método de producción continua, similar a los métodos de impresión usados para producir periódicos. Un rollo de material se monta a un extremo de la máquina, pasa por varias estaciones de impresión y secado y se colecta al otro lado de la máquina. Con esto se logró reducción en el costo de producción y aumento en el volumen. Cada lote de producción consistente en dos a cuatro millones de tiritas. En su época de más éxito se llegaron a producir 2 000 millones de tiritas por año, con valor de venta en el mercado de miles de millones de dólares.

Trabajé en esta empresa por 17 años y en 2012 decidí probar nuevas aventuras y trabajar en mis propios proyectos. Así, fundé una compañía con el nombre de *Velofeet*.

### ***Independiente (Velofeet)***

Una de las cosas que aprendí durante los muchos años de medir glucosa en sangre, es que esta medida es sumamente valiosa para pacientes padeciendo diabetes tipo 1 y que les permite calcular sus dosis de insulina y mantener niveles de glucosa cercanos a los normales y también llevar una vida cercana a lo normal, además de evitar la hipoglicemia (bajos niveles de glucosa). Por otro lado, más del 90% de las personas sufriendo problemas de control de su glucosa son de tipo 2, no de tipo 1, así que hay una enorme población en el mundo para la que no contamos con las herramientas adecuadas para ayudarles a controlar, de forma natural, sus niveles de glucosa; en gran parte, lo que requieren es ayuda para manejar su alimentación y, en muchos casos, aumentar la cantidad de actividad física.

El problema de la alimentación es muy complejo y aunque en el pasado se trató de reducir de forma simplista a contar calorías, ahora es claro que no todas las calorías son iguales y que ciertos alimentos tienen más consecuencias que otros en nuestra fisiología, por ejemplo, produciendo mayores picos de insulina o bien mayores efectos a nivel neuronal, creando respuestas semejantes a la adicción.

Entonces queda el aumentar la actividad física, pero aquí también parece que la naturaleza no está a nuestro favor. Los humanos tendemos a tratar de realizar todas nuestras actividades utilizando el menor esfuerzo. Entonces, ¿qué se puede hacer para aumentar la actividad física y utilizar las calorías extra que el medio ambiente actual nos proporciona?

En mi opinión, es necesario encontrar algún tipo de gozo en realizar una actividad física. Con el propósito de hacer la actividad física más placentera y accesible en muchas situaciones, he desarrollado un tipo de vehículo propulsado por su usuario que se aproxima en eficiencia a una bicicleta, pero que es mucho más compacto y ligero. El vehículo es controlado por los movimientos naturales del cuerpo al caminar y correr, dejando las manos libres para realizar otras actividades.

Aunque la idea inicial fue ayudar a personas con problemas metabólicos, conforme los prototipos han evolucionado y se han expuesto en diferentes ambientes, ha resultado claro que tiene múltiples aplicaciones para recuperación después de accidentes u operaciones, para asistir a personas con limitaciones al caminar, por ejemplo, por artritis o problemas de circulación en las piernas, así como actividades recreativas. Actualmente, existe una tercera iteración de prototipo, muy cercano a un prototipo de producción y ahora estoy en la búsqueda de formas de empezar una producción piloto.

### ***Influencia del Centro de Instrumentos en mi vida profesional***

Quiero terminar este documento reflexionando sobre la influencia del CI y su gente en mi vida profesional.

No me queda duda que le tengo una gran deuda a esta institución por el apoyo que siempre me brindó, como estudiante, tesista, profesional recién egresado, estudiante en el extranjero y profesional de regreso en México. En especial mi agradecimiento a sus directores que guiaron al Centro durante el tiempo que estuve, Héctor del Castillo, Héctor Domínguez y Manuel Estévez.

También el Centro me enseñó una forma de pensar y resolver problemas que he llevado conmigo por muchos años. Resolver los problemas técnicos basado en entenderlos lo más profundamente posible y entenderlos basados en principios básicos, pero a veces usar conocimiento empírico para avanzar con mayor eficiencia. Por lo que no me extraña que ahora sea una institución de investigación y ciencia aplicada.

Me abrió los ojos para descubrir el poder de la tecnología para resolver problemas y su potencial para el futuro que ahora vemos por todas partes.

También me enseñó a trabajar en lo abstracto y a trabajar con las manos en el mundo físico y no tener miedo a ensuciarse las manos, así como valorar el trabajo de otros más hábiles en el uso de sus manos y herramientas. Desde que dejé el Centro son tantas las veces que he añorado tener acceso a un taller mecánico como el del Centro y la habilidad de aquellos que han trabajado en él, que no podría contarlas.

Ojalá siga formando gente, creando conocimiento y equipos por muchos años.

# Los orígenes de la Acústica en el Centro de Instrumentos

Dr. Ricardo Ruiz Boullosa

**A**l recibirme en 1972 como Físico en la Facultad de Ciencias de la UNAM, no pensé que mi vida académica futura iba a desarrollarse en el campo de la Acústica. Durante la carrera propiamente no cursé asignaturas específicas de Acústica, únicamente en la de Calor, Ondas y Fluidos tuve un acercamiento inicial al tema. Desde mi niñez, en Coatzacoalcos, me interesaron aspectos relacionados con el sonido, como sentarme en las escolleras a escuchar el viento y el mar, en especial, cuando había “nortes”. Aún recuerdo con emoción mis primeras grabaciones en una pequeña grabadora de cinta magnética que tuve.

Al Centro de Instrumentos (CI), actual ICAT, ingresé en octubre de 1972 después de una plática con su Director, el M. en C. Sergio Reyes Luján, a instancias del Dr. Héctor Riveros Rotgé, con quien desarrollé mi tesis de licenciatura sobre un tema de estado sólido, en el Instituto de Física, en el 9° piso de la entonces denominada Torre de Ciencias, actualmente Torre de Humanidades II y donde nació el CI. Años después, el Dr. Riveros fue Secretario Académico del CI.

Inicialmente fui contratado por tres meses, para elaborar listas de equipo científico para la Universidad, en un proyecto que creo recordar era para donación del equipo por Japón (y creo en parte financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo-BID). Yo

revisaba el nombre, marca, modelo y características de los equipos y analizaba si sus características correspondían con las solicitadas por los investigadores del Subsistema de la Investigación Científica.

En enero de 1973, ya tenía el nombramiento de técnico académico, y entonces junto con José Luis Pérez Silva, Javier Sierra, Humberto Sotelo y Roberto Ortega, iniciamos el área de enseñanza de la Física, con el diseño de equipo didáctico. A partir de 1973 participé en un proyecto de desarrollo de un laboratorio modular de física a nivel licenciatura de la ANUIES; en especial, me encargué del diseño, construcción y prueba del equipo didáctico, así como de la elaboración de las prácticas de Mecánica, Calor y Electricidad (como balanza magnética, mesa rotacional sin fricción, equipo para conductividad térmica, generador de ondas mecánicas y otros), así como de los manuales correspondientes.

Gracias a estas actividades me gustó aún más la experimentación y se arraigó en mí la idea de dedicarme a la investigación, que siempre me atrajo. Alrededor del año 1975 elaboré una mesa de holografía simple, con una caja y arena sobre cámaras de bicicleta. Elaboré unos hologramas (creo de los primeros que se desarrollaron en el CI) y escribí un libro sobre prácticas y demostraciones sencillas usando el láser.

De esa época recuerdo en especial al Ing. Amado Santiago, el Secretario Técnico durante varios años; un personaje en cierta forma pintoresco, pero central en el CI, y quien siempre estuvo al pendiente de forma constante y metódica, de la parte funcional y técnica del Centro.

Mi interés formal en el sonido y, en general, en la Acústica, nació a raíz de que empecé en 1975 a estudiar en la Escuela Nacional de Música, alojada en esa época en el edificio de Mascarones (en Ribera de San Cosme), en la Col. Santa María. Me aceptaron en la Escuela de Iniciación Musical (a pesar de que ya tenía 29 años de edad), en los cursos de composición durante 1975-76. Mi interés nació, en realidad, porque me empecé a preguntar sobre los orígenes físicos del sonido y, en particular, del sonido musical, y por las preguntas frecuentes de mis compañeros de los cursos de música sobre este tema. En ese entonces era Técnico Académico (Asociado B ó C) en el CI.

En 1978 empecé a buscar instituciones en donde realizar algún diplomado, especialización o posgrado en Acústica. Contemplé en primera instancia a Francia, Inglaterra y Estados Unidos. Hubo contactos y finalmente me decidí en 1979 por Inglaterra, y me inscribí en el Institute of Sound & Vibration Research (ISVR), de la Universidad de Southampton, Inglaterra. En principio iba a ser sólo un diplomado, pero al terminarlo solicité una ampliación de la licencia en el CI para realizar la Maestría. Después de terminar la Maestría en Acústica y Vibraciones quise quedarme para el doctorado, pero no hubo mucho apoyo por parte de las autoridades del Centro y regresé a México en 1981, reincorporándome al CI.

Fui de los primeros en el CI en salir a estudiar un posgrado al extranjero, aunque no fue muy bien visto que dejara el trabajo de aquí para irme a estudiar, había cierto ambiente que no era como el actual. En Southampton, mi director de tesis me decía que por qué no me quedaba a realizar el doctorado, pero precisamente yo sentía

que el ambiente no era propicio a apoyarme, ¿cómo te vas a quedar otros cuatro años?, de alguna manera sentí presión y me regresé con una maestría.

Un año después de regresar a México solicité dos cosas al Maestro Héctor Domínguez Álvarez, en ese entonces Director del CI, el cambio a Investigador y poco tiempo después el crear un Grupo de Acústica en el Centro. Recibí de él total disposición y respaldo en ambas solicitudes y así, fui el primer técnico académico del CI al que se le dio el cambio a investigador (en esa época a todos los académicos nos contrataban en el CI como técnicos académicos); unos años antes, el Dr. Arturo Noyola había laborado por poco tiempo en otra área del CI, pero ya ingresó siendo investigador. Me propuse que la gente que se incorporara al Grupo, creado a partir de mi solicitud, se dedicara también a la investigación. Varios años después se creó el Laboratorio de Acústica, ingresando varios estudiantes entre ellos Felipe Orduña, Antonio Pérez López y Rosalba Castañeda; además del entonces Ing. S. Jesús Pérez Ruiz.

A partir de 1982 trabajé junto con el grupo académico en el desarrollo de un proyecto de diseño de un laboratorio de Acústica en forma. En lo particular, desarrollé actividades encaminadas a integrar y desarrollar un Grupo de Acústica Aplicada y, simultáneamente, a determinar, organizar e implementar la infraestructura en instalaciones y equipo. Dentro de las actividades de las que fui responsable destaca el desarrollo de un proyecto (1982) denominado: “Estudio y definición de un Laboratorio de Acústica para el Centro de Instrumentos”, cuyos objetivos fueron determinar la mejor ubicación (en términos de niveles de ruido exteriores, midiéndose las condiciones de ruido en las cercanías del CI, para elegir la zona más adecuada), de las cámaras de medición acústicas y laboratorios asociados, cubículos, bodegas, etc.). Junto con el Ing. S. J. Pérez Ruiz visité las cámaras de acústica del National

Bureau of Standard (NBS), en Washington. A partir de ese estudio se elaboró un anteproyecto de diseño arquitectónico y técnico que incluyó planos completos con laboratorios de apoyo, cubículos, tipo y dimensiones de las cámaras acústicas (anecoica, reverberante y de transmisión), tipo de materiales, requerimientos de aislamiento de ruido y vibraciones, grueso de paredes, etc.

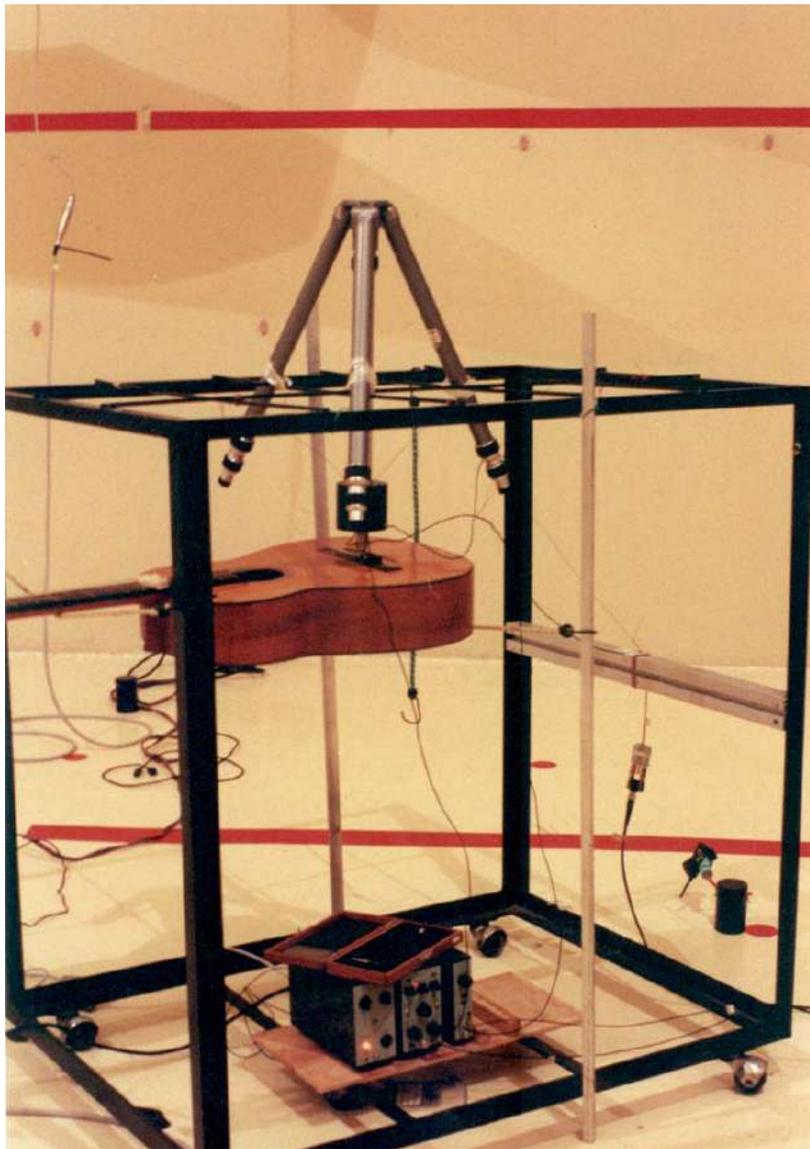
La Dirección General de Obras (DGO), en esa época dirigida por el Arq. Francisco Montellanos, elaboró un proyecto arquitectónico basado en este estudio, que prácticamente fue igual al anteproyecto que se entregó. Entre 1986 y 1988 se construyó el nuevo edificio, anexo al edificio principal del CI. El Director del CI me designó responsable del seguimiento de la obra de construcción, con relación al cumplimiento de los requisitos que incidían en la acústica del laboratorio, teniéndose una estrecha relación con la DGO durante

la realización de la obra. Un edificio propio, independiente de otros en el CI, que se diseñó y construyó con una estructura muy masiva de concreto de doble pared con cimentación elástica, que le confiere muy altos niveles de aislamiento al ruido y a las vibraciones externas.

Al respecto, el ya entonces Director del CI, el M. en C. Manuel Estévez Kubli, en febrero de 1988, al agradecer al Ing. Montellanos la construcción del Laboratorio y solicitarle el reacondicionamiento necesario, expresó: "... en esta época de aguda crisis, el esfuerzo desplegado es mayor, por la optimización de recursos humanos y materiales, necesarios para erigir este tipo de estructuras que son fuera de lo común y cumplen con características técnicas más que arquitectónicas, encontrando su fin en la utilidad de sus laboratorios, los cuales deben ser reacondicionados de acuerdo a un estudio técnico del cual somos responsables,..."



Laboratorio de Acústica y Vibraciones



Mediciones acústicas en la cámara reverberante



Mediciones acústicas en la cámara de transmisión



Mediciones acústicas en la cámara anecoica

En este proyecto participaron todos los miembros del grupo haciendo mediciones de ruido ambiental, diseñando experimentos para medir absorción de materiales que se utilizarían en las cámaras, etc., en un ambiente de camaradería y cooperación entre el personal académico que en aquellos tiempos era muy común, en general, en el Centro. En este proyecto también es de destacar la participación entusiasta del Ing. Roberto Reséndiz Núñez, del área académica de Diseño Mecánico y Construcción de Prototipos, quien se encargó de varias cuestiones técnicas, y participó junto con el grupo en el diseño, construcción y colocación del piso flotante de alambre tensado y de la puerta especial de la cámara anecoica.

En 1987 se creó el Laboratorio de Acústica y Vibraciones, contando ya desde entonces con la infraestructura humana, de equipo y de laboratorios, que lo convirtieron en uno de los más completos que hay en el país y en la mayor parte de Latinoamérica, en términos de infraestructura humana, al igual que los que pertenecen al Centro Nacional de Metrología (CENAM) de la Secretaría de Economía, ubicado en Querétaro.

En 1994 se llevó a cabo una compra relativamente grande de equipo de medición acústica de Dinamarca y E.U., con lo cual se fortaleció el equipamiento del Laboratorio.

Las cámaras se caracterizaron acústicamente durante los años 1997-1998.

Durante el período 1981-1998, en que fungí como Jefe del Grupo de Acústica, los integrantes del mismo publicamos alrededor de 40 artículos indizados en revistas especializadas nacionales e internacionales, tales como *Applied Acoustics* (UK), *Acustica* (Alemania), *Journal of the Acoustical Society of America*, *Applied Physics Letters* (USA), *Japanese Journal of Physics*, *European Journal of Physics*, etc.

Tengo que destacar que el Maestro Antonio Pérez López, durante todos estos años y hasta mi jubilación, trabajó en casi todos los proyectos que realicé, y fue un fuerte y eficiente apoyo técnico, ya fuera en cuestiones electrónicas, mecánicas o de realización de medidas en experimentos.

En ese período, personal tanto de dependencias de la propia UNAM como de otras instituciones públicas y privadas de educación (IPN, UAM, ITESM y otras), del sector salud (principalmente ISSSTE e IMSS) y de la industria (Volkswagen, Chrysler y Carl Zeiss, entre otras), incluso de la Secretaría de Pesca, acudían frecuentemente para la realización de asesorías y servicios (35 asesorías científico-tecnológicas para la caracterización y medición de elementos y materiales acústicos, medición y control de niveles de ruido y vibraciones, acondicionamiento de espacios acústicos y otros). Como producto de estas asesorías y proyectos elaboramos 67 informes técnicos.

Hasta 1998, en que fungí como coordinador de la ya denominada Sección de Acústica Aplicada, las principales líneas de investigación que se abordaron fueron: Control de sonido y vibraciones, y se realizaron proyectos, junto o por el personal académico del grupo, de barras y de resonadores para instrumentos de percusión, síntesis de sonido basada en modelos físicos, caracterización mecánica de barras para instrumentos musicales, control antisísmico de estructuras, control multipolar de campos sonoros estacionarios, control activo de la impedancia acústica, reducción adaptiva de ruido en grabaciones de audio, eficiencia y problemas de afinación en la guitarra clásica, medición de pequeñas amplitudes de vibración con láser, absorción en la cámara reverberante, simulación de recintos, construcción de un almacenador masivo de datos y de un difusor rotatorio, construcción y caracterización de un maniquí para grabaciones estereofónicas de audio; así mismo, experimentos didácticos de acústica y vibraciones a nivel universitario.

El grupo ha trabajado también en colaboración con el Centro Nacional de Metrología (CENAM), instancias de gobierno como Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Procuraduría Ambiental y de Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México (PAOT, CDMX), en asuntos relacionados con el medio ambiente, ruido urbano y acondicionamiento acústico.

En la última década de mi permanencia en el entonces CCADET, desarrollé proyectos con la destacada colaboración del Dr. Arturo Orozco Santillán (actualmente en la Universidad del Sur de Dinamarca), en proyectos de termoacústica y levitación acústica y con el Dr. Pablo Rendón Garrido, sobre esta última área.

Dentro de las acciones que desarrollé durante los 43 años (de 1973 al 2015) que trabajé en el hoy ICAT, disfruté mi actividad como evaluador de varios proyectos apoyados por el CONACYT, destacando entre otros por sus extraordinarios resultados (el desarrollo y construcción de un laboratorio de hidroacústica, una piscina-tanque anecoica muy grande, sonoboyas, y equipo electrónico de sonar, etc.; además de cerca de 20 tesis sobre sensores subacuáticos, desarrolladas por un equipo de estudiantes de los institutos tecnológicos de la SEP del Estado de Veracruz), el proyecto denominado SiViSo (Sistema de Vigilancia Marítima por Sonar), del Instituto de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Armada de México (INIDETAM), en Boca del Río, Veracruz (2013-2018). Es importante mencionar que ya jubilado continúe evaluando este proyecto, a solicitud del CONACYT.

## El Centro de Instrumentos y el terremoto de 1985

Dra. Clara Alvarado Zamorano y M. en P. Jesús Ramírez Ortega

**A**nte la trágica situación que provocó el sismo, con una intensidad de 8.1 grados, a las 7:17 h del jueves 19 de septiembre de 1985, en nuestro país y, en particular, en la Ciudad de México, en el que se ha considerado el mayor desastre en la historia de nuestra ciudad, y la principal réplica acontecida la noche del día siguiente, que también tuvo gran repercusión para la capital al colapsar estructuras debilitadas un día antes, el personal tanto académico como administrativo del Centro de Instrumentos (CI) se sumó activamente a partir de ese mismo día, mediante brigadas, a las labores de ayuda. Gran parte de las acciones se coordinaron con el Centro Médico de CU y diversas dependencias del Subsistema de la Investigación Científica.

Se participó en numerosas y diversas acciones, algunas de las cuales se presentan a continuación:

Se diagnosticó el estado en que se encontraban diversos equipos electrónicos, electromecánicos y ópticos de centros de salud, clínicas y hospitales. En los casos que lo requerían, se reparaban. Así, en el Hospital Darío Fernández del ISSSTE, se revisaron y repararon un analizador de gas en sangre y una ultracentrífuga; se revisó un equipo de ultrasonido en el Hospital Infantil; a petición del Centro Nacional de la Transfusión Sanguínea, se prestaron un refrigerador y dos congeladores que se habían reparado en el Departamento de

Mantenimiento del CI y aún no se entregaban, así mismo se reparó un ultracongelador durante la noche de ese mismo día; se atendió el llamado del Instituto de Química para sellar fugas, hacer vacío y poner refrigerantes en una cámara fría para depositar plasma; una cuadrilla de soldadores especializados en soldadura autógena (que incluyó a técnicos del CI) cortó estructuras metálicas de edificios dañados en la colonia Roma.

En coordinación con el Centro Médico de Ciudad Universitaria se trasladó y acondicionó un tráiler con plasma del Centro Nacional de la Transfusión Sanguínea al Instituto de Fisiología Celular, para la adecuada conservación del plasma.

En la oficina de la Dirección se estableció un centro de comunicación para recabar solicitudes diversas, por ejemplo, de revisión de instalaciones, acción encabezada por el Ing. de la Herrán, quien por cierto inspeccionó el mástil que soportaba las antenas de transmisión en la torre del Canal 2 de televisión, en el edificio de Televisión (actual Televisa), ubicado entre Av. Río de la Loza y Av. Chapultepec.; él mismo, en el Colegio de Ingenieros Civiles coordinó el levantamiento del censo de edificios que se derrumbaron y en peritaje; se inspeccionaron 86 inmuebles en las colonias, Condesa, Roma y Marte, así como en el Primer Cuadro de la ciudad.

También se coordinaban las peticiones de diversos materiales, herramientas, etc. requeridos para atención médica o de salvamento y rescate; así, por ejemplo, si se comunicaban porque se requería una determinada máquina o herramienta, se ubicaba el taller o fábrica que la podía proporcionar; si se requerían antibióticos, jeringas, paquetes de algodón, o material de curación diverso, se ubicaba la farmacia, depósito, etc. que ofrecía donarlo; si se necesitaban bolsas de plasma se solicitaban al Centro Nacional de la Transfusión Sanguínea, ubicado en Tacubaya. Entonces, personal del CI los recogía y entregaba en el hospital, clínica, puesto de socorro, edificio derrumbado o dañado correspondiente. Por cierto, la Presidencia de la República solicitó asesoría para localizar un detector de gases, acción que se llevó a cabo.

Es interesante mencionar que en el Colegio Francés del Pedregal, donde en ese entonces impartíamos clases el M. en C. Javier Sierra Vázquez (del Departamento de Diseño y Desarrollo) y yo, Clara, se recibían donaciones de víveres (agua, café, leche, azúcar, pan, jamón, queso, mayonesa, mostaza, etc.) de vecinos del Pedregal de San Ángel y colonias cercanas, con los cuales profesores, alumnas y novicias preparaban café, tortas y sándwiches, y personal del Centro de Instrumentos (principalmente administrativo), los distribuía en los vehículos del CI y en los suyos propios, entre los socorristas y los vecinos afectados, en los lugares dañados y en los albergues, durante día y noche de alrededor de una semana, principalmente en la zona de la Unidad Nonoalco-Tlatelolco y del Centro Histórico. También transportaban agua destilada y potable a clínicas y hospitales.

El mismo día del terremoto se organizaron brigadas de personal que con los vehículos del Centro y del personal, se abocaron a transportar herramientas, principalmente del taller y del Departamento de Mantenimiento, y colaboraron como rescatistas de personas atrapadas e incluso cadáveres, en las construcciones

colapsadas. Algunos compañeros rescataron heridos y retiraron restos mortales de víctimas del sismo, que luego fueron trasladados al entonces estadio de béisbol del Seguro Social (actualmente el centro comercial Parque Delta), que fue habilitado como anfiteatro, principalmente para aquellos difuntos sin identificar.

En este trágico acontecimiento falleció, tras el derrumbe del Edificio Nuevo León, en la Unidad Nonoalco-Tlatelolco, nuestra compañera Guadalupe Alcántara, “Lupita”, en ese entonces secretaria del Departamento de Mantenimiento.

# Mis recuerdos del Centro de Instrumentos

Ing. Humberto Antonio Castruita Vargas

Ingresé al Centro de Instrumentos (CI) el 15 de agosto de 1974 como especialista a contrato, junto con Jaime Pimentel y Vicente Hernández. Obtuve la plaza de Técnico Académico Asociado A. de T. C. el 16 de noviembre de 1975.

Con el Ing. Amado Santiago Bachellé estuve en contacto para mi ingreso, él era el Secretario Técnico del Centro. Él me entrevistó y a él le entregué la documentación que se me solicitó. Recuerdo que me preguntó varias cosas y luego me dijo: “A ver sus manos”, le mostré las manos por los dos lados, me vio a los ojos y dijo “perfecto”. Otro detalle fue que cuando estaba tramitando su nacionalidad mexicana, me pidió que si lo podía acompañar a unas oficinas para que fuera uno de los testigos que le pedían.

El director del CI era el Ing. Héctor del Castillo González. El jefe de la Unidad Administrativa era Ernesto Patiño, luego fue Carlos Rosado (ex-jugador del equipo de fútbol americano de la UNAM), auxiliados por Mari Tere y Martita.

Ingresé como ayudante del Ing. Amado Santiago en varias actividades. Una de mis funciones principales era colaborar con el taller mecánico en la programación y entrega del equipo didáctico. El jefe del taller mecánico era el Sr. Hiram Galván. Algunos de los trabajadores del taller eran: Mecánicos, Juan Arenas, Valentín,

Gonzalo, Gerardo Arias, Juan García, David Almaraz, Lázaro y otro que no recuerdo; carpintero, era Isidro Embríz; pintor, Leonardo; pailería y soldadura, el Sr. Napoleón Díaz.

El Almacén lo atendía Jaime González y alguien más; en compras estaban Rodolfo Guerrero y Gustavo; en apoyo técnico estaba José Luis Vázquez. Martín Briseño colaboraba en apoyo a la construcción de equipos cuando se requería en la cuestión electrónica. Después en fotografía estuvo Rubén Tobón.

En la parte de dibujo de planos estaban José Juan Corona y Guillermo García. Por la cantidad de trabajo de dibujo se requirió otro dibujante y hubo un candidato, Gabino Cid, que era sordomudo, pero muy buen dibujante. Me pidieron que tratara de hacer la prueba de trabajar con él para ver si nos podíamos entender. Hicimos la prueba un poco a señas y por escrito, porque él sabía leer y escribir, me entendió lo que yo le pedía y mi opinión fue favorable para su contratación. Lo contrataron y resultó ser muy bueno para apoyar los proyectos. De hecho varios de mis proyectos fueron dibujados por él.

La función del taller mecánico era construir el equipo didáctico para las escuelas, también fabricaba diversos equipos que solicitaban dependencias de la UNAM. A veces cuando iba a tratar algo con Hiram Galván al taller mecánico, lo encontraba oyendo un radio

pequeño de onda corta que tenía y escuchaba cuando iban a aterrizar los aviones, sobre todo cuando iba a llegar su hijo que era piloto de aviación. Y se escuchaba: “whisky - tango - ..., 25 izquierda, 25 derecha”, entre la torre y los aviones. A veces, Hiram se quedaba viendo a lo lejos imaginando lo que oía.

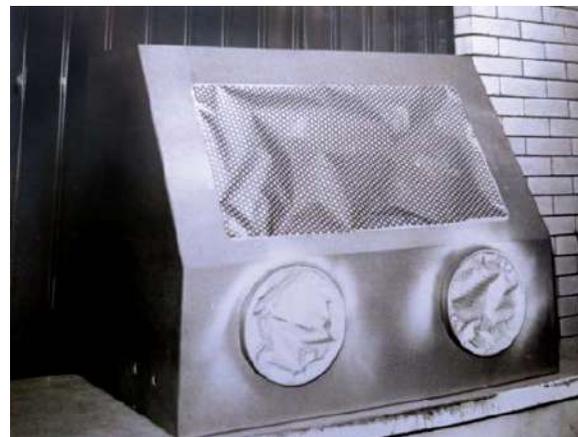
En marzo de 1978 se creó el Departamento de Producción y se me nombró jefe del mismo. Recuerdo que en algún momento la prensa para imprimir títulos de la UNAM se rompió y el Rector dijo que la llevaran al CI porque ahí eran capaces de arreglarla. Yo era el jefe y más o menos se me dijo: “Aquí manda el Rector la prensa para imprimir títulos de la UNAM, que a ver si son capaces de arreglarla”. La prensa era de hierro fundido y así se lo comenté a Napoleón Díaz, para ver si se sentía capaz. Espero que la prensa haya durado mucho tiempo funcionando.

El CI fue el encargado de construir la parte mecánica del telescopio de 2.20 m, destinado al Observatorio de San Pedro Mártir. A mí me tocó como jefe del Departamento de Producción coordinar las actividades de construcción en el taller mecánico. Considero que este proyecto fue muy importante para el CI en su momento. Otro proyecto importante en el que trabajó el Departamento de Producción fue la fabricación de partes del laboratorio de Hexafluoruro de Uranio, proyecto dirigido por José Saniger.

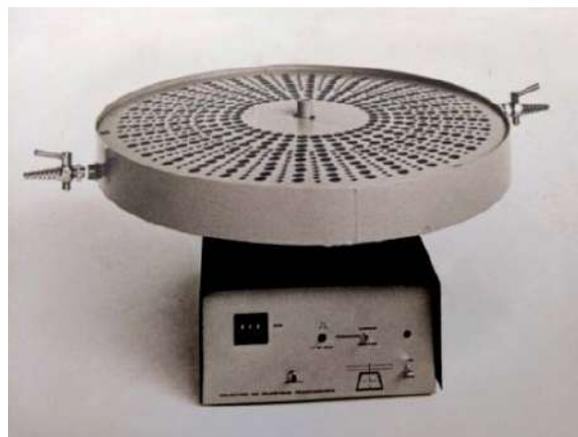
En 1981, hubo cambio de director en el CI y el nuevo director, el M. en C. Héctor Domínguez me informó que no era yo el indicado para seguir siendo jefe del Departamento de Producción, pero yo ya estaba preparado y ya tenía mi lugar apartado en el grupo de Diseño Mecánico. De hecho, inmediatamente ocupé el escritorio de Adolfo Gómez, que había renunciado poco antes al CI. Mi compañero de cubículo fue Alfonso Macías y mis compañeros de Diseño Mecánico eran, además de Alfonso, Gerardo Ruiz, José Sánchez y Rigoberto

Nava. Posteriormente se incorporó Gabriel Ascanio, del cual fui su asesor de tesis de licenciatura y quien al poco tiempo obtuvo la plaza de Técnico Académico. Alberto Pimentel fue designado jefe del Departamento de Producción.

Algunos proyectos de los que fui responsable o en los que colaboré fueron:



Cámara de atmósfera seca (en 1982)

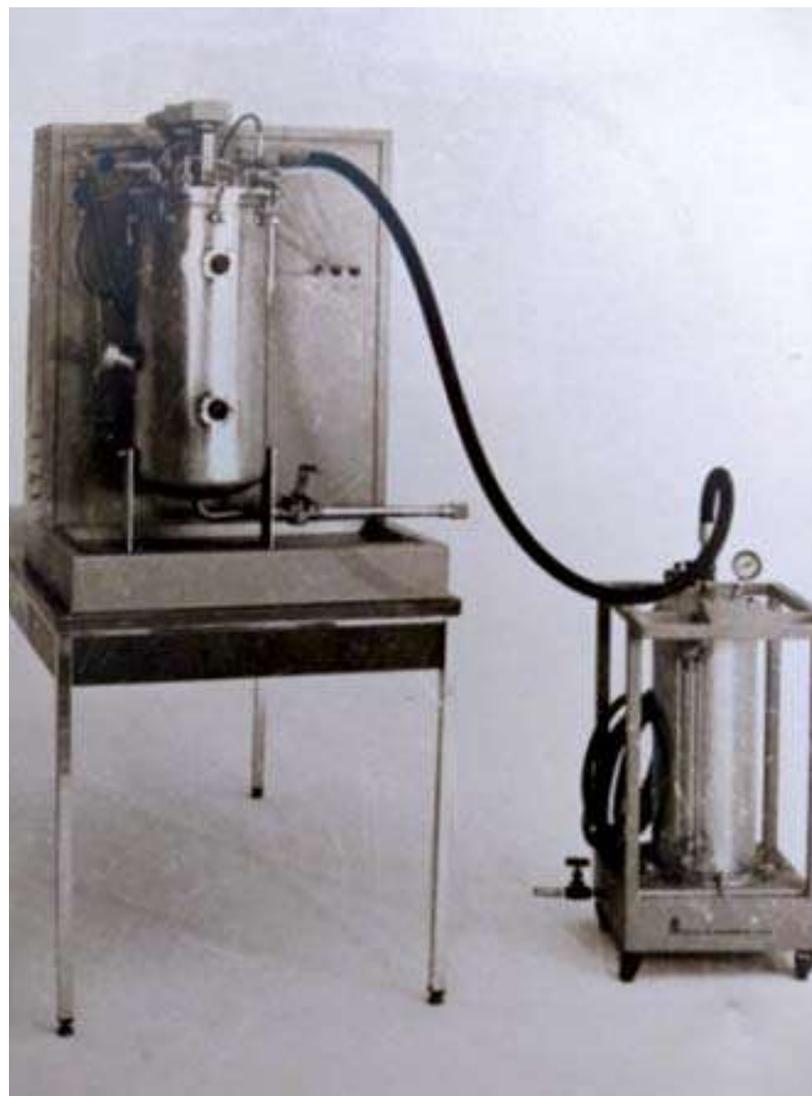


Colector de muestras fraccionarias (en 1982)



Baño enfriador (en 1982)

Cuando llegó el proyecto del fermentador de 25 litros, ocurrió algo muy interesante y trascendental para el CI. El presupuesto del fermentador incluía un pago adicional al personal académico que colaborara. En el proyecto estábamos involucrados Jaime Pimentel, Ramón Díaz Nava, Alfonso Macías, algunos más que no recuerdo, y yo. Pero ninguno estaba de acuerdo en aceptar el pago adicional, porque considerábamos que con nuestro sueldo quedaba pagado. El Director, Héctor Domínguez, insistía en que era nuestro derecho e inclusive hubo pláticas entre él y los involucrados. Se revisó el estatuto de personal académico y demás legislaciones pertinentes y por fin los involucrados aceptamos el pago. Cualquiera se reiría de los involucrados, pero así sucedió. A partir de esta situación varios recibimos pagos adicionales por proyectos financiados.

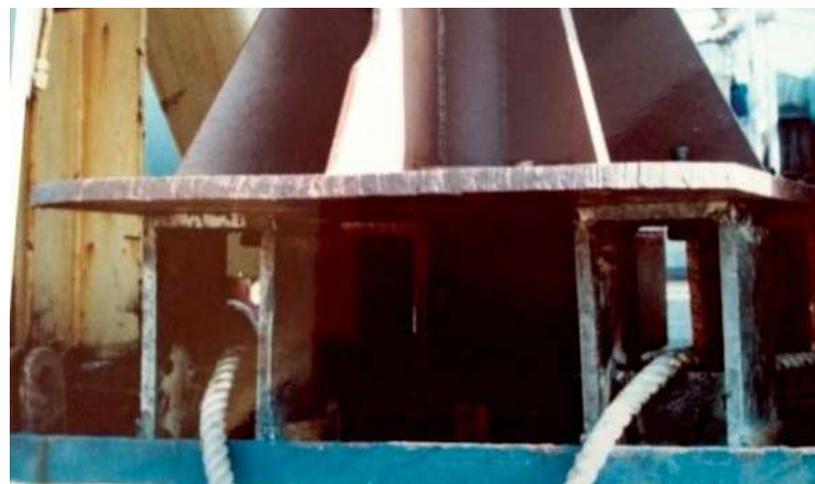


Fermentador de 25 litros (1981)

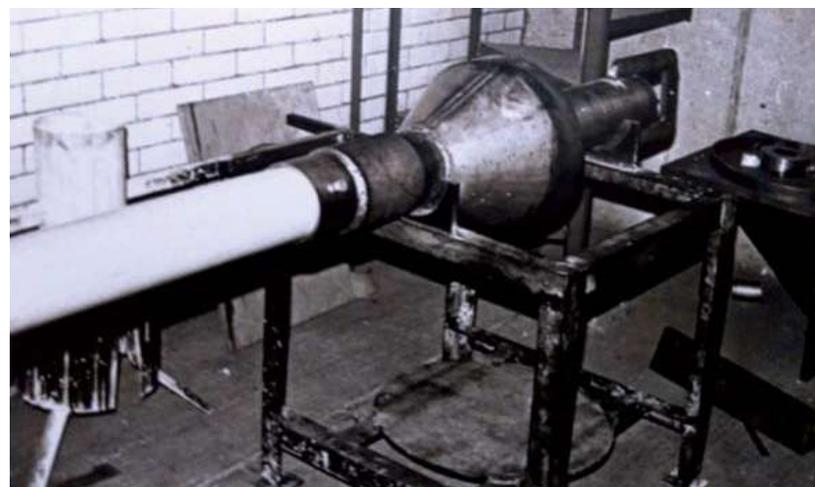
Siendo yo miembro del Consejo Interno del CI, se me cuestionó por parte de algún académico mencionando que yo trabajaba únicamente en proyectos que otorgaban pago extra por ser de ingresos extraordinarios. Efectivamente en algún momento yo era el que más recibía por ingresos extraordinarios. Mi respuesta fue, simplemente, que gracias a los ingresos extraordinarios de esos proyectos, algunos académicos pudieron realizar viajes al extranjero, ya que eran apoyados con dinero de DGAPA y de los ingresos que yo generaba. Curiosamente se acabó el reclamo.

En 1982 se iniciaron relaciones de trabajo con el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, en particular con el Dr. Adolfo Molina. La primera actividad contemplaba que una persona del CI fuera a una campaña oceanográfica, de unos 30 días, para observar varios equipos de muestreo que se iban a emplear. Estos equipos eran propiedad de una universidad de Estados Unidos, pero iban a permitir que se tomara toda la información de los equipos con el fin de construirlos en la UNAM, en particular en el CI. La persona que fue a la campaña fui yo. Ya en el barco mi primera misión fue diseñar una base para colocar una canasta abatible que traían, pero que no quedaba a la medida del barco *El Puma*. Una vez diseñada, construida y colocada, la revisó el responsable de los académicos de Estados Unidos, se colocó la canasta sobre ella y el barco pudo zarpar.

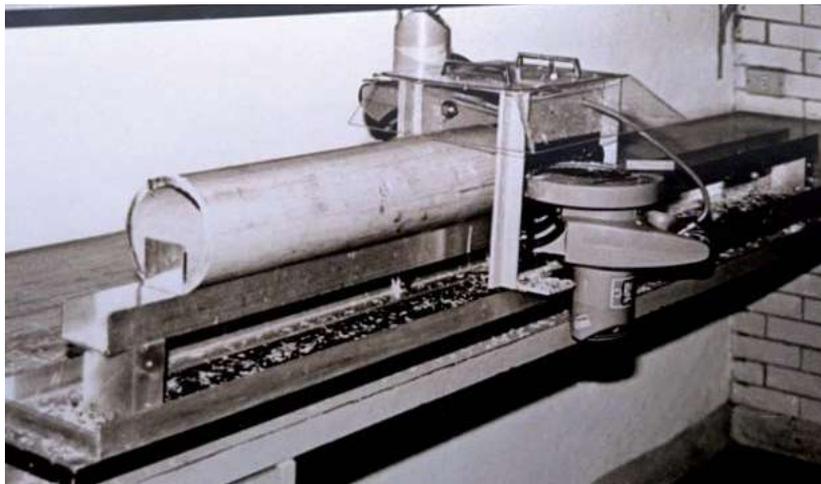
Los equipos a observar eran un Nucleador de Gravedad, un Nucleador de Pistón, un Nucleador de caja y los accesorios correspondientes. Del Nucleador de Pistón no fue posible recabar la información porque en la primera ocasión que se utilizó se ancló y atoró en el fondo del mar y no lo podían recuperar. Cuando lo intentaban el barco se ladeaba. El capitán del barco consideró que había posibilidades de peligro para el barco y el personal, y resolvió de acuerdo con el responsable estadounidense que se cortara el cable y el nucleador se perdió. De los demás equipos sí se pudo recabar la información necesaria y fueron construidos en el CI.



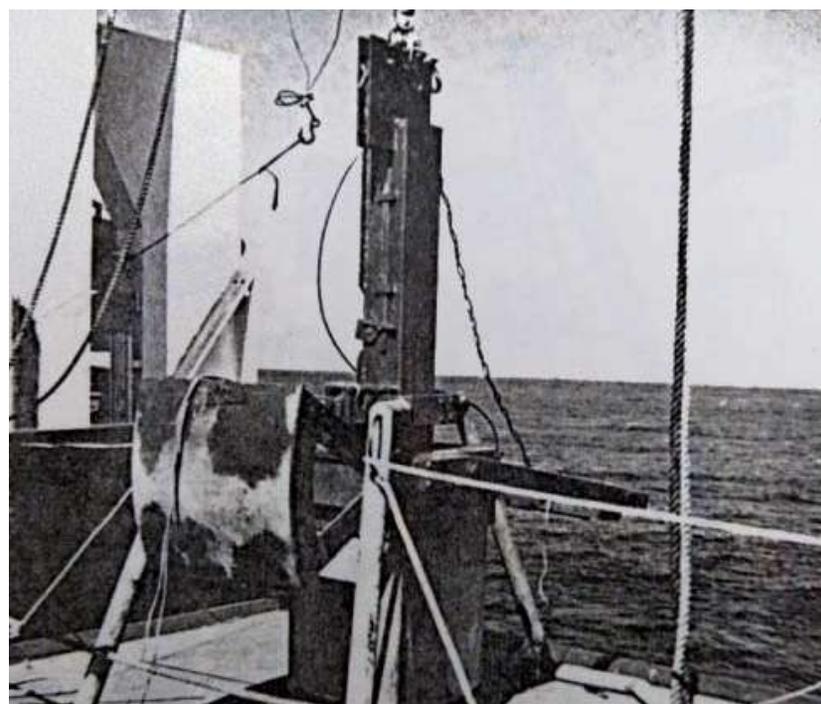
Base para canasta abatible (en 1982)



Nucleador de gravedad (1982)



Cortador de tubo de pvc (1984)



Nucleador de caja (1985)



Nucleador tipo kasten (1982)

A partir de 1986 se impartieron varios cursos-taller sobre Fundamentos de Sistemas de Refrigeración, Cursos-taller sobre Fundamentos del Mantenimiento de Cuartos Fríos y Cursos sobre Fundamentos del Mantenimiento de Refrigeradores de Ultrabaja Temperatura (ultracongeladores), coordinados por Clara Alvarado, quien en esa época era la Coordinadora de Intercambio Académico en el CI. En estos cursos fui apoyado de forma muy acertada por Gabriel Ascanio y por personal técnico del Departamento de Mantenimiento. En esos cursos, participaron técnicos y laboratoristas de diversas dependencias de la UNAM y universidades estatales, así como del Sector Salud.

Vale la pena mencionar que el Consejo Técnico de la Investigación Científica de la UNAM decidió invitar, a partir de 1985, a un representante del personal académico del CI al Consejo Técnico con voz, pero sin voto. A mí se me nombró como primer representante ante el CTIC y asistía a las sesiones en compañía de Manuel Estévez, Director del CI. Una de las peticiones que se hizo por parte del CI al CTIC fue que se considerara otorgar el año sabático al técnico académico, siendo que la gran mayoría del personal académico del CI éramos técnicos académicos; en el CTIC se analizó y decidió no otorgarlo por considerar que los técnicos académicos por definición estaban asociados a un investigador. A cambio se concedió al técnico académico la posibilidad de estancias de trabajo y de capacitación en otras instituciones hasta por un año. Fue un logro para el personal del CI, pues equivalía un poco al año sabático.

En 1988 se creó el Estímulo Especial “Fernando Alba Andrade” para los técnicos académicos de la dependencia y se me otorgó a mí.

En 1990 renuncié al CI para que mis hijos tuvieran un mejor futuro, más sano, y me vine a vivir a Querétaro. Creo que en la UNAM tenía un muy buen futuro, pero venirnos a Querétaro ha sido una de las

mejores decisiones que he tomado. Ahora, 30 años después, estoy seguro que acerté. Pero, como la UNAM no hay mejor lugar para trabajar.



Canasta Abatible (1986)



Draga tipo Smith McIntyre (1987)

# Mis actividades y proyectos en el Centro de Instrumentos

Ing. José de la Herrán Villagómez\*

**E**l 18 de septiembre de 1930, cuando tenía cinco años, se inauguró la estación de radio XEW. El Sr. Emilio Azcárraga Vidaurreta convenció a mi padre para que se fuera a vivir a una casa que le construyó en Villa Coapa, junto a la planta transmisora de la estación, para evitar la gran cantidad de fallas que estaban ocurriendo, pues los operadores carecían de los conocimientos requeridos. No se contaba con el personal capacitado para manejar este tipo de equipo, que era totalmente nuevo en el país y prácticamente en el mundo. Por esta razón, desde muy pequeño estuve en contacto con los equipos de transmisión ayudando a mi padre, y a los ocho años de edad ya podía manejar el transmisor y cambiar bulbos dañados. Mientras mi padre ajustaba la antena, usualmente me ocupaba en observar las estrellas, pues eran unos cielos increíbles que motivaron mi curiosidad para hacerle preguntas, como ¿esa estrella cómo se llama?

Gracias a un viaje que realicé con mi padre a Nueva York, cambié mi vida al visitar un museo “muy bello, que es el Franklin Institute Science Museum, y el planetario, en Filadelfia”, todo lo cual me motivó para ocuparme de la Astronomía. A partir de entonces mi padre comenzó a hacer un telescopio de 20 centímetros de diámetro y yo inmediatamente conseguí “un vidrio chiquito de un tragaluz redondo” para hacer mi telescopio, el cual enseguida empecé a esmerilar. Así surgió mi afición por la astronomía, cuyo interés fue

creciendo constantemente. Construimos un telescopio que tenía 50 centímetros de diámetro, con una distancia focal de 7 metros, el telescopio más grande que un aficionado había construido en América Latina.

Como estudiante de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, de la Escuela de Ingeniería de la UNAM, trabajé como radio-operador de la planta de la XEW. Lo anterior me dio la oportunidad de ser uno de los iniciadores de la industria de la radio y televisión en nuestro país y para la cual trabajé 30 años. Monté el equipo para el funcionamiento de la XEW y la operación del Canal 2 de televisión.

Me especialicé en la fabricación de aceros y en ingeniería en óptica, en Alemania y Estados Unidos y en los años 60’s cambié completamente de actividades y me dediqué a la fabricación de aceros especiales. Entonces me llamaron para que colaborara con la empresa Campos Hermanos, en la fabricación de las cúpulas de lo que ahora es el Observatorio Astronómico Nacional, en la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, a cargo del Instituto de Astronomía de la UNAM.

Debido a mi gran y conocida afición por los telescopios, por las conferencias que había dictado en Campos Hermanos sobre astronomía, esta empresa decidió hacer contacto con el Instituto de Astronomía, y me llamaron para entrevistarme con el entonces

director del Instituto, el Dr. Arcadio Poveda Ricalde. En esa entrevista, que se llevó a cabo en 1970, se concretó el proyecto del Observatorio Astronómico Nacional, en San Pedro Mártir. Ya en el Instituto de Astronomía me encargué de formar un gabinete de ingeniería para diseñar y construir óptica y mecánicamente el telescopio reflector principal de 2.12 m de diámetro y diseñar el edificio que lo iba a alojar. En la fabricación del telescopio participó activamente personal del Centro de Instrumentos, así como en el diseño y fabricación del sistema analógico, de los equipos de potencia y de los sistemas eléctricos emergentes. El 17 de septiembre de 1979, como parte de los festejos conmemorativos del Cincuentenario de la Autonomía Universitaria, el Rector Dr. Guillermo Soberón, inauguró las instalaciones del Observatorio.



Observatorio Astronómico Nacional, en la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California

En 1981 me incorporé al Centro de Instrumentos como parte del personal de la Sección de Metrología.

Recuerdo algunos proyectos y actividades de los cuales fui responsable durante mi estancia en el CI, de 1981 a 1990:

- ♦ Coordinación de la construcción de la montura mecánica y la óptica de varios telescopios reflectores de 40 y 60 cm. de diámetro, tales como los que se instalaron en Guadalajara y en Chapa de Mota (Estado de México), a cargo de algunas universidades estatales. Para ello, montamos un taller de Óptica donde produjimos y aluminizamos los espejos primarios y secundarios de los telescopios.





Telescopio de 60 cm. de diámetro

♦ Creación del Laboratorio de Metrología Dimensional, que después se amplió a otros temas solicitados por la industria. El laboratorio (primero en México) surgió por la necesidad que teníamos de cotejar la calidad de los engranajes de Ascensión Recta y Declinación, utilizados en los telescopios reflectores que también construíamos para universidades estatales. Para obtener información sobre marcas y características del equipo que necesitábamos en el laboratorio (Microdex, etc.), hice un viaje a Washington junto con el Ing. Gerardo Ruiz Botello (quien quedó a cargo del laboratorio), para averiguar lo que iba a necesitarse para montarlo; el CONACyT aportó al CI los fondos necesarios para la adquisición de los aparatos requeridos.

♦ Creación de un taller abierto al público, llamado “Construya su Telescopio”, aprovechando el taller de óptica y únicamente para

15 personas, debido a la atención personal que se requiere para esmerilar y pulir los espejos primarios de 12 y 15 cm. de diámetro. Cada taller duraba cuatro sábados (de 10 a 14 horas) y los asistentes en el primer sábado esmerilaban sus espejos, en el segundo los pulían y les daban la forma parabólica, en el tercero armaban las monturas e instalaban la óptica (todo bajo nuestra supervisión) y en el cuarto, les dábamos una conferencia sobre observación astronómica. Tuvimos más de mil asistentes que salieron con sus telescopios terminados.

♦ Diseño y construcción de hornos de inducción de radiofrecuencia (R. F. Heating). Se construyeron tres, de 150, 500 y 1000 watts respectivamente. El de 500 watts lo usamos para el experimento de cintas metálicas amorfas.

♦ Construcción y operación de un equipo que contaba con el horno de inducción y una cámara al vacío, para la obtención de cintas metálicas amorfas, con buenos resultados. En esa cámara de vacío aluminizábamos los espejos del taller “Construya su Telescopio”.

♦ Desarrollo de la tecnología necesaria para la fabricación de bombas de alta presión, llamadas “De Tornillo”, usadas por Pemex; eran bombas que se importaban de Alemania. El resultado permitió montar una fábrica de dichas bombas, en Coscomatepec, Ver., que dirigió el Ing. Roberto Reséndiz, en esa época miembro del CI y principal colaborador en el desarrollo.

♦ Armado y programación del “kit” de un robot (sin forma humana), fabricado por la Heathkit, con un brazo y mano, movimiento a base de ruedas y habla (mediante un programa) al que llamamos “Pascal” y que usamos para dar conferencias y demostraciones con el mismo, tanto en el CI como en otros centros de enseñanza. El robot está ahora en el Museo de las Ciencias Universum.

♦Un recuerdo especial me merece la Exposición “Cien Años de Instrumentación: Una muestra histórica y didáctica”, que el Dr. José Sarukhán Kérmez, Rector de la UNAM, en compañía del Dr. Juan Ramón de la Fuente, Coordinador de la Investigación Científica, y del Director del CI, inauguró el 16 de octubre de 1989, finalizando el 28 febrero de 1990. Esta muestra de aparatos diversos (la gran mayoría de mi propiedad), ofreció al visitante la oportunidad de apreciar en forma cronológica y didáctica, cual ha sido la evolución de la instrumentación. Se exhibieron también los instrumentos más representativos que se habían diseñado y producido en el Centro de Instrumentos, desde su creación el 15 de diciembre de 1971.

Algunos de los aspectos que se pudieron observar en esta exposición fueron el cambio de ciertos elementos básicos de la instrumentación. Por ejemplo, en lo que se refería a la electrónica, se mostró cómo han ido cambiando las componentes de bulbos a transistores y de transistores a circuitos integrados. Se contemplaba la influencia del desarrollo tecnológico en la presentación misma de los aparatos, que es un reflejo de cuál ha sido la filosofía misma de la producción; concretamente, en lo que respecta a los gabinetes de los aparatos, hace siglo y medio y hasta inicios del Siglo XX, se utilizó la madera trabajada con gran calidad artística. Posteriormente, la madera fue sustituida por el metal y actualmente lo más común son los plásticos y materiales sintéticos. Se podría decir, que en este aspecto se iba de lo estético y duradero a lo práctico más apegado a la producción masiva.

Esta muestra incluía instrumental que se clasificó en las siguientes áreas:

**Metrología.** En esta sección se mostraban diversos instrumentos de medición que iban desde los primeros micrómetros, amperímetros

antiguos y osciloscopios, hasta aparatos de alta precisión con bloques patrón para su calibración.

**Generadores.** Algunos de los aparatos característicos que se exhibieron fueron las máquinas electrostáticas y los tubos de rayos X.

**Procesamiento de Datos.** El visitante podía apreciar en esta sección como la humanidad se ha preocupado por perfeccionar sus sistemas para procesar datos. La tendencia ha sido hacia el aumento de capacidad empleando un espacio cada vez menor. Esta sección contaba con una gran variedad de máquinas sumadoras antiguas, calculadoras de diferentes épocas y modernas computadoras.

**Comunicaciones.** En la muestra se mencionaba que en una sociedad moderna era importante contar con un sistema de comunicaciones que sirviese para acortar distancias, difundir mensajes en forma rápida y masiva, así como mecanismos que permitieran el intercambio casi instantáneo de información. Que la historia muestra los grandes avances tecnológicos que ha habido en esta área, que en esta exposición estaba representada con aparatos que iban desde los primeros aparatos telefónicos y telegráficos hasta las fibras ópticas, que constituyen un elemento que estaba revolucionando las comunicaciones. El visitante también podía curiosear en aparatos de transmisión y recepción en los cuales se apreciaba como se había progresado.

**Óptica.** Esta sección incluía aparatos ópticos que sirven para ampliar los horizontes del hombre en las dos direcciones: hacia lo muy pequeño, hacia lo muy grande y lejano. Se mostraba una colección de microscopios y de telescopios, que iban desde los más primitivos hasta los más modernos, entre los cuales se exhibía el último telescopio desarrollado en el Centro de Instrumentos.

**Medicina.** Se indicaba que el campo de la instrumentación médica no era de ninguna manera reciente, que en el siglo XIX se desarrollaron muchos instrumentos adaptando equipo eléctrico y electromecánico para uso médico. Sin embargo, fue hasta el siglo pasado cuando esta área de la instrumentación recibió un gran impulso con aparatos como los de diatermia, cauterizadores, coaguladores, medidores de sensibilidad auditiva e instrumental electro-médico de radio frecuencia. En la exposición se mostraban algunos de estos aparatos.

En el recorrido se apreciaban diversos equipos y fotografías de instrumentos desarrollados en el CI, como apoyo a las actividades de investigación y docencia de diversos institutos y facultades de nuestra universidad. Así, se podían ver dragas, una canasta abatible y un nucleador para investigaciones oceanográficas. También se exhibía un telescopio modelo “Géminis”, con un espejo primario de 60 cm. de diámetro. Se mostraba además, un concentrador para la red de teleproceso de la UNAM, del cual ya se habían instalado 70; una microcomputadora de tipo didáctico y diversos equipos de laboratorio como fuentes de poder y medidores de pH, oxígeno disuelto y temperatura. Con respecto a material didáctico diseñado y producido en el CI, se podía observar el desarrollado para apoyar la experimentación en el sexto grado de primaria, realizado bajo convenio con la Secretaría de Educación Pública, así como equipos de laboratorio para la enseñanza media superior como son una cuba de ondas, una caja de óptica y un riel de canal sin fricción.

Con el propósito de ofrecer una imagen más completa del pasado, presente y futuro de la instrumentación a nivel internacional y nacional, se llevó a cabo una serie de actividades de divulgación, tales como:

- Un ciclo de conferencias, la primera de las cuales impartí el 15 de noviembre de 1989, con el tema “Historia de la Instrumentación”.

- La Mesa Redonda “Presente y futuro de la Instrumentación, Investigación, Profesionalización e Industria”, el 8 de diciembre del mismo año, con la participación de destacados investigadores en el campo: Dr. Francisco Ramos (Director de la Facultad de Ciencias), Dr. Roberto Quas (Instituto de Ingeniería), Dr. Guillermo Aguilar (CONDUMEX) y Dr. José Warman (Centro para la Electrónica y la Tecnología de la Información- CETEI), fungiendo como moderador el M. en C. Manuel Estévez Kubli, Director del CI.

- ♦ Durante mi estancia en el CI, dicté un promedio de 20 conferencias anuales y escribí un número parecido de artículos de divulgación para las revistas *Ciencia y Desarrollo* e *Información Científica y Tecnológica* (ICYT) del CONACyT y otras revistas y periódicos.

- ♦ También participé en varios programas de radio y televisión, hablando de tecnología, de ciencia y de astronomía.

El Premio Nacional de Ciencias y Artes, correspondiente al Campo V. Tecnología y Diseño, lo recibí el 15 de diciembre de 1983, de manos del Presidente Miguel de la Madrid Hurtado y, si recuerdo bien, fui propuesto por el Maestro Héctor Domínguez Álvarez, entonces Director del CI. Además recibí la medalla “Luis G. León”, por parte de la Sociedad Astronómica de México.

- ♦ En 1989, aun siendo personal del CI, pasé a formar parte del Consejo Consultivo de Ciencias de la Presidencia de la República y del Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, así como Jurado de los Premios Nacionales de Ciencias y Artes, de la Distinción para Jóvenes Académicos de la UNAM, del Concurso de Fotografía Científica y del Premio a la Mujer Científica Mexicana.



El Ing. de la Herrán durante una entrevista en un programa de televisión

Desde 1990, al salir del CI, me dediqué por completo a la divulgación y participé, por petición del Dr. José Sarukhán Kermes, Rector de la UNAM en ese entonces, en la creación del Museo de las Ciencias UNIVERSUM, inaugurado en 1992. Éramos un grupo de más o menos doce personas que empezamos a pensar en serio sobre un museo de este tipo, “desde luego con el entusiasmo del Dr. Sarukhán, quien promovió que de verdad se hiciera”. Sobre la divulgación, como complemento a la enseñanza formal, considero que es lo que realmente “redondea” a una persona que tiene interés en el campo de las ciencias y las técnicas modernas. Es lo que nos mantiene razonablemente al día.

\*En 1983, Premio Nacional de Ciencias y Artes en el área de Tecnología y Diseño, por la Secretaría de Educación Pública.

En 1983, Medalla “Luis G. León”, por parte de la Sociedad Astronómica de México.

En 1988, se creó el Estímulo Especial “José Ruiz de la Herrán” para los técnicos académicos del Centro de Instrumentos, en honor del autor de más de un centenar de desarrollos tecnológicos, como el diseño y supervisión del telescopio, el edificio y la base del Observatorio de San Pedro Mártir, B.C.

De 1991 a 1994, Diputado Federal por el I Distrito Electoral del Distrito Federal.

En 2002, Premio “Alejandra Jaidar”, por la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica (SOMEDICYT).

En 2005, Premio Universidad Nacional en el área de Creación Artística y Extensión de la Cultura, por la Universidad Nacional Autónoma de México.

En 2005, Investigador Emérito por el Sistema Nacional de Investigadores, por CONACyT.

En 2007, Se inaugura el Planetario “José de la Herrán”, en el Museo de las Ciencias UNIVERSUM de la UNAM.



Ceremonia de entrega del Premio Nacional de Ciencias y Artes al Ing. José de la Herrán



Planetario “José de la Herrán”, en el Museo de las Ciencias UNIVERSUM



Exteriores del Museo de las Ciencias UNIVERSUM

# Participación del Centro de Instrumentos en el Programa de Colaboración Académica Interuniversitaria

Dra. Clara Alvarado Zamorano

**E**l Dr. Guillermo Soberón Acevedo, Rector de la UNAM, creó a finales de 1975 el Programa de Colaboración Académica Interuniversitaria (PCAI), para contribuir a la descentralización de los servicios de educación superior, con la aportación de recursos para desarrollar y consolidar la infraestructura académica de las universidades estatales. Mediante este programa se sistematizaron las múltiples acciones de intercambio existentes, optimizándose así el uso de los recursos disponibles.

Inmediatamente comienza la participación del Centro de Instrumentos (CI) en el PCAI para desarrollar y consolidar la infraestructura académica de las universidades estatales, así a partir de marzo de 1976, físicos, ingenieros y maestros mecánicos, electricistas y ópticos, impartieron cursos y seminarios destinados al mantenimiento preventivo y correctivo de microscopios ópticos, niveles geodésicos, autoclaves, agitadores, fuentes de poder, grabadoras, etc., inicialmente a técnicos y laboratoristas de las Universidades Autónomas de Aguascalientes, Coahuila y Puebla, así como de la de Guadalajara y la Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

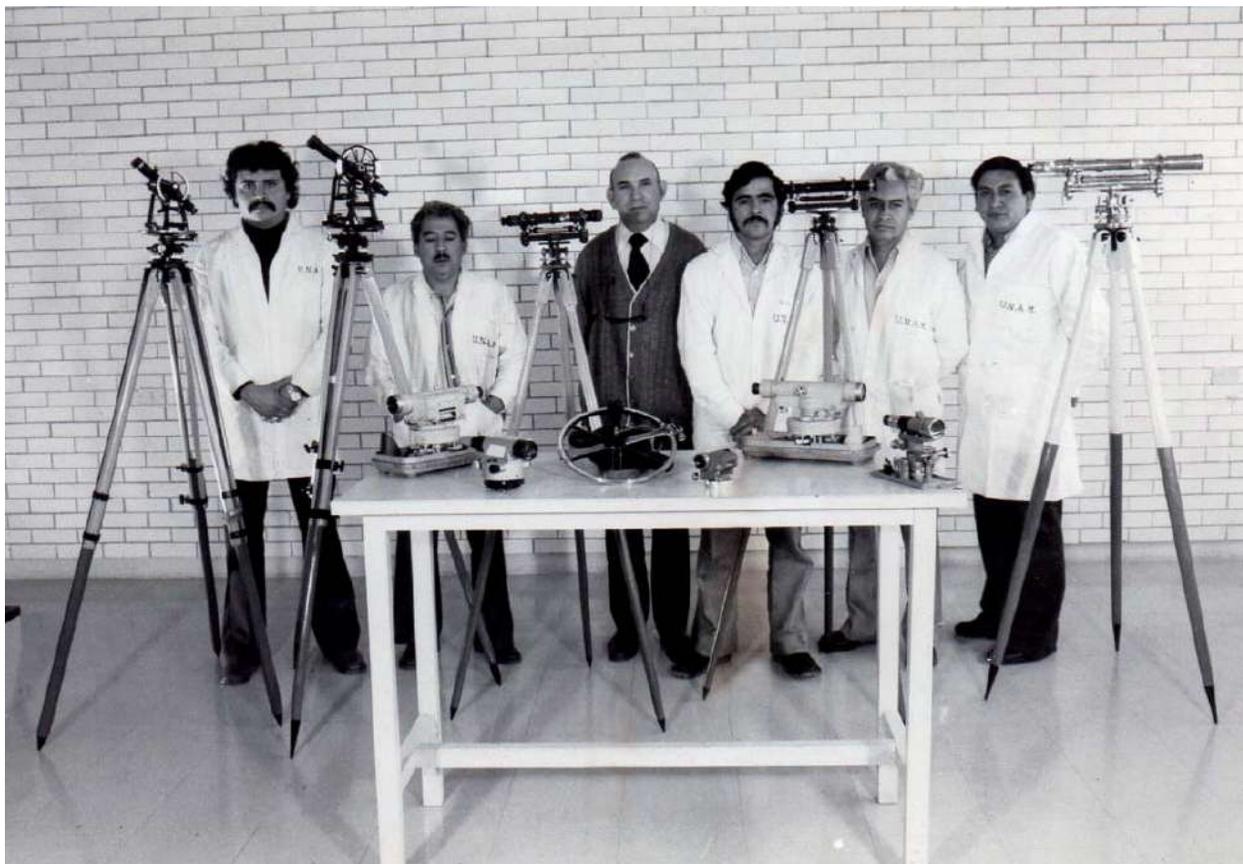
El 27 de agosto de 1979 se firman Convenios de Colaboración entre la UNAM y las Universidades Autónomas de Ciudad Juárez (UACJ), de Baja California Norte (UABCN) y Veracruzana (UV), en los cuales se contempla la capacitación técnica en el CI de su personal en el

mantenimiento de equipo y la asesoría para el levantamiento del inventario de su equipo científico.

En la ex-Hacienda de Galindo, Querétaro, del 19 al 21 de abril de 1979, Rectores y representantes de las 23 universidades que formaban parte del Programa hasta ese momento, al haber firmado convenios bilaterales con la UNAM, se reunieron en el Segundo Encuentro de Representantes de las Instituciones de Educación Superior.

Dentro de las Acciones de Alcance Regional del Segundo Encuentro, se acordó propiciar la creación de Centros Regionales de Instrumentación que resolvieran los problemas que las universidades de los Estados tenían en sus laboratorios de enseñanza e investigación. Dichos centros trabajarían en labores concretas de asesoría técnica para selección, compra y manejo de equipos. Igualmente, proporcionarían servicios de mantenimiento y calibración de los aparatos y, en una etapa final, se haría el diseño y construcción de equipo científico y didáctico.

Es importante expresar que al CI se le nombró la instancia coordinadora de esta acción. El Ing. Héctor del Castillo González, su Director en ese entonces, designó al Ing. Amado Santiago Bachellé, Secretario Técnico del Centro, como Promotor de Intercambio Académico del CI, ante la Dirección General de Intercambio



El Ing. Amado Santiago acompañado de Enrique Iturbe, Roberto Rubí, José Luis Yépez, David Aroche y Mario Rodríguez, integrantes de la Sección de Mantenimiento Óptico y de Mecánica de Precisión

Académico (DGIA) de la UNAM, a cargo de la licenciada María de los Angeles Knochenhauer, quien por cierto era la esposa del Lic. Fernando Solana Morales, Secretario de Educación Pública y años antes, Secretario General de la UNAM.

Desde el inicio de la participación del Centro en este Programa de Colaboración, colaboré con el Ing. Amado Santiago Bachellé. Posteriormente, al cambiar la adscripción del Ing. Santiago a la Dirección General de Proveeduría, tuve la oportunidad de fungir como Promotora del PCAI ante la Dirección General de Intercambio

Académico y años después como Coordinadora del Programa en el entonces Centro de Instrumentos, a partir del 30 de marzo de 1984, fecha en que el M. en C. Héctor Domínguez Álvarez, Director del CI, me designó como tal, hasta el 7 de enero de 2002, fecha en que presenté mi renuncia al Dr. Felipe Lara Rosano, entonces Director del CI, para iniciar mis estudios de posgrado en el campo de la educación.

En lo personal, desempeñé las actividades correspondientes al cargo, ante diversos Directores Generales de Intercambio Académico (Lic. María de los Angeles Knochenhauer, Fís. Carmen Tagüeña Parga,

Dr. Rogelio Rey Bosch, Lic. Patricia Galeana de Valadés y, finalmente, Dra. Dorotea Barnés de Castro).

Fueron numerosas y diversas las acciones que se llevaron a cabo, inicialmente con universidades estatales, tales como la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), la Universidad de Yucatán (UdeY), la Universidad Autónoma de Hidalgo (UAH), la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA), la Universidad Autónoma de Tlaxcala (UAT), la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex), la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca (UABJO), la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), la Universidad de Sonora (UniSon), la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) y la Universidad Veracruzana (UV), entre otras. Posteriormente, la colaboración se extendió a otras instituciones educativas como la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), e incluso, a instituciones gubernamentales, principalmente, del sector salud (como el Hospital General, el Hospital Infantil de México y el Hospital 20 de Noviembre). Algunas de las acciones más relevantes que se llevaron a cabo fueron:

- ◆ Capacitación de personal en manejo y reparación de equipo (UdeY, UJAT, UAH, UAQ, UAEMor, UAT, UACJ), principalmente mediante una serie de cursos que se organizaron para sistematizar y posibilitar la formación de mayor número de personal en el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos y aparatos de su institución de procedencia. Vale la pena destacar que estos cursos eran gratuitos, se llevaban a cabo con los equipos descompuestos de las instituciones de donde procedían los participantes, por lo que además de capacitar al personal se les reparaba el equipo

y se les enseñaba a fabricar algunas partes de los equipos. Ejemplo, a los participantes se les entregaba un manual impreso elaborado ex profeso, conteniendo los fundamentos teóricos de la microscopía óptica y de las balanzas de precisión; recomendaciones y sugerencias sobre el manejo, y el mantenimiento preventivo y correctivo de los mismo, así como su almacenaje; información sobre proveedores de accesorios y refacciones de los equipos y sobre equipo y herramientas requeridos para dar el mantenimiento y sus correspondientes proveedores; información sobre los manuales de operación y servicio de microscopios ópticos y balanzas de precisión con que contaba el CI, de los cuales se proporcionaban fotocopias cobrándose únicamente el servicio de fotocopiado, con lo cual las instituciones ahorran tiempo y dinero para disponer de ellos. Cuando los cursos se impartían fuera de las instalaciones del CI, las instituciones estatales pagaban el hospedaje y los alimentos; la Dirección General de Intercambio Académico, la transportación del personal del CI. Si se llevaban a cabo en el CI, las universidades cubrían todos los gastos.

Se impartieron seis cursos diferentes, en diversas ocasiones:

- El “Curso-taller para Capacitación en mantenimiento preventivo de microscopios ópticos y balanzas”, se impartió entre 1982 y 1990, en 25 ocasiones, participando 333 profesores y laboratoristas. En las instalaciones del Centro de Instrumentos, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Universidad de Guanajuato, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Universidad Autónoma de Hidalgo, Universidad Autónoma de Zacatecas y Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. En este curso teórico - práctico de 25 h colaboraron tres miembros del personal académico (Roberto Ortega Martínez, Ricardo Hernández y yo misma), impartiendo los fundamentos teóricos del curso, y de 3 a 5 técnicos especializados en mantenimiento (Roberto Rubí, Enrique Iturbe, José Luis Yépez,

David Aroche, Mario Rodríguez, Blas Sánchez y José Rubí), llevando a cabo la parte práctica de la capacitación.



Mario Rodríguez, Enrique Iturbe y Roberto Rubí, artífices del “Curso-taller para Capacitación en mantenimiento preventivo de microscopios ópticos y balanzas”



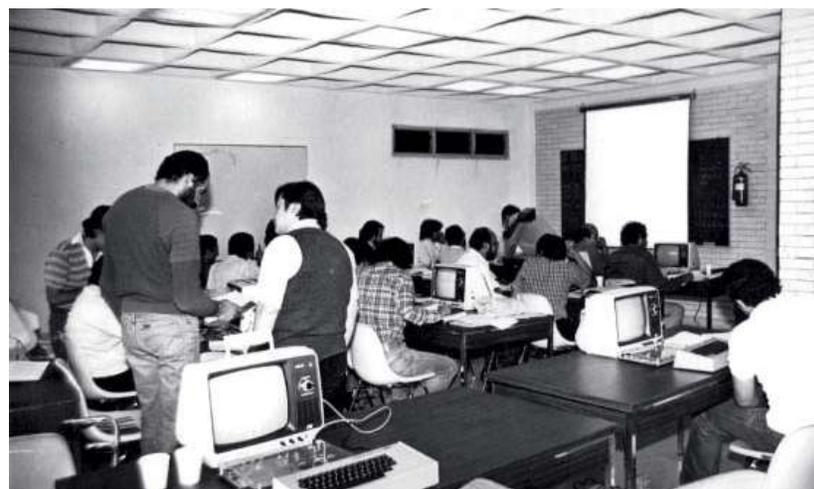
Enrique Iturbe impartiendo el “Curso-taller para Capacitación en mantenimiento preventivo de microscopios ópticos y balanzas”

- El “Curso-taller sobre Fundamentos del mantenimiento de sistemas de refrigeración”, impartido en 8 ocasiones, entre 1985 y 1987. A 84 participantes. En estos cursos de 65 h, colaboró un miembro del personal académico (Antonio Castruita Vargas) y dos becarios del CI (uno de ellos, Gabriel Ascanio Gasca).

- El “Curso-taller sobre Fundamentos del mantenimiento de refrigeradores de ultrabaja temperatura (Ultracongeladores)”, se impartió en 1987, en una ocasión, para seis participantes. En este curso teórico-práctico de 25 h de duración colaboraron Antonio Castruita Vargas y un estudiante.

- El “Curso sobre Introducción a los microprocesadores” se impartió en tres ocasiones en 1986 y 1987. Con duración de 25 h, impartido por tres miembros del personal académico a 46 participantes.

- El “Curso sobre Diseño de sistemas con microprocesadores”, tres miembros del personal académico lo impartieron en tres ocasiones, a 51 participantes, entre 1986 y 1987, con duración de 20 h.



Participantes en el curso “Diseño de sistemas con microprocesadores”



Impartición del “Curso sobre mantenimiento de equipo de cómputo”

- El “Curso sobre mantenimiento de equipo de cómputo”, se impartió en varias ocasiones, a 48 participantes, entre 1986 y 1988, con duración de 20 h.

- ♦ Asesoría para la adquisición de equipos, herramientas y manuales e instructivos de operación y mantenimiento preventivo y correctivo de equipos (UdeY, UAA, UAT, UV).

- ♦ Reparación de sus equipos en el CI (UdeY, UABJO).

- ♦ Donación de equipo y mobiliario dado de baja de la UNAM (UJAT, UAT). Considero importante mencionar que esta acción representaba una modalidad muy importante de ahorro de recursos para que diversas universidades incrementaran su patrimonio, dado que algunas de ellas presentaban muy notoria carencia de equipo, y mobiliario. Recuerdo haber visitado la oficina de un Rector, cuyo mobiliario consistía en una mesa y sillas de las que proporcionaban las compañías cerveceras para hacerse publicidad.

- ♦ Donación de revistas técnicas (UAH).

- ♦ Donación de manuales de operación y mantenimiento preventivo y correctivo, a diversas universidades. Lo cual se posibilitó a partir de la integración de un “Acervo de Instructivos de Operación y Servicio de Equipos y Aparatos utilizados en investigación, docencia y difusión cultural”, de 1980 a 1987, que constó de 2 340 instructivos. Este listado de manuales contenía información de la marca y modelo de cada equipo, el idioma, si era manual de mantenimiento preventivo, correctivo o de operación, si contenía diagramas eléctricos o mecánicos. Se ofrecía el servicio de fotocopiado del manual o manuales, al costo.

- ♦ Asesoría para la instalación de equipo de laboratorio (UAH).

- ◆ Asesoría en diseño y construcción de equipo para física, química y biología (UAQ).

- ◆ Asesoría para el establecimiento de un museo de instrumentos científicos antiguos (UAZ).

- ◆ A partir de la elaboración en 1980 del estudio “Propuesta para integrar un servicio de reparación y conservación de aparatos y equipos, en cuanto a personal, instalaciones, maquinaria y herramientas, así como documentación de apoyo, en universidades estatales”, con los lineamientos a cumplir, se implementaron Centros y/o Unidades de Servicios y Mantenimiento de Equipos y aparatos en las Universidades Autónomas de Aguascalientes, de Zacatecas, de Hidalgo, del Estado de México, de Baja California y de Ciudad Juárez, así como las Universidades de Sonora y Juárez Autónoma de Tabasco.

- ◆ Asesoría y capacitación para la elaboración del inventario de los equipos científicos y técnicos de la institución (UJAT, UAEMex, UV, UAZ).

En ocasión de la visita que el Ing. Amado Santiago y yo realizamos a la UJAT, alrededor de 1978, con el propósito de colaborar en la elaboración del inventario de sus equipos y aparatos, tuvimos la oportunidad de conocer e interactuar con Josefina Elizalde Torres, quien en ese entonces laboraba en esa institución educativa.

Esos 27 años en que colaboré en el PCAI (17 de ellos como Promotora-Coordinadora) representaron para mí un cúmulo de experiencias vivenciales, gracias a las cuales conocí y recorrí las instalaciones de diversas universidades estatales; conviví con sus Rectores, profesores, laboratoristas y técnicos; tuve la oportunidad de conocer diversas ciudades de nuestro país (el Ing. Santiago y yo, por ejemplo, recorrimos instalaciones de la Universidad Veracruzana

en varias ciudades del Estado de Veracruz), algunas de sus atracciones turísticas, su gastronomía, sus artesanías, etc. El trato que recibíamos era excepcional, nos recibían en el aeropuerto, nos hospedaban en excelentes hoteles, nos llevaban a los restaurantes más representativos de su tradición culinaria, nos presentaban en tal forma que nos hacían sentir el orgullo de ser “pumas”, pero a la vez asumiendo la responsabilidad que significaba desarrollar adecuadamente las actividades que teníamos asignadas.

Por último, agradezco que a partir del 1° de marzo de 1973, fecha en que inicié mis actividades en el entonces Centro de Instrumentos, como becaria del CONACyT, he tenido la oportunidad de disfrutar tres etapas inolvidables durante mi vida académica en el CI/CCADET/ICAT: Mi participación como Promotora-Coordinadora del PCAI en el CI (con un respetuoso recuerdo del Ing. Amado Santiago), mi incorporación al Grupo Espacios y Sistemas Interactivos para la Educación (con mi agradecimiento para José Luis Pérez Silva<sup>†</sup> y, en forma especial, para mi compañero y amigo Fernando Gamboa Rodríguez<sup>†</sup>) y la obtención del doctorado en la Universidad de Extremadura (España), en este caso con el invaluable apoyo de los Drs. Andoni Garritz Ruiz<sup>†</sup> (de la Facultad de Química), Felipe Lara Rosano y José Manuel Saniger Blesa (exDirectores del CCADET).

## Mis vivencias en el CI-CCADET-ICAT

M. en P. Jesús Ramírez Ortega

**E**n mayo de 1984 ingresé al Centro de Instrumentos (CI) como estudiante de servicio social, gracias al M. en C. Manuel Estévez Kubli, en ese entonces su Secretario Académico y quien en el mes de abril de ese año dictó una conferencia en el Auditorio del Posgrado de la Facultad de Ingeniería, acerca de lo que era el Centro. Yo buscaba realizar mi servicio social en un lugar que me permitiera, en ese entonces, conocer cómo un ingeniero se desenvolvía más allá del ámbito de la facultad y, en su plática, el Mtro. Estévez nos mostró a que se dedicaba el CI. Me emocionó saber que había actividades que cubrían mis inquietudes: un departamento de mantenimiento de equipos y un área de producción electrónica.

Al finalizar la conferencia, mi amigo Daniel Navas y yo nos acercamos al M. en C. Estévez para preguntarle acerca de la posibilidad de estar como prestadores de servicio social en el CI, nos citó al día siguiente y nos aceptó, de tal forma que mi amigo Daniel se integró al área de Producción Electrónica bajo las órdenes de Kent Brailovsky, y yo a la sección de mantenimiento electrónico. En esta sección, el entonces jefe del departamento, el Ing. Enrique Reyna Monsiváis, me asignó como tutor nominal al Ing. Benjamín Ramírez Hernández, pero mi tutor práctico fue el Mtro. Severino de la Cruz, a quien le debo muchas cosas que aprendí desde el momento de mi llegada.

Las personas que integraban la sección de mantenimiento electrónico siempre fueron muy amables conmigo: el Ing. Froylán Dávila, hombre

siempre muy sonriente, era el jefe de la sección y todos los días se acercaba a mí para ver cómo iba trabajando; el Ing. Jorge Wertz, hombre muy dicharachero y que siempre cantaba óperas; el Ing. José Serrano, quizá el más serio de todos, hombre muy callado y que se “encerraba” en su banco de trabajo; el Ing. Eduardo Hernández Belmont, a quien le apodaban “Houdini”, porque nunca lo veían en su banco de trabajo, pero era porque trabajaba mucho en las dependencias universitarias; el Ing. Enrique Sánchez, especialista en equipos audiovisuales y a quien le aprendí muchas cosas de esa área; el Ing. Benjamín Ramírez, mi tutor nominal y por último, el Mtro. Severino de la Cruz, un personaje con historia y de quien aprendí mucho.

El Mtro. De la Cruz me platicó que fue capitán del ejército y después formó parte del cuerpo de seguridad del Dr. Guillermo Soberón, entonces Rector de la UNAM. Cuando al Dr. Soberón lo nombraron Secretario de Salud, en el sexenio de Miguel de la Madrid, el Mtro. Severino fue ubicado en el CI por sus conocimientos en electrónica, obtenidos en el ejército.

Mi estancia en la sección de mantenimiento electrónico fue una etapa de intenso aprendizaje de diversos equipos, desde audiovisuales hasta biomédicos, de investigación marina e incluso el rector nuclear Sur 100 de Siemens, del entonces Centro de Ciencias Nucleares.

En 1985 me contrataron como personal académico del Centro de Instrumentos y ya formé parte de la plantilla de trabajadores de la sección de mantenimiento electrónico. Mis primeras actividades fueron como comisionado para apoyar al Instituto de Investigaciones Biomédicas, en el mantenimiento de sus equipos de investigación. Para mí fue una oportunidad de conocer dicho instituto, convivir con sus académicos y conocer sus laboratorios y sus quehaceres. Fue otra etapa importante en mi desarrollo profesional. Mi comisión fue de seis meses, así que a mediados de 1985 retomé actividades en el CI.

Para ese entonces, mi amigo Daniel Navas ya estaba también incorporado en la sección de mantenimiento electrónico, así como el Ing. Eduardo Trejo Alvarado, quien fue para mí un gran amigo y con quien me tocó organizar las rifas en las comidas de fin de año del Centro. De manera paralela, Daniel y yo realizábamos nuestra tesis con el M. en C. Estévez, quien ya era Director del Centro. Nuestro proyecto fue realizar una terminal de cómputo de bajo costo. La tesis la terminamos en 1986.

En 1987 se creó la Sección de Mantenimiento de Equipo de Cómputo, para apoyar el proyecto UNAM-BID y el director nos encomendó a Daniel y a mí estar a cargo de dicha sección, junto con el Físico Armando Solar. En el marco de ese proyecto se le entregaron a la UNAM cerca de 2000 equipos y nos encargamos de configurar y preparar los equipos para entregarse a las diversas dependencias universitarias. Armando Solar estuvo muy poco tiempo, a lo más como un año, así que quedamos Daniel y yo como encargados del área. La experiencia con este proyecto nos permitió conocer a personal de diversas dependencias y esto nos ayudó a formalizar convenios de colaboración en mantenimiento de equipos de cómputo con varias de ellas. Aprovechando la gran carga de trabajo del proyecto UNAM-BID se formaron varios estudiantes con nosotros. Así fue como ingresaron José Antonio Domínguez y Antonio Garcés al Centro.

En 1990, ya siendo Director el Dr. Claudio Firmani, se me nombró Jefe del Departamento de Mantenimiento, lo que me permitió conocer, además de las Secciones de Electrónica y Cómputo, las Secciones de Electromecánica y Óptica. Fue una experiencia muy buena, ya que mientras Electrónica y Cómputo eran secciones de tipo académico por el personal que ahí laboraba, Electromecánica y Óptica estaban formadas por personal de base administrativa. Puedo mencionar que antes de mí hubo varios jefes que fueron buen ejemplo para mí. Por ejemplo: el Ing. Amado Santiago, el Ing. Enrique Reyna, el Ing. Froylán Dávila y el Ing. José María Serralde.

En ese entonces el departamento estaba formado por cerca de 25 personas de base administrativa y 15 académicos. Fue un verdadero reto tratar con las diversas personalidades y actitudes del personal del departamento, así como conocer de los procedimientos administrativos y técnicos del flujo de equipos que ingresaban para su atención. En su momento, con ayuda de estudiantes, sistematicé los procedimientos mencionados, de tal forma que podíamos saber la situación de cada uno de los equipos en servicio. El manejo y control del personal de base era un proceso complejo, ya que había que estar al pendiente de sus actividades. El sistema de automatización de los servicios me permitía conocer, hasta cierto punto, a que se dedicaba cada uno de ellos. No recuerdo en qué año, nos tocó celebrar el ingreso del equipo número 1000 y el personal de la sección de dibujo del Centro realizó un póster de caricatura para la ocasión.

En el período en que fui jefe del departamento (1990-1998), formalizamos varios convenios de colaboración para mantenimiento de equipos, tanto con dependencias universitarias, como con instancias externas (Secretaría de Hacienda, Secretaría de la Defensa Nacional y Secretaría de Marina, por mencionar algunas).

La Sección de Óptica era liderada por el Mtro. Roberto Rubí Rubí, a quien casualmente conocí desde que yo era niño (tendría unos 8 años). Resultó que yo vivía en el centro de la ciudad, en la calle de Independencia No. 33. En ese edificio, en la planta baja había dos locales: uno era una cordelería y el otro local era un negocio que se llamaba McAllister y Bereta, que se dedicaba a la reparación de teodolitos y equipos de precisión. El maestro Rubí trabajó en ese lugar y ahí lo conocí, porque mi hermano y yo íbamos a buscar al hijo del dueño del negocio, quien jugaba con nosotros. Para mí fue una sorpresa muy grata, reencontrarme con él en el CI. ¡Nunca imaginé algo así!

Retomando nuevamente mis actividades en el Departamento de Mantenimiento, una de las cosas importantes fue la colaboración con académicos de la Dirección General de CCH para la creación de Opciones Técnicas en temas de mantenimiento, para los estudiantes de los planteles de CCH. Así, se crearon la opción de mantenimiento de cómputo, la opción de mantenimiento electrónico y la opción de refrigeración. Estas opciones dieron buenos resultados, ya que los estudiantes de dichas opciones técnicas apoyaban a sus planteles en el mantenimiento de equipos.

De esta manera, el departamento incursionó en el área de capacitación, además de sus actividades típicas de mantenimiento. Se impartieron cursos para la formación de personal técnico en las diversas áreas que se atendían: electrónica, cómputo, microscopios ópticos y balanzas, refrigeración, microscopios electrónicos, entre los más destacables. Destaca la participación en estos cursos de laboratoristas y técnicos de diversas universidades de los estados, a través del Programa de Colaboración Académica Interuniversitaria, en ese entonces coordinado por Clara Alvarado Zamorano. Esta actividad le daba al departamento una personalidad mucho más especializada, por la cual era reconocido en diversas instancias nacionales.

Como en el departamento había personas con conocimientos muy especializados en diversas áreas (por ejemplo: balanzas analíticas, microscopios ópticos, microscopios electrónicos, instrumentos de ingeniería de precisión, espectrómetros, por mencionar algunos), surgió la idea de formar personal en otras dependencias e instituciones con la finalidad de que fueran autosuficientes en proporcionar “los primeros auxilios” a sus equipos y agilizar sus procesos de mantenimiento. De esta manera, el personal de mantenimiento del CI, atendería los casos de falla más complicados. Así, el Departamento de Mantenimiento trabajó con instituciones como la Universidad Autónoma de Sinaloa, la Universidad Autónoma de Zacatecas, el departamento de Aduanas de la Secretaría de Hacienda, la Secretaría de la Defensa Nacional, la Secretaría de Marina, de entre los que recuerdo, formando diversos grupos de mantenimiento *in situ*.

### **Sin mantenimiento... y ahora ¿Qué sigue?**

Al convertirse el CI en un centro de investigación en lugar de un centro de servicios, desaparece entonces el Departamento de Mantenimiento, reubicando a todo el personal adscrito a él en diversas áreas académicas para, entonces, apoyarlas en sus actividades enfocadas a la investigación y el desarrollo.

En ese momento, el Dr. Felipe Lara, entonces director del CI, me sugirió integrar la Sección de Capacitación Técnica, la cual se constituyó con Josefina Bárcenas y el Mtro. Roberto Rubí, liderados por mí, bajo las órdenes de José Luis Pérez Silva, entonces Secretario Técnico. Como el Mtro. Rubí ya pensaba en la jubilación, mi idea con él fue capturar el gran conocimiento que tenía, con respecto al mantenimiento de equipos de precisión para ingeniería (topografía

y geodesia), microscopios y balanzas. Así, se crearon manuales especializados en esas áreas.

Adicionalmente, Josefina y yo actualizamos las Opciones Técnicas de los CCH que ya habíamos creado y generamos cursos para el personal de base del CI, en áreas como electricidad, electrónica, máquinas herramientas y algunos de desarrollo personal. Estos cursos fueron apoyados por personal académico del CI y algunos instructores externos que nos apoyaban “por amor al arte y a la UNAM”, ya que no cobraban ni un centavo. Era una tarea de buscar entre conocidos y recomendados. Esta fue una etapa muy bonita, que me permitió interactuar con mucha gente, tanto del CI como de fuera del Centro. La Sección de Capacitación Técnica se mantuvo vigente hasta el año 2004.

### **En mi camino: Multimedia y educación**

Paralelo a las actividades de capacitación, comencé a incursionar en la elaboración de manuales interactivos mediante el manejo de documentos pdf y generando los discos compactos correspondientes para su difusión. De tal manera que, al desaparecer la Sección de Capacitación, José Luis Pérez Silva le sugirió a Fernando Gamboa que me integrara al Laboratorio de Interacción Humano-Máquina y Multimedia, al cual ingresé para trabajar en el proyecto que tenían con la empresa Harry Mazal, cuyos objetivos eran: generar bancos de trabajo para la realización de prácticas en electrotecnia, neumática, hidráulica y refrigeración; generar un interactivo que permitiera a los estudiantes técnicos involucrarse en problemáticas afines a sus áreas, así surgió el “Maestro Tuercas”.

Esta fue una etapa muy interesante ya que, por las temáticas del proyecto “caí como anillo al dedo”, como se dice coloquialmente. Disfruté mucho de mis actividades: planeé y generé prácticas para

los bancos de trabajo (¡¡¡aún tengo algunos manuales!!!), colaboré en el diseño del banco y de los elementos físicos para la realización de prácticas (¡¡¡armé más de 100 elementos para las cuatro áreas!!!) y, para el interactivo “Maestro Tuercas”.... ¡¡¡éste merece una mención aparte!!!

Resulta que la idea era simular problemas de la vida real a los cuales los estudiantes técnicos se pudieran enfrentar en su vida profesional. Entonces, se nos ocurrió, de entre varias cosas: simular el sistema neumático de apertura y cierre de las puertas de un microbús, simular un sistema de resucitación por RCP para primeros auxilios, simular el sistema elevador de un montacargas, de entre los que recuerdo. Así, junto con Alejandra García, una de las diseñadoras del laboratorio, nos fuimos a grabar un microbús en el paradero del Metro Taxqueña y le pedimos al chofer que nos mostrara como accionaba su sistema de puertas.

También, fuimos con un médico, quien en su momento nos dictó cursos de primeros auxilios, nos contactó con paramédicos para que nos mostraran cómo funcionaba un sistema RCP automático y poder grabarlo. Y para ver el elevador del montacargas, fuimos hasta el aeropuerto, porque un conocido nos contactó con una aduana y en el almacén tenían esos sistemas para subir y bajar mercancías. Con la información que recabamos se generaron materiales muy bonitos e interesantes. Todo esto se transfirió a Harry Mazal.

Adicionalmente, colaboré en el grupo con otros interactivos, como “El mundo del Bla BlaBla”, el cual era dirigido a niños pequeños con la finalidad de que aprendieran a estructurar oraciones y frases. Como ven, ya estaba yo enfocado plenamente al área educativa, razón por la cual estudié mi maestría en Pedagogía en la Facultad de Filosofía y Letras, por cierto, compartiendo algunos cursos con Clara Alvarado y José Antonio Domínguez.

En 2007, el grupo de académicos que conformábamos el Laboratorio de Interacción Humano-Máquina y Multimedia, se dividió y yo dirigí mis actividades hacia el grupo que formó Fernando Gamboa, integrado por el propio Fernando, Ana Libia Eslava, Ricardo Castañeda, Gustavo de la Cruz y por mí, integrándose después Clara Alvarado. De esta manera formamos el Grupo “Espacios y Sistemas Interactivos par la Educación” (ESIE).

### **Ahora... hacia el futuro en la educación**

Con el grupo ESIE, iniciamos armando nuestro espacio de trabajo en el sótano del edificio del auditorio. Ahí montamos nuestra cámara de Gesell y el área que, a la postre, sería nuestra primera Aula del Futuro.

Mis actividades dentro del grupo ESIE se enfocaron en el desarrollo de sistemas interactivos que permitieran realizar actividades colaborativas. Entonces, comencé a indagar como crear mesas interactivas que se controlaran con las manos. Me encontré con varias técnicas y probé algunas de ellas. Pero la que encontré más adecuada para usar fue la basada en iluminación infrarroja. Así, tuvimos nuestro primer prototipo de mesa. Era redonda, como de un metro de diámetro, con una superficie de vidrio templado translúcido y estructura de aluminio *ad-hoc*. En la parte baja tenía una cámara infrarroja y, en cada poste tenía unos láseres infrarrojos.

Era todo un circo alinear los láseres para que generaran un plano infrarrojo exactamente sobre la superficie: había que estar a oscuras y usar unos lentes especiales. Nuestro amigo Carlos Román nos ayudó en algún momento. Esta mesa funcionaba bien, pero el espacio donde se encontraba tenía que estar casi en penumbras porque le afectaba la luz ambiental; nos sirvió para observar con usuarios su funcionamiento con aplicaciones diseñadas para la mesa. La probamos con niños de primaria para enseñarles el tema de fracciones.

Seguí indagando y me encontré con leds en tiras que proporcionan buena iluminación infrarroja sin que les afecte la luz ambiental. Con estas tiras de leds infrarrojos armamos marcos interactivos que se montan sobre la pantalla de un monitor y crean una malla de emisores y receptores infrarrojos. Fue mi gran creación y la mesa que tenemos en nuestra actual Aula del Futuro trabaja mediante este sistema. Sin necesidad de cámara ni alineación. La hemos probado con diversas aplicaciones y funciona muy bien.

Hacia 2009, entramos al proyecto de renovar los laboratorios de ciencias en los planteles del bachillerato y creamos un laboratorio prototipo en las instalaciones del CCADET, en una plataforma ubicada junto a la reserva, donde ahora se encuentra el edificio de laboratorios universitarios. Pues bien, en este laboratorio armamos una mesa infrarroja interactiva la cual, en una visita del Dr. José Narro, entonces Rector de la UNAM, llamó la atención de él y de los visitantes.

Este proyecto de los laboratorios de bachillerato nos llevó a colaborar con el grupo de Cognición y Enseñanza de las Ciencias. Desde mi percepción, creo que armamos un gran grupo de trabajo que amalgamó muy bien las experiencias de ese grupo y el grupo ESIE. El trabajo fue muy arduo porque se remodelaron más de 100 laboratorios, distribuidos en los 14 planteles de bachillerato.

Creo que el trabajo fue tan extenuante, que en julio de ese año caí en el hospital debido a divertículos. Estuve fuera de circulación por cerca de un mes y a medio gas por cerca de dos meses. Debo confesar que, a pesar de mi situación de salud, me siento muy complacido y agradecido con la vida, porque mucha gente de la comunidad del entonces CCADET estuvo pendiente de mí enviándome mensajes, preguntando por mi salud. ¡¡¡Mil gracias a todos!!!

Después de ese receso hospitalario, continué con mis actividades en el grupo ESIE y el proyecto de los laboratorios de bachillerato.

Este proyecto se extendió hasta 2013 y continuamos trabajando en El Aula del Futuro y nuevas actividades alrededor de este proyecto:

- Inserción de tabletas electrónicas en las ENP 6 y 7. Proyecto muy interesante que nos llevó a interactuar con profesores de distintas áreas.
- Participación en la definición del modelo educativo de los Centros México Conectado, en el que interactuamos con colegas de la Universidad de Guadalajara y funcionarios de la Comisión Federal de Telecomunicaciones.
- Participación en museos interactivos de Ciudad Juárez y Monterrey, en los cuales con nuestros desarrollos pretendíamos colaborar en la integración social.

Para entonces, nuestro proyecto de El Aula del Futuro ya había empezado a dar frutos en instituciones externas a la UNAM. En lo personal, este proyecto me ha permitido, además de conocer profesores de diversos niveles e instituciones, saber que puedo aportar mis conocimientos, mis ideas y mi imaginación, en el proceso de innovación educativa. El grupo ESIE ha significado para mí, considerarlos como mi familia académica, con los que comparto, además de las tareas académicas, mis alegrías y mis tristezas, mis triunfos y fracasos y sé que en el grupo tengo a personas que están prestos a escucharme, si así lo requiero.

Creo que Fernando Gamboa formó un grupo muy unido tanto académica como fraternalmente hablando. Todos y cada uno de sus miembros sabe, de manera precisa, cuáles son sus capacidades y carencias, y cómo complementar a los demás. ¡¡¡Es una fortuna formar parte de este grupo ESIE!!!

### ***En paralelo... la infraestructura***

En 2005 fui invitado por el Director, el Dr. José Saniger, para formar parte de su personal de confianza. Me nombró Secretario Técnico, para hacerme cargo de mantener la infraestructura física del CCADET. Este cargo lo tuve hasta el año 2018. Dentro de las actividades había algunas que no me eran desconocidas, como las instalaciones eléctricas, pero desconocía la parte de construcción. Así que invité a José Luis Juárez, mejor conocido en la dependencia como “El Arquí”, a que colaborara conmigo. Fue como se convirtió en mi comparsa y diario nos veían recorrer todas las instalaciones del CCADET, tan así que, incluso, el amigo José Ocotlán nos nombró “El dúo dinámico”.

Fue una etapa muy bonita que me permitió conocer “las entrañas” del CCADET, así como interactuar con la comunidad en general, conociendo sus requerimientos y problemas con respecto a las instalaciones. Hubo actividades que resaltan del periodo en el que estuve como Secretario Técnico. Por ejemplo:

- ◆ La adquisición de la cortadora por chorro de agua para el Laboratorio de Manufactura Avanzada fue muy interesante, porque el equipo consumía 125 KW de potencia y la subestación que teníamos en ese entonces proporcionaba 225 KW y prácticamente estaba funcionando al tope de su capacidad. Entonces, de entrada, comenté que no se podía instalar y que habría que cambiar el transformador y el panel de distribución de la subestación. Y fue afortunado el momento, porque la subestación estaba trabajando “con pincitas”. Además, se aprovechó para tener un transformador de buena capacidad previendo crecimientos futuros.
- ◆ La construcción del tercer piso del edificio principal. Para proyectar la obra, José Luis y yo interactuamos con la Dirección de Proyectos de la Dirección General de Obras y Conservación (DGOyC), la cual

era dirigida por la Arq. Eréndira Ramírez, una mujer muy hosca, diría yo que hasta ruda en su trato... sólo se hacía lo que ella decía. La primera vez que tratamos con ella fue en la sala de juntas de la Dirección del CCADET y estuvimos con ella, José Saniger, José Luis y yo. Resultó que, en la sesión de trabajo, la mujer quedó encantada con las galletas que había en la dirección y así nos lo externó. Entonces, a partir de ese día, cada que íbamos a verla a su oficina, le llevábamos su bolsa de galletas y ella quedaba muy contenta. A fin de cuentas, hicimos muy buenas migas con la Arq. Ramírez y, hasta el día de hoy, nos trata muy bien cada que pasamos a saludarla. Durante la construcción del tercer piso, José Luis y yo tuvimos la gran oportunidad de ver e involucrarnos en todo el proceso. Para mí fue una muy buena experiencia ver la organización de la constructora y como atendían los requerimientos que se iban planteando.

♦ La construcción del edificio de laboratorios universitarios. Fue una experiencia muy similar a la construcción del tercer piso. Nuevamente interactuamos con la Arq. Ramírez, pero ya más en confianza con ella y... ¡¡¡con galletas!!! Como una anécdota particular de esta obra puedo mencionar que, al momento de colocar las columnas metálicas de la estructura, un trabajador de la constructora se cayó y tuvo que ir la ambulancia por él. Tuvo fractura de una pierna, pero, afortunadamente para él, las constructoras tienen la obligación de asegurar a sus trabajadores.

Quizás se me escapen varias anécdotas interesantes, pero puedo decir que mi etapa como Secretario Técnico fue una muy buena experiencia que me permitió aplicar mis conocimientos como Ingeniero en beneficio de nuestra dependencia y contribuir a mantenerla y renovarla.

En conclusión, hasta este 2020, llevo 35 años dentro del CI-CCADET-ICAT. Buena parte de mi vida ha estado aquí. Aquí conocí a Rocío,

mi esposa y, también muy buenos colegas y amigos, que han compartido conmigo a lo largo de todo este tiempo.

Nuestra dependencia me recibió como estudiante y me ha permitido crecer y desarrollarme profesionalmente y como persona, así como también he visto cómo ha evolucionado hasta ser el instituto que es hoy, el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT). Me siento muy complacido y orgulloso de pertenecer y ser parte de la familia ICAT.

# El desarrollo de la óptica en el ICAT

Dr. Rufino Díaz Uribe

## Antecedentes

Desde la fundación del Centro de Instrumentos (CI), la Óptica, en su concepción más amplia, ha contribuido al crecimiento y fortalecimiento del ahora Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT). En sus inicios, existía la Sección de Óptica en el Departamento de Mantenimiento, principalmente de microscopios ópticos y balanzas analíticas; en algún momento se inició la impartición de cursos de mantenimiento de estos instrumentos, en los que se incluían los fundamentos ópticos de un microscopio. Más adelante, también se dió servicio a espectrofotómetros de diversas dependencias universitarias y otras instituciones externas. En educación, se desarrollaron equipos y manuales para la realización de diversas prácticas de la carrera de Física de la Facultad de Ciencias (FC) y para apoyar los cursos de Física del bachillerato de la UNAM; entre ellas, se desarrolló un conjunto de prácticas de Óptica. Sin embargo, referirse al desarrollo de la investigación y el desarrollo de la Óptica en el CI de la UNAM, es hablar de Roberto Ortega Martínez<sup>†</sup>, incansable impulsor de esta disciplina.

No estoy seguro de que haya sido el primer óptico en incorporarse al CI, de lo que sí estoy convencido es que Roberto fue el que más esfuerzos hizo por conjuntar un grupo de investigación en Óptica de alto nivel y de darle viabilidad a largo plazo; cabe señalar que,

desde antes de esta etapa, Roberto Ortega colaboró en las primeras acciones de servicios y en docencia, sobre todo en el campo de la Óptica, pero su participación no se restringió a esta disciplina. Desde luego, para llegar a esa posición, Roberto pasó una etapa de formación que marcaría sus intereses profesionales. Estudió la carrera de Física en la Facultad de Ciencias; después de una estancia en la Universidad de Arizona (UA), con el distinguido astrónomo Harold L. Johnson, se graduó en 1971. Desde entonces se interesó por la espectroscopía aplicada a la Astronomía, su tesis de licenciatura se tituló “Amplificadores Operacionales en Fotometría Fotoeléctrica”. Posteriormente continuó estudios de posgrado en Óptica en el *Optical Sciences Center* de la misma UA, hasta 1973, pero no se graduó allí; durante esos estudios tuvo profesores de nivel mundial, como Marlan O. Scully, Aden Mainel y Roland Shack, y compañeros como Luis Raúl Berriel, César Sepúlveda y Luis Domínguez. Fueron intensos años de aprendizaje de temas contemporáneos de Óptica y Astronomía, que le dieron una mejor visión de lo que debería ser un centro de investigación de primer nivel.

De regreso en México, Roberto ingresó el 1º de febrero de 1973 al CI como Técnico Académico, permaneciendo hasta el 30 de junio de 1975. No tengo referencia de que durante esa estancia hayan resultado publicaciones, dirección de tesis o algún otro producto relevante; desde luego, la vocación del CI era más la de un centro de

servicios donde sus objetivos eran el desarrollo y mantenimiento de instrumentos científicos de la UNAM y del país. Durante esos años, hizo sus estudios de maestría en Física en la FC, graduándose por examen general de conocimientos en 1976, siendo sus asesores los Drs. Enrique Daltabuit del Instituto de Astronomía (IA) y Jorge Flores del Instituto de Física (FI), distinguidos físicos de la UNAM. De 1975 a 1982 estuvo contratado en el IA como Investigador Asociado. Durante esos años publicó sus dos primeros artículos de investigación en temas de instrumentación astronómica (en *Rev. Mex. Astron. Astrof.*, en 1976 y en *J. Opt. Soc. Am.*, en 1979). Más tarde se relacionó con el Dr. Eugenio E. Mendoza, trabajando en su tesis doctoral sobre el “Diseño, Construcción y Usos de un Espectrofotómetro para la Investigación en la Astronomía”, y se graduó de Doctor en Ciencias (Física), en la FC en 1986. Se había reincorporado permanentemente al CI el 3 de diciembre de 1982, inicialmente como técnico académico y a partir de 1995, su nombramiento fue de investigador.

Como anécdota personal de mi relación con Roberto y el CI, puedo relatar que en 1979 yo estaba terminando la carrera de Física en la FC de la UNAM y después de haber sido ayudante y luego profesor de laboratorio y de teoría del curso de Óptica, con el Prof. José Luis Jiménez Ramírez, me interesó esta área. Cursé Óptica Física I con Roberto, aún investigador en el IA, quien al final del curso me invitó a seguir estudiando Óptica y me sugirió hacer la tesis con el Dr. Daniel Malacara Hernández, quien acababa de regresar al IA, después de haber pasado alrededor de ocho años en el Instituto de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), en Tonanzintla, Puebla. Roberto me presentó con el Dr. Malacara como posible tesista de licenciatura, quien me envió con el M. en C. Arquímedes Morales, su cercano colaborador, con quien finalmente realicé mi tesis sobre el Interferómetro de Difracción por un Punto. El trabajo experimental de mi tesis lo desarrollé en el Laboratorio de Óptica del CI. Durante ese tiempo tuve la oportunidad de conocer a algunos de los

académicos que de alguna forma iniciaron la Óptica en el CI, en su sentido más académico.

Con Daniel Malacara se incorporó a la UNAM un grupo de ópticos, algunos muy jóvenes, recién egresados de la maestría de Óptica del INAOE; recuerdo entre ellos a Gustavo Rodríguez Zurita, Jesús Moya Cessa y Leopoldo Ortiz Arcos. Otros colaboradores más experimentados eran el mismo Arquímedes Morales Romero, y los señores José Castro y Carlos Pérez Santos; allí conocí también a los Maestros Manuel Moreno Mercado, graduado en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), en Baja California, y Ricardo Flores, graduado en la Unión Soviética. En ese entonces, Daniel Malacara estaba organizando la creación del Centro de Investigaciones en Óptica (CIO), en León, Guanajuato, con apoyo de la UNAM, el CONACYT y el Gobierno del Estado de Guanajuato. En 1980, con la creación del CIO, una parte importante de este grupo se trasladó a León; en el CI permanecieron Leopoldo Ortiz, Manuel Moreno y Ricardo Flores. Posteriormente todos migraron; el primero a Jalapa, Veracruz, el segundo hizo carrera actuarial en Nueva York, mientras que el tercero también se fue al CIO, en León.

El laboratorio de Óptica que permaneció en el CI estaba muy bien equipado, con al menos una mesa holográfica y bastantes componentes ópticas como lentes, bases, postes, filtros espaciales, láseres de He-Ne y placas holográficas, entre otras cosas. Los temas en los que se investigaba eran los de moda: la holografía, la óptica de Fourier, el filtraje espacial, la interferometría holográfica, entre otros.

El primer artículo indizado del CI publicado en el área de la Óptica (Rodríguez, G., Ortiz, L., Moreno, M., “White light pseudocolour density encoding by clear-raster”, *Optics Communications*, 38(1), 10-16, 1981), trató de un método de la óptica de Fourier para pseudocolorear imágenes de acuerdo con su estructura de frecuencias espaciales.

Para 1982, en un segundo artículo de Óptica, “Placas Zonales para Interferómetros de Trayectoria común”, Gustavo Rodríguez Zurita su autor, ya adscrito al CIO, en las conclusiones explícitamente anota: “Tanto las placas zonales como las fotografías fueron hechas por Manuel Moreno M. y el autor, en el Centro de Instrumentos, UNAM. El diseño mecánico de la carcasa y su realización práctica se deben a Humberto Sotelo G. ...”. Estrictamente, no era una publicación del CI, pero se gestó allí; la revista *Instrumentación y Desarrollo*, antecesora de *Journal of Applied Research and Technology* (JART), no estaba indizada, la publicaba la Sociedad Mexicana de Instrumentación (SOMI, hoy desaparecida como sociedad científica), con el total apoyo del CI.

Otros dos artículos resultaron de una solución al problema de contar automáticamente trazas nucleares por un método optoelectrónico desarrollado en el CI; casi todos sus autores eran del CI, entre ellos Ricardo Flores como primer autor y Leopoldo Ortiz, como segundo autor; Armando Solar era un híbrido entre óptico y electrónico, los demás autores no eran ópticos.

En esa época, tres egresados de la carrera de Física se fueron a Francia a estudiar el posgrado en Óptica, Gerardo Ávila Soberanes y Armando Solar, apoyados por el CI, mientras que Salvador Cuevas Cardona se fue apoyado por el IA. Los tres regresaron a trabajar a la UNAM, en la dependencia que los apoyó.

### ***El Laboratorio de Óptica Aplicada***

En 1986, Roberto Ortega quien era Jefe del Departamento de Diseño y Desarrollo, me invitó a trabajar en el CI, pero no llegamos a un acuerdo sobre las condiciones de trabajo. Aún estaban Gerardo Ávila (ya doctorado en Francia) y Armando Solar; yo trabajaba en la Escuela de Ciencias Físico-Matemáticas de la Universidad Autónoma de Puebla. A finales de ese año regresé a la FC, como profesor de carrera.

Durante 1987 y 1988, Roberto Ortega realizó una estancia en la Universidad Estatal de Colorado, en el grupo de investigación del Dr. Jorge J. Rocca. Con ellos publicó dos artículos. También dirigió la tesis de licenciatura de Antonio Alfonso Rodríguez Rosales, titulada “Obtención de Rejillas de Difracción Holográficas”, con la que se graduó en 1989 y se publicó un artículo.

Para 1988, Gerardo Ávila se incorporó al *European Southern Observatory*, en Munich, Alemania, mientras que Armando Solar, renunció para trabajar en una compañía que fundó junto con otros electrónicos del CI. A raíz de que Roberto se quedó prácticamente solo, trató de formar un grupo de investigación y desarrollo en Óptica con nuevos académicos, además de que atrajo a varios estudiantes para hacer tesis en el área; Roberto me volvió a invitar a trabajar en el CI, llegando a un acuerdo y me incorporé como Investigador Asociado “C” al Laboratorio de Óptica Aplicada (LOA), nombre que conservó hasta después del año 2000. Significativamente en ese momento, en todo el CI, sólo había otro investigador, el M. en C. Ricardo Ruíz Boullosa, del Laboratorio de Acústica; Roberto era Técnico Académico Titular C y con él colaboraba otra técnica académica, Genoveva Olgún Ramírez, quien dejaría el CI en 1989.

Me incorporé al CI el 1º. de octubre de 1988, un mes antes de la última huelga del STUNAM. Llegué con “mi torta bajo el brazo”, pues el CONACYT me aprobó un apoyo económico para un proyecto de investigación, aun estando en la FC; esto era cosa poco común, pues no se acostumbraba tanto como ahora solicitar este tipo de proyectos, pues los presupuestos internos eran suficientes para la cantidad de académicos y proyectos; aún no había proyectos PAPIIT, ni PAPIME, mucho menos existía el PRIDE. Además, yo ya pertenecía al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), en el nivel 1, por lo que probablemente haya sido uno de los primeros académicos del CI, con esa distinción. También llegó conmigo Martha Rosete Aguilar, entonces tesista de licenciatura; notablemente, Roberto se había

rodeado de un grupo de estudiantes muy entusiastas; algunos fueron sus tesis. Recuerdo en particular a Carlos Treviño y a Jazmín Carranza. Los tres obtuvieron su doctorado años después y ahora son destacados investigadores, la primera en el ICAT, mientras que los dos últimos en el INAOE.

Durante 1989, por mi parte, envié un primer artículo que ya había trabajado en la FC y me dediqué arduamente a escribir mi tesis doctoral sobre Pruebas ópticas por *deflectometría láser*; Martha Rosete terminó su tesis, se graduó y se fue al Imperial College de Londres, para realizar sus estudios de posgrado. Finalmente, ese mismo año, conocía a los oftalmólogos, Raúl Suárez Sánchez y Enrique Graue Wichers, con quienes inicié el proyecto del Keratopógrafo Láser, apoyado económicamente por el primer programa de apoyos a proyectos de investigación internos de la UNAM, denominado Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Docente (PAPIID), pues incluía proyectos de docencia; formalmente el responsable de dicho proyecto fue Ricardo Ruiz, pues como investigador asociado, yo no podía ser el responsable del proyecto. Me doctoré en febrero de 1990 y el artículo mencionado al inicio de este párrafo, se publicó en el mismo año en *Applied Optics*.

Roberto Ortega conoció al Dr. Mayo Villagrán Muñiz, durante su estancia en la Universidad Estatal de Colorado. Mayo terminaba una estancia posdoctoral y Roberto lo invitó a incorporarse al CI, como investigador; llegó a México a finales de 1989 y su contrato, según parece, inició en 1990.

En esa época, Roberto invitó al Fís. Arturo Nogueira, quien trabajaba como Técnico Académico en el Instituto de Física (IF), a cambiarse al CI. Esta era una contratación importante pues aparte de que eran buenos amigos desde que eran estudiantes en la carrera de Física de la FC, Arturo era un excelente electrónico. Roberto sufría mucho con la reparación de las fuentes de poder de dos láseres de Argón que

había conseguido como donación de dependencias que no sabían qué hacer con ellos. Arturo ayudó a encontrar las fallas, repararlas y a mantener los equipos funcionando durante varios años.

El Fís. Mario F. González Cardel, Técnico Académico desde octubre de 1988, originalmente colaboraba con el grupo de Electrónica, luego pasó por el grupo de Química de Materiales y finalmente en 1995 comenzó a colaborar conmigo en el LOA. Su formación y experiencia eran principalmente, en el área de la Electrónica. Mario colaboró en el diseño, la puesta a punto y el mantenimiento de diversos equipos optoelectrónicos, entre ellos, recuerdo la configuración y uso de las tarjetas electrónicas para computadoras PC denominadas LAB40. Se usaron las tarjetas de adquisición de datos de 8 y de 12 bits, así como la tarjeta controladora de motores de pasos. Luego trabajó sobre el control de un escáner de espejos oscilatorios para mover un haz láser; y la configuración y calibración de unos amplificadores DIV301 de United Detectors, para la lectura de fotodetectores de efecto lateral, para sensar la posición de haces láser, elementos que conformaban el keratopógrafo láser.

Alrededor de 1991, a instancias de Claudio Firmani, quien era el Director del CI, se contrató al Dr. Dimitri Kousnetzov, graduado en la Unión Soviética y casado con una astrónoma rusa a quien Claudio quería traer a México. Dimitri trabajaba en Óptica Cuántica, un área que no se cultivaba en el CI. De hecho, Mayo Villagrán y yo opinamos en contra de su contratación, pero Roberto con una visión diferente sí la apoyó. Dimitri dejó el CI en 1998.

En 1994, Martha Rosete regresó de Inglaterra donde había obtenido su doctorado en óptica. Con ella todavía aplicó la regla de que los exbecarios de la DGAPA podían ser contratados una vez que se graduaran, de manera que su plaza se generó automáticamente. Junto con ella llegó su esposo, el Dr. Neil Charles Bruce Davison. Martha había realizado su tesis doctoral en Diseño Óptico, bajo la

dirección de Jonathan Maxwell; específicamente, trabajó sobre el diseño de placas correctoras acromáticas para cámaras del tipo Schmidt. Neil, por su parte se doctoró también en el *Imperial College*, bajo la dirección de Chris Dainty y realizó una estancia posdoctoral de dos años con su exasesor, trabajando siempre en problemas de esparcimiento de luz por superficies rugosas.

Durante 1995, Roberto Ortega se convirtió en Investigador Titular A. Por la misma época, otros dos técnicos académicos de otros grupos de investigación, también cambiaron su estatus a investigadores; ellos fueron José Saniger y Gabriel Corkidi. Estos fueron pasos trascendentes, pues indicaba la nueva vocación del Centro de Instrumentos, como centro de investigación.

En 1996 se contrató directamente como Investigador Titular A al Dr. Augusto García Valenzuela, un joven brillante con un excelente currículum. Él mismo eligió al CI y, en particular, al Laboratorio de Óptica Aplicada como el lugar donde desarrollaría su carrera profesional, aunque tenía varias ofertas más de otros institutos de investigación, dentro y fuera de la UNAM. Desde entonces Augusto ha mantenido una productividad muy por encima del promedio, es de los investigadores más productivos del ICAT y seguramente destaca a nivel UNAM y más allá.

El Dr. Crescencio García Segundo se incorporó en 1997 como Investigador Asociado C, después de haberse graduado de Doctor en Óptica en el INAOE y de haber realizado una estancia posdoctoral en el *Imperial College*; en esta ocasión dejó el CI durante el año 2000, pero regresó posteriormente, aunque no al LOA.

Aún en el siglo pasado, se incorporaron como Técnicos Académicos, los Maestros en Ciencias (Física), Manuel Campos García y Carlos Jesús Román Moreno; el primero trabajaría conmigo y el segundo con Roberto. En 1999 ingresaron como personal por honorarios,

posteriormente ocuparon una plaza de forma interina y de allí continuaron sus trayectorias académicas, en el grupo de Óptica.

Con todo esto, el LOA pasó de contar con dos técnicos académicos en 1988 a siete investigadores y cuatro técnicos académicos para el año 2000. La productividad del LOA siempre fue creciente en cantidad y calidad, tanto en artículos en revistas indizadas de calidad internacional, como en presentaciones de congresos y formación de recursos humanos. Todos los investigadores pertenecían al SNI y en 1996, se me otorgó el Reconocimiento Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos en el Área de Docencia en Ciencias Exactas. Algo similar en el CI, sólo lo había obtenido un año antes el Dr. Gabriel Corkidi, pero en el área de Innovación Tecnológica y Diseño Industrial. De esta manera, el Centro de Instrumentos mostraba sus logros académicos en investigación, docencia y desarrollo tecnológico.

### La consolidación

A partir del 2000, hubo muchas actividades académicas, resultados destacados y la incorporación de nuevos académicos. Describir en detalle todos ellos tomaría mucho espacio, por lo que con el riesgo de dejar algo importante de lado, voy a referirme sólo a los hechos más relevantes o que recuerdo mejor.

A principios del 2000, el CI se reorganizó en dos departamentos: el de Investigación Aplicada y el de Desarrollo Tecnológico. El LOA se encontraba en el primero, junto con los laboratorios de Acústica Aplicada y Vibraciones, Cibernética Aplicada, Imágenes y Visión, Microondas y Microlitografía, y Materiales y Sensores. Yo fui nombrado jefe del Departamento de Investigación Aplicada. Al LOA se adscribieron los técnicos académicos M. en C. Rosalba Castañeda Guzmán y el Ing. Asur Guadarrama Santana, quienes ya trabajaban

en otros grupos del CI. Rosalba trabajaría con Mayo Villagrán y Asur Guadarrama con Augusto García. También se incorporó el Dr. Hugo Martín Sobral, para trabajar con Mayo Villagrán. A finales de ese año, Mayo propuso la creación del Laboratorio de Fotofísica, separándose del LOA, junto con sus colaboradores.

En 2002 se incorporaron dos investigadores que tuvieron un paso fugaz por el LOA, la Dra. Celia A. Sánchez Pérez y el Dr. Gabriel Eduardo Sandoval Romero, quienes trabajarían con Augusto García. Eventualmente también formarían un nuevo laboratorio, separándose del LOA a partir del año 2006.

El Dr. Omar G. Morales-Saavedra ingresó al CCADET como investigador asociado al Laboratorio de Fotofísica con el Dr. Mayo Villagrán, pero a partir del 2006 cambió su adscripción al LOA, asociado al Dr. Roberto Ortega y trabajando en Óptica No-Lineal.

En el 2005, el Dr. Maximino Avendaño Alejo se incorporó al CCADET como investigador asociado a mi persona, después de una estancia posdoctoral de dos años. Maximino egresó de la carrera de Ingeniería Física de la UAM-Azcapotzalco y se doctoró en el CIO en León, Gto., trabajando bajo la dirección del Dr. Orestes Stravoudis, en el trazo de rayos en cristales uniaxiales.

El Dr. Jesús Garduño Mejía fue contratado como Investigador Asociado C de Tiempo Completo a partir del 1º de octubre de 2007. Su contrato se produjo a través del Programa de Repatriación CONACYT 2007, adscrito al Grupo de Óptica No Lineal, con el Dr. Roberto Ortega. Jesús egresó de la licenciatura en Física de la FC y se recibió en 1993 con una tesis sobre la caracterización óptica y eléctrica de un láser de N<sub>2</sub>, dirigida por Mayo Villagrán. Luego obtuvo su maestría y doctorado en Óptica en el CICESE, de Ensenada.

A inicios de la primera década de este siglo, el Centro de Instrumentos cambió de nombre a Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, CCADET. Antes de finalizar la misma década, la estructura del CCADET cambió a cuatro departamentos, uno de ellos sería el Departamento de Óptica y Microondas (DOM). En el DOM se integraron el LOA y el grupo de Óptica de Microondas; el primero se dividió en dos grupos: Óptica No-Lineal (Roberto Ortega, Omar Morales y Jesús Garduño, como investigadores, y Carlos Román como técnico académico) y el de Sistemas Ópticos (Rufino Díaz, Martha Rosete, Neil Bruce y Maximino Avendaño, como investigadores y Mario González y Manuel Campos como técnicos académicos; posteriormente Manuel Campos se convertiría en investigador). El Grupo de Óptica de Microondas estaba integrado por Oleg Kolokoltsev, Naser Qureshi y Elsi Mejía como investigadores y Raúl Ruvalcaba, como técnico académico. De esta forma, el DOM, contaba ya con diez investigadores y cuatro técnicos académicos.

Durante varios años, el número de investigadores permaneció sin cambios, debido a la carencia de nuevas plazas. En el 2014 falleció el Dr. Roberto Ortega, habiendo logrado su meta de formar un grupo de investigación con relevancia y trascendencia nacional e internacional, plasmado en el DOM. Además, con su plaza se dio la oportunidad de realizar nuevas contrataciones.

En julio de 2015 ingresó el Dr. Oscar Gabriel Rodríguez Herrera, para trabajar en el Grupo de Sistemas Ópticos con la Dra. Martha Rosete Aguilar. Él se graduó en 2003 de físico en la FC, bajo la dirección del Dr. Neil Bruce, con la tesis: "Esparcimiento de luz visible para superficies rugosas bidimensionales". En 2004 le fue otorgado el Premio Prometeo, por la mejor tesis de licenciatura nacional en Física Experimental y en 2005 obtuvo su maestría en ciencias físicas, con la tesis: "Cálculo y medición de la matriz de Mueller de un

espejo elipsoidal”, también dirigida por el Dr. Bruce y que le valió ser ganador de la Medalla “Alfonso Caso”. En 2009 obtuvo su doctorado en la Universidad Nacional de Irlanda, en Galway, bajo la dirección del renombrado Prof. Chris Dainty. Su tesis trató la caracterización de campos tridimensionales por polarimetría vectorial. Realizó dos estancias posdoctorales, una en la misma Universidad Nacional de Irlanda y la segunda en la Universidad de Arizona, en Tucson, antes de incorporarse al ICAT.

Al Dr. Daniel Aguirre Aguirre se le contrató en 2016 como Investigador Asociado C, para trabajar en el Polo Universitario de Tecnología Avanzada (PUNTA), con sede en Monterrey, Nuevo León. Es Ingeniero Físico por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, obtuvo su maestría y doctorado en el INAOE, bajo la dirección del Dr. Fermín Granados, con ambas tesis sobre la prueba de Ronchi; en la de maestría, el Dr. Manuel Campos también fue codirector. En el 2011, realizó una estancia de seis meses en el Instituto de Astrofísica de Canarias, España.

En junio de 2017, se contrató al Dr. Pedro Cebrián Xochihuila, como Técnico Académico Asociado C, y en octubre al Dr. Claudio Narciso Ramírez, ambos para trabajar en el Laboratorio Universitario de Fabricación de Equipos Ópticos (LUFABEO), asociados a la Dra. Martha Rosete. En ese mismo año, Manuel Campos se cambió a Investigador Titular A. Todos adscritos al Grupo de Sistemas Ópticos. Ese mismo año, también se contrató al Dr. Amado Velázquez Benítez, en el área de Nanofabricación Avanzada, trabajando con el Dr. Naser Qureshi del Grupo de Fotónica de Microondas.

El Consejo Universitario aprobó la transformación del CCADET en Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT), en marzo del 2018. En la propuesta de transformación, se acordó que como parte de la estructura organizacional se incluiría al Departamento de Óptica, Microondas y Acústica (DOMA), incorporando al grupo de



Integrantes del Laboratorio de Óptica Aplicada en el año 2005.  
Comenzando arriba a la izquierda, se encuentran: Rufino Bolado (I), Roberto Colín (L), Mario González (T) y Eduardo Sandoval (I).  
En la segunda fila, Luis Castañeda Aviña (E), Maximino Avedaño (I), Roberto Ortega (I), Celia Sánchez (I), y Augusto García (I).  
Tercera fila: Carlos Román (T), Asur Guadarrama (T), Rufino Díaz (I), Adriana Erika Martínez Cantón (D), Pedro Arguijo (P).  
Cuarta fila: José Antonio Rodríguez Palacios (D), Evelyn Salazar Guerrero (L), Hiromi Valenzo Aoki (L), Karina Concha Santos (M) y Manuel Campos (T).  
Martha Rosete (I) y Neil Bruce (I), también miembros del LOA, no aparecen en la foto.  
I: Investigador; T: Técnico Académico; E: Estudiante, L: licenciatura, M: Maestría, D: Doctorado; P: Posdoc



Grupo de Sistemas Ópticos, febrero de 2011.

Comenzando arriba a la izquierda, se encuentran: Eduardo Ortiz (D), Flor Estrada Silva (D), Josslyn Beltrán Madrigal (L), Leonor García Martínez (D), Martín Isaías Rodríguez Rodríguez (D), Maximino Avendaño Alejo (I), Martha Rosete Aguilar (I), Perla Carolina García Flores (P), Neil Bruce Davison (I), Dulce María González Utrera (M), Amílcar Javier Estrada Molina (D).  
Abajo, Rufino Díaz Uribe (I), Sergio Anaya (D), Hugo Alberto Lara García (L), Miguel Ángel González Galicia (D), Manuel Campos García (T), Mario Francisco González Cardel (T).

I: Investigador; T: Técnico Académico; L: licenciatura, M: Maestría,  
D: Doctorado; P: Posdoc

Acústica Aplicada y Vibraciones, tal vez el grupo de investigación más antiguo del CI-CCADET-ICAT. A finales de ese mismo año se contrató al Dr. José Federico Hernández Sánchez como Investigador Asociado C, en el en el área de Acústica Física, adscrito al grupo de Acústica y Vibraciones. Con él, en el 2020, el DOMA cuenta con un total de 17 investigadores y siete Técnicos Académicos.

### **Principales contribuciones en el área de la Óptica**

#### **Láseres: Aplicaciones médicas, pulsos ultracortos y óptica no-lineal**

A finales de la década de los 80's y principios de la década de los 90's, Roberto Ortega se involucró intensamente en las aplicaciones médicas de los láseres de potencia, principalmente de argón. Colaboraba con médicos de diversos hospitales, llevando en varias ocasiones un láser de argón a diferentes hospitales, para convencer a los médicos de las capacidades y bondades de estas fuentes de radiación intensa y coherente; les mostró sus capacidades para cortar tejidos de forma limpia, cauterizando los vasos donde había hemorragias al cortar por métodos mecánicos, por ejemplo, con bisturí. Involucró a dos estudiantes de Física, Carlos Treviño y Jazmín Carranza, ahora doctores y destacados académicos del INAOE, en el diseño y construcción de un acoplador láser-fibra óptica para aplicaciones médicas. Más adelante, con otro estudiante de Física, Pablo Loza Álvarez, ahora doctor y destacado investigador del Instituto de Ciencias Fotónicas (ICFO) de Barcelona, España, desarrolló un modelo de los efectos fototérmicos de la radiación láser sobre tejidos orgánicos, que dio lugar a un artículo científico en la prestigiosa revista *Applied Optics*.

En su afán de ir más allá de las posibilidades que ofrecían estos láseres y viendo las nuevas técnicas de cirugía láser, propuso la adquisición de un sistema láser de excímero, con el cual también se

iniciaría en el país el uso de láseres de femtosegundos, solicitándose apoyo mediante un proyecto BID-UNAM. Se aprobó el proyecto, pero después de intensas discusiones al interior del Grupo de Óptica Aplicada, se tomó la decisión de adquirir una tecnología más moderna de láser de titanio-zafiro. Con ello, Roberto abrió la puerta a los fenómenos ópticos no-lineales con pulsos ultracortos. Para determinar las propiedades de los pulsos de tan corta duración, se involucró en técnicas de tipo FROG y de transformada de Wigner, realizando una estancia en la Universidad de Saint Andrews, con uno de los líderes de pulsos ultracortos, Derek Reid; esta acción permitió que otros académicos y estudiantes realizaran estancias académicas en el mismo laboratorio. Luego dirigió la tesis doctoral de su primer estudiante de licenciatura, Antonio Rodríguez Rosales, sobre la medición del índice de refracción no lineal de cristales líquidos con el método conocido como Z-scan.



Laboratorio de Pulsos Ultracortos del ICAT, fundado por el Dr. Roberto Ortega. Se muestra a la estudiante Catalina Ramírez Guerra realizando un experimento con el láser de Titanio Zafiro, MIRA, adquiridos con el programa UNAM-BID (fotografía cedida amablemente por el M. en C. Carlos Román Moreno del grupo de Óptica No-Lineal)

Con la llegada del Dr. Jesús Garduño Mejía, la investigación en láseres de pulsos ultracortos tomó un auge mayor; él construyó el primer láser de ese tipo en un laboratorio en México, con una duración inicial de sólo 100 fs. Más adelante, en colaboración con Martha Rosete, lograron disminuir la duración del pulso a 18 fs, probablemente siendo un récord en México. Martha contribuyó de manera fundamental en el entendimiento de cómo las aberraciones involucradas en las componentes ópticas de los láseres ensanchaban los pulsos luminosos y qué medidas deberían de adoptar para evitarlo. En el laboratorio del Dr. Garduño se construyó por primera vez en el país, el primer láser de fibra de pulsos ultracortos en el infrarrojo y el primer oscilador óptico paramétrico, OPO; además, se desarrolló la instrumentación para la caracterización espacio-temporal de los pulsos.

#### *Pruebas ópticas: Deflectometría óptica, topografía corneal y Pantallas Nulas*

El área de pruebas ópticas se inició con mi llegada al CI en 1988. El primer proyecto fue continuación de la línea de trabajo que había iniciado con Alejandro Cornejo Rodríguez, del INAOE y mi director de tesis doctoral, denominada Pruebas por Deflectometría Láser; consistió en la prueba de una superficie esférica midiendo las desviaciones de un haz láser reflejado, cuando la esfera se gira en torno de su centro de curvatura. Martha Rosete elaboró su tesis de licenciatura en este tema, graduándose en 1989 y publicando dos artículos en 1993. En 1989 también inicié actividades sobre topografía corneal, primero sobre Keratopografía Láser, de la que resultaron varias tesis, presentaciones en congresos y publicaciones; resaltan tres artículos en revistas indizadas sobre: a) el método de escanear y evaluar la superficie corneal mostrando algunas simulaciones; b) un estudio por simulaciones numéricas acerca de la precisión del método; c) dispositivo experimental construido para escanear la córnea y medir las desviaciones del haz láser reflejado sobre ella.

Más tarde, buscando validar el keratopógrafo láser y ante la falta de recursos para adquirir un videoqueratómetro (ahora topógrafo corneal), comencé el desarrollo de uno en nuestro laboratorio. Pronto advertí que se podía innovar en esta área; la propuesta novedosa fue sustituir los anillos del Disco de Plácido por puntos o manchas individuales, dispuestas en el target de manera que en la imagen se observaran en un arreglo regular de manchas cuando la superficie a evaluar fuera una superficie esférica perfecta; las desviaciones de esa regularidad son evidencia de las deformaciones de la superficie; a esa propuesta, Manuel Campos y yo la llamamos Pantallas Nulas. Esta propuesta dio lugar a una serie de trabajos sobre topografía corneal basada en reflexión de targets, pero también a la prueba de superficies ópticas esféricas rápidas, con y sin simetría de revolución.

Estas ideas básicas dieron origen a toda una línea de trabajo que ahora se enmarca en lo que se conoce como los métodos de deflectometría óptica, para pruebas ópticas; pero lo más interesante de la propuesta es que ha mostrado su capacidad de medir lo que ahora se conoce como superficies de forma libre o *free forms*. Por otro lado, su aplicación a la medición de la topografía corneal desembocó en el desarrollo de un topógrafo corneal portátil, que puede ser utilizado con pacientes no cooperativos como neonatos, bebés y niños, pero inclusive con pacientes con dificultades de movilidad o para permanecer sentados, atentos y siguiendo instrucciones, frente a un topógrafo corneal convencional comercial. La propuesta mostró tener un valor de mercado, por lo que fue necesario la creación de la compañía BlepsVision S.A. de C.V., para su desarrollo y futura comercialización. <https://blepsvision.com/>

### *Esparcimiento y polarización*

Neil Bruce y Martha Rosete diseñaron y construyeron un esparcímetero para la caracterización de superficies rugosas bidimensionales, a raíz del cual encontraron que la medición de los estados de polarización de la luz esparcida era esencial para poder caracterizar completamente las superficies que se medían. De allí comenzaron el desarrollo de polarímetros dinámicos a nivel laboratorio, utilizando retardadores y compensadores de cristal líquido. Pronto se dieron cuenta que estos dispositivos no funcionan de forma ideal, por lo que su calibración y entendimiento resulta básico para realizar mediciones de precisión. Por su parte, Neil mejoró los cálculos de la luz esparcida utilizando la aproximación de Kirchoff, permitiendo incluir pendientes de hasta 90 grados en las superficies rugosas, donde la aproximación convencional usualmente falla, pues no da buenos resultados durante las simulaciones numéricas.

### *Diseño Óptico*

Martha Rosete ha aplicado su conocimiento del diseño óptico para diseñar bajo pedido sistemas ópticos con fines específicos. Por ejemplo, diseñó las lentes necesarias para observar las moscas en un moscódomo, bajo estudio de un grupo de biólogos y diseñó una lente que amplía el campo visual de una cámara de fondo de ojo, para observar la retina de pacientes que han sufrido un severo daño en la córnea y otras estructuras oculares. Por otro lado, su colaboración resultó fundamental para mejorar el diseño de las componentes ópticas utilizadas en los láseres de femtosegundos construidos en el ICAT; para ello, demostró que la velocidad de grupo es causante del ensanchamiento del perfil temporal de los pulsos ultracortos; este trabajo permitió reducir el ancho de un láser construido en el ICAT hasta 18 Fs.

## **Infraestructura relevante**

Gran parte del trabajo descrito requiere la fabricación de componentes ópticas con formas muy particulares determinadas por el diseñador óptico. La mayoría de los talleres ópticos en instituciones de investigación del país y del extranjero, están dedicados a la fabricación de componentes muy específicas para sus proyectos propios o con fines comerciales; por ello, es difícil o muy caro, conseguir la fabricación de otros diseños. Con el fin de poder construir de forma más expedita y económica los diseños propios, además de poder ofrecer apoyo a otros grupos de investigación y/o desarrollo, desde el 2010 se estableció un taller óptico en el ICAT. Originalmente se fabricó una máquina de pulido convencional para la fabricación de superficies planas y esféricas por medio del pulido óptico tradicional; luego se adquirió una máquina comercial de dos ejes, para componentes de hasta 40 cm de diámetro. Posteriormente se consiguió apoyo de parte del CONACYT para infraestructura, adquiriéndose una máquina de control numérico Zeeko, para fabricar superficies de diversas formas con diámetros de hasta 10 cm. Con ello se constituyó el Laboratorio Universitario de Fabricación de Equipos Ópticos (LUFABEO). Actualmente se encuentran adscritos a él, los Doctores Claudio Ramírez como investigador y Pedro Cebrian Xochihuilá, como técnico académico, bajo la dirección de Martha Rosete.

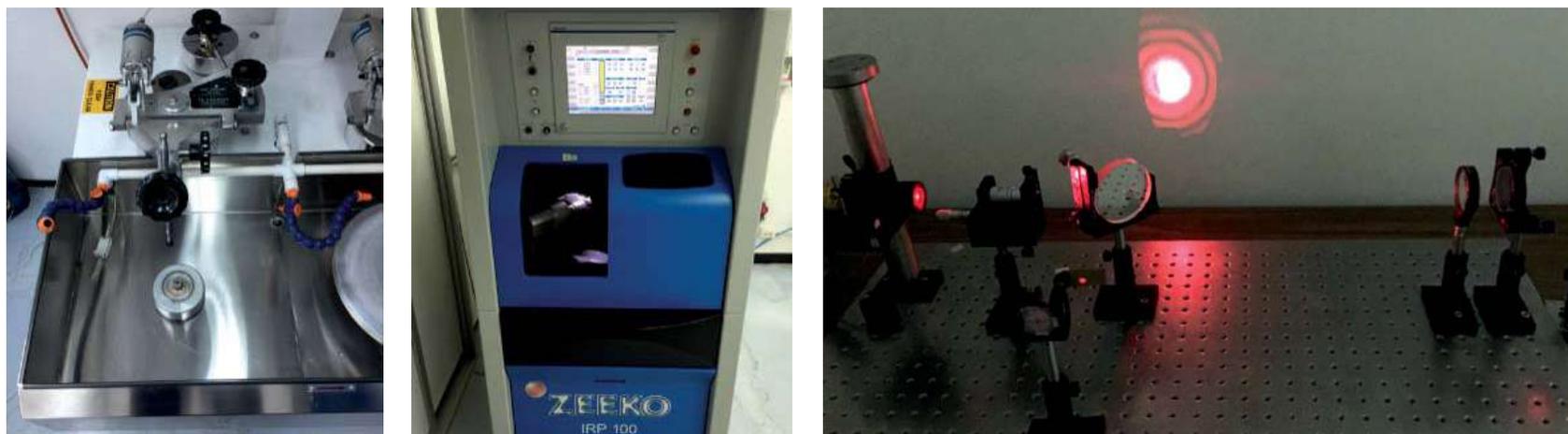
Como parte de las actividades en el área de pruebas ópticas, y para mostrar las capacidades de los métodos de pantallas nulas en la evaluación de sistemas de concentración solar, con apoyo del Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar (CEMIE-SOL) del CONACYT, alrededor de 2017 se adquirió un heliostato y se fabricó un concentrador parabólico de canal, instalados actualmente en la Planta Solar del Instituto de Ingeniería, cerca del Jardín Botánico de Ciudad Universitaria. Actualmente, en colaboración con Gerado

Ruiz Botello y Rigoberto Nava, del Grupo de Ingeniería de Precisión y Metrología, del Departamento de Instrumentación Científica e Industrial del mismo ICAT, se asesora a una empresa interesada en sustituir combustibles fósiles por energía solar.

En 2018, se consiguió apoyo del Fondo para Laboratorios Nacionales del CONACYT, para establecer una sede del Laboratorio Nacional de Óptica de la Visión, con lo que se busca contar con la infraestructura necesaria para continuar la investigación en topografía corneal e iniciar otras líneas de investigación y desarrollo, relacionadas con el mejor entendimiento y caracterización del sistema visual humano. De forma independiente, el Dr. Oleg Kolokoltsev, líder del grupo de Fotónica de Microondas desarrolló tres sistemas experimentales diferentes de OCT's (Optical Coherence Tomography), con aplicaciones potenciales a la observación y medición de sistemas biológicos o biomédicos; estos desarrollos se han encontrado con el problema de analizar un número muy grande de datos experimentales. Esperemos ver soluciones prácticas en los siguientes años.

Expandiendo los estudios de la Óptica, los Dres. Oleg Kolokoltsev y Naser Qureshi comenzaron a estudiar fenómenos en las frecuencias de microondas y terahertz, en el entonces CCADET. Se han desarrollado trabajos para la instrumentación de la microscopía terahertz. Posteriormente dentro del mismo grupo, en 2018, Naser Qureshi y Amado Velásquez comenzaron la construcción de un sistema de nano- y micro-litografía, enfocado a fabricar dispositivos fotónicos y electroópticos para la creación de sistemas integrados.

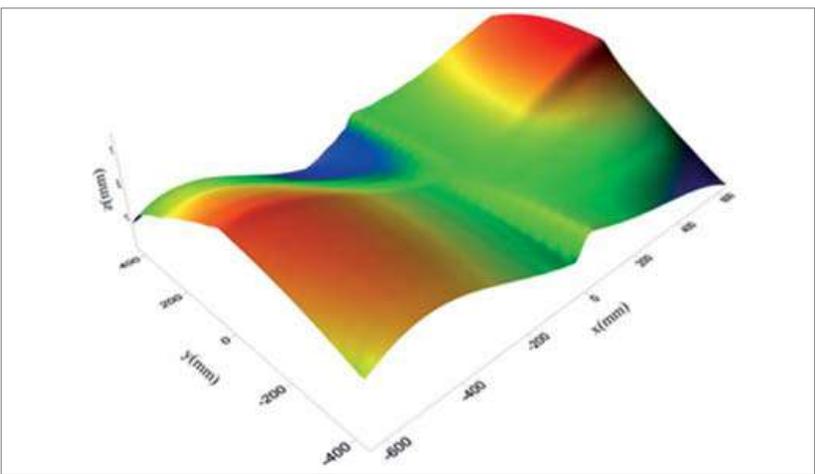
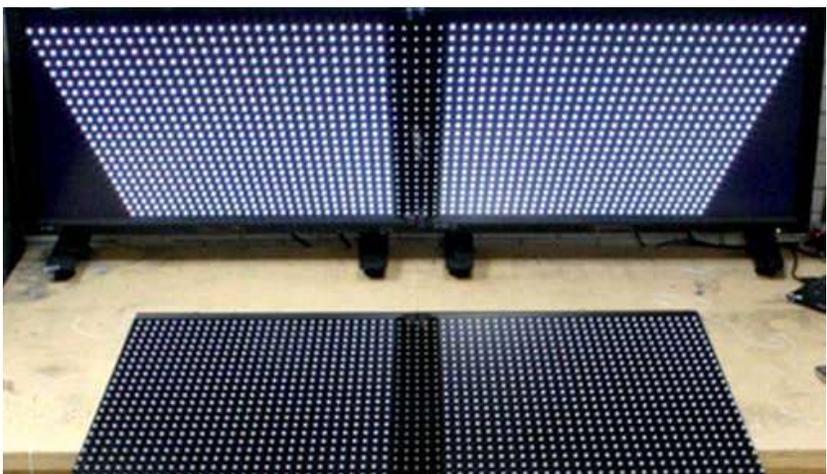
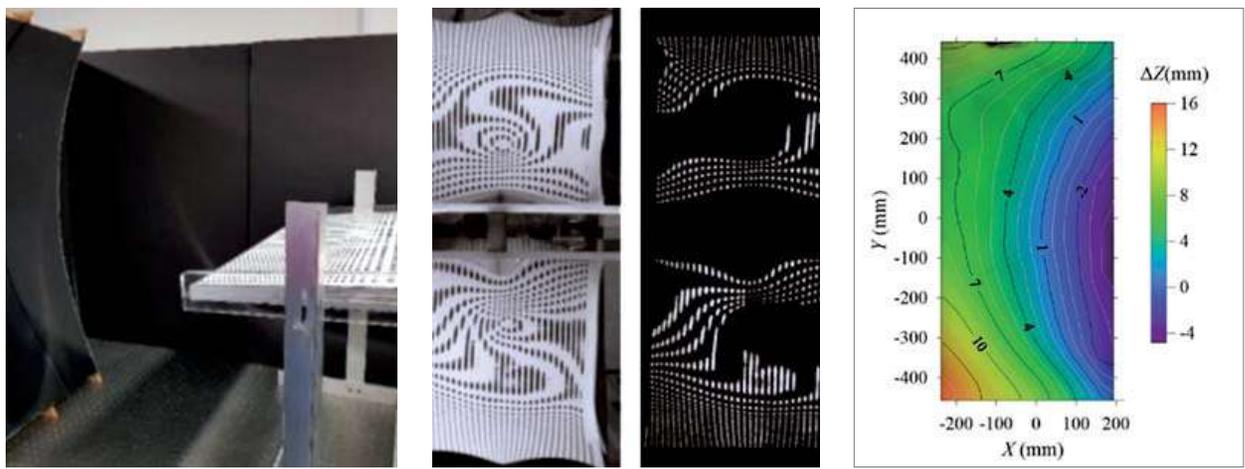
Lo descrito es sólo una parte muy limitada de las contribuciones científicas y tecnológicas conseguidas por los diferentes integrantes del inicial Laboratorio de Óptica Aplicada y de los grupos de investigación en los que se transformó posteriormente.



Izquierda, se muestra detalle del brazo oscilante, los dos ejes y la charola de recuperación del abrasivo de pulidora tradicional para óptica de hasta 40 cm. Centro, pulidora de control numérico para óptica de hasta 10 cm. Derecha, arreglo interferométrico tipo Twyman-Green, para probar la óptica fabricada en el LUFABEO



Izquierda, Concentrador Parabólico de Canal (CPC), diseñado y fabricado en el ICAT, en colaboración del Laboratorio de Metrología y de la Unidad de Fabricación de Prototipos (centro). Derecha, heliostato adquirido. Ambos equipos están instalados en la Planta Solar de Ciudad Universitaria, en colaboración con el Instituto de Ingeniería (Proyecto CEMIE-SOL, CONACYT)



Arriba, Laboratorio de Metrología Óptica a cargo del Dr. Manuel Campos, se muestra el arreglo experimental para probar un CPC (izq.); en el centro se ven las imágenes obtenidas de la reflexión de una pantalla nula en el CPC, y a la derecha el mapa de elevación medido. Abajo, en el Laboratorio de Sistemas Ópticos se muestra la prueba de un espejo plano de grandes dimensiones por pantallas nulas, con el mapa de elevación obtenido en 3D



Laboratorio Nacional de Óptica de la Visión en donde se puede ver parte de los equipos instalados en el área clínica. De izquierda a derecha, un lensómetro, un topógrafo corneal y una lámpara de hendidura, con la computadora para su control

### **Trascendencia**

A lo largo del desarrollo de la Óptica en el ICAT, el trabajo desarrollado ha repercutido más allá del propio Instituto, de la UNAM y de nuestro país; ya sea por la publicación de artículos en revistas internacionales, por la participación en congresos y en su organización, por el número de citas, etc. Basta mencionar algunos datos de interés. Hasta el 2016, en el área de Óptica, se habían publicado 419 artículos internacionales indizados (incluyen proceedings indizados). Considerando los 12 investigadores más antiguos del Departamento

de Óptica, Microondas y Acústica (excluyendo al área de acústica, por ser un área no contenida en la Óptica y porque su incorporación al Departamento es muy reciente), el promedio de artículos indizados publicados por investigador de por vida, según SCOPUS, es de 67 (con un máximo de 109), el promedio de citas es de 394 (Máximo, 808) y el índice H, es de 11 (máximo, 16); considerando un promedio de 21 años de vida productiva (máximo, 36), se tiene un promedio (máximo), de 3.1 (5.0) artículos y 18.6 citas (45); el número de citas por artículo es de 6.0 (12). Es importante señalar que en estos datos se incluye la productividad de Roberto Ortega, pues, aunque falleció

en 2014, su contribución forma un legado importante al área. Los 12 investigadores pertenecen (o pertenecieron) al Sistema Nacional de Investigadores; ninguno ha alcanzado el nivel 3, pero sólo tres son nivel 1. La participación en comités organizadores y sociedades científicas internacionales es abundante y relevante, Martha Rosete es *Division Editor* y Neil Bruce es *Topical Editor, de Applied Optics*. Yo mismo fui parte importante de los comités organizadores del primer congreso CAM-1994 (1994-Canadá-América-México) y del Congreso Mundial de Óptica ICO-22 (2011), ambos realizados en México. Roberto Ortega, en los años 90 fue parte de las comisiones evaluadoras del SNI (como invitado para el área de Óptica) y organizó el OPTILAS (1990-Congreso Latinoamericano de Óptica, Láseres y sus Aplicaciones), del cual fue promotor desde los años 80's en Brasil.

Finalmente, vale la pena resaltar que la participación de los académicos del área de la Óptica en la docencia y en la formación de personal, por medio de servicios sociales y desarrollo de tesis de licenciatura y posgrado, es cada vez más notable. Cuando me incorporé al Centro de Instrumentos en 1988, sólo Roberto Ortega y yo impartíamos cursos de Óptica y dirigíamos tesis en la UNAM. Había algunos colegas en los Institutos de Astronomía y Física que realizaban una labor similar, pero el grueso de la formación de nuevos ópticos se realizaba en los institutos y centros foráneos, principalmente el INAOE en Puebla, el CICESE en Baja California y el CIO en Guanajuato; actualmente el ICAT es reconocido tanto en investigación como en docencia y formación de recursos humanos, en el área de Óptica a nivel nacional e internacional, pues en el ICAT se han formado estudiantes latinoamericanos, sobre todo. Una muestra del nivel de excelencia alcanzado en la docencia son las dos medallas "Antonio Caso" obtenidas por los estudiantes de maestría Oscar Gabriel Rodríguez Herrera (2005, asesorado por Neil Bruce) y Oliver Huerta Carranza (2017, asesorado por mí). Adicionalmente,

en el 2019 volví a ser reconocido por la propia UNAM al otorgarme el Premio Universidad Nacional 2019, en el área de Docencia en Ciencias Exactas.

Es importante reconocer también la importante contribución de los investigadores y técnicos del área de Óptica para convertir al CCADET en el ICAT, en 2018. La Óptica es una de las áreas de trabajo destacadas y pilares del ICAT. El esfuerzo y la visión de Roberto Ortega como líder fundador de esta área en el Centro de Instrumentos, ha alcanzado la meta inicial de contar con un grupo de investigación y desarrollo de nivel internacional, con reconocimiento por sus pares. Esperamos que los frutos de tal iniciativa se vean coronados de mayores logros científicos y tecnológicos relevantes en el futuro.

## El laboratorio de Metrología desde el CI hasta el ICAT (1979-2020)

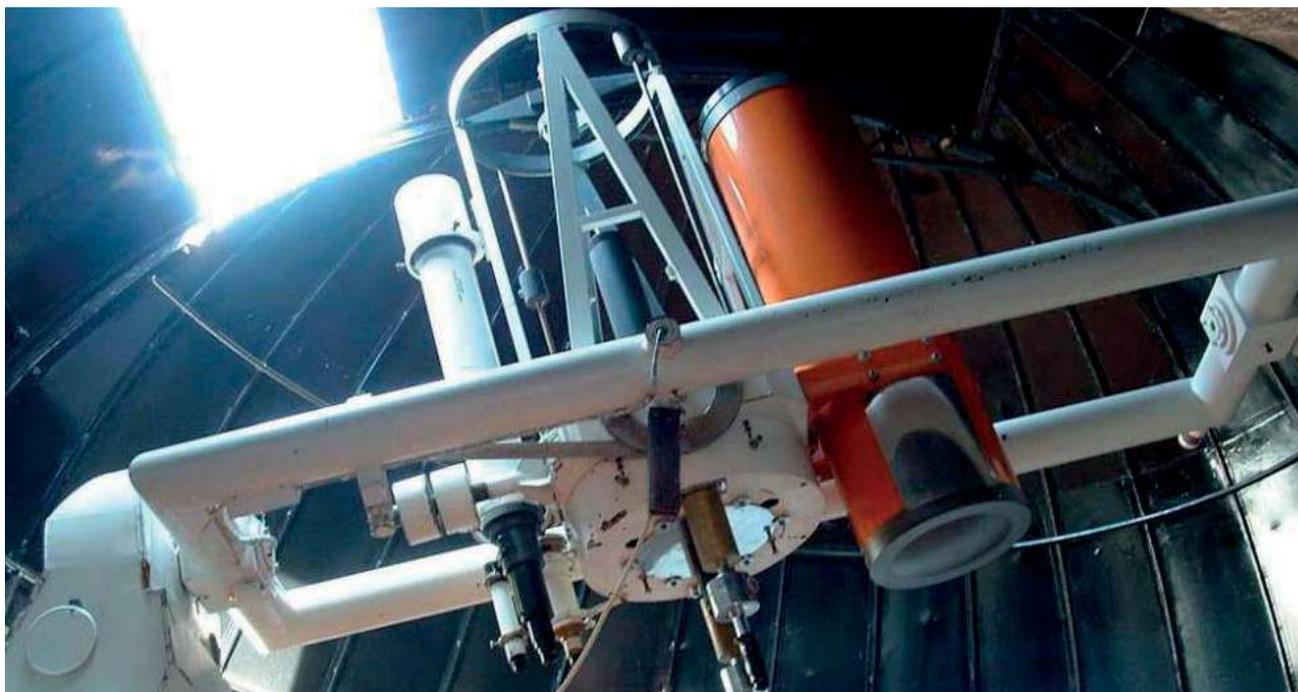
Dr. José Sánchez Vizcaíno y M. en I. Gerardo A. Ruiz Botello

**A** lo largo de 2017, con motivo del 35 aniversario de la constitución de la Sección de Metrología del Centro de Instrumentos (CI) y su 30 aniversario como laboratorio acreditado, sus fundadores, José de la Herrán (Premio Nacional en Tecnología y Diseño (1983) y Premio Universidad Nacional en Creación Artística y Extensión de la Cultura (2005) y quienes esto escriben (ingresamos al Centro de Instrumentos en 1977), así como los demás integrantes del laboratorio: Rigoberto Nava (1982), Sergio Padilla (1988), Benjamín Valera (1994) y David Palomino (2008), compartimos con la audiencia del ICAT en los martes coloquiales, experiencias de motivación tecnológica que dieron origen al Laboratorio de Metrología.

En otros coloquios abordamos las implicaciones de la redefinición del Sistema Internacional de Unidades, vigente a partir del 20 de mayo de 2019 (Día Internacional de la Metrología) y el proceso del establecimiento del Sistema Metrológico Nacional y su inserción en el Sistema Metrológico Internacional, que dicho sea de paso, nos habilitó como laboratorio acreditado para emitir informes y certificados de medición y calibración con validez internacional, a través de los Acuerdos de Reconocimiento Mutuo (MRA, por sus siglas en inglés) y de la *International Laboratory Accreditation Cooperation* (ILAC), de los cuales son signatarias la mayoría de las entidades de acreditación de los países del mundo.



Grupo de Ingeniería de Precisión y Metrología.  
De Izq. a Der.: Gerardo Ruiz\*, José de la Herrán\*, Rigoberto Nava, José Sánchez\*, Sergio Padilla, Benjamín Valera y David Palomino. (\*Fundadores)



Telescopio de la Serie Géminis diseñado y construido entre el CI y el Instituto de Astronomía de la UNAM en las décadas 70 y 80. Foto tomada del Blog, "México, Cerca de las Estrellas", 9 de febrero de 2021

Desde el punto de vista de nuestro grupo académico, con formación en ingeniería, la instrumentación y más aun el desarrollo de nueva instrumentación, no puede darse sin el concurso de la mecánica de alta exactitud, la electrónica y la computación, asociadas al procesamiento digital de alta sensibilidad, densidad y velocidad; así como la óptica.

Algunos de los proyectos que demandaron fuertemente estas especialidades y que motivaron el origen de nuestro laboratorio y nos ocuparon a partir de los años 80 fueron: la instalación del telescopio de 2.12 m de diámetro en su espejo primario, del Observatorio Astronómico Nacional (OAN), en San Pedro Mártir, B.C.; el diseño, fabricación e instalación, en colaboración con el Instituto de Astronomía, de varios telescopios de 40 a 60 cm de diámetro en su óptica principal, localizados en diversos observatorios del país, como el de la Universidad

de Guanajuato, instalado en el Cerro de la Luz en ese estado; el de la Sociedad Astronómica Mexicana, en el Cerro de las Ánimas en Chapa de Mota, Edo. de México; el del Instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara; el del Centro Ecológico de Sonora, en Hermosillo, Son.; y el de la Universidad Autónoma de Zacatecas, localizado en el Cerro de la Virgen en esa entidad; así como el diseño, fabricación e instalación de transmisiones auxiliares de telescopios de menor diámetro en el OAN.

Nos dimos cuenta que teníamos en México la capacidad de diseño, pero no la de fabricación de los trenes de engranes para telescopios con la exactitud mecánica requerida para su movimiento controlado, ni los recursos para su verificación o inspección. Esta carencia, que afectaba en general el desarrollo de la instrumentación con elementos mecánicos como componentes esenciales de la

misma, representaba un nicho de oportunidad para plantearse el establecimiento de un laboratorio de metrología que coadyuvara a llenar ese vacío en la UNAM y en el país.

De ahí que en 1978, con el apoyo del Ing. Héctor del Castillo González, Director en ese momento del CI, iniciamos actividades con el proyecto de diseño, fabricación y metrología de engranes, que sirvió como base para plantearnos a su vez, poco tiempo después, el proyecto de establecer el Laboratorio de Metrología, el cual en 1982, siendo director el M. en C. Héctor Domínguez Álvarez, se constituyó formalmente dentro de la estructura orgánica del Centro de Instrumentos como la Sección de Metrología, con los objetivos de apoyar el desarrollo de instrumentación científica e industrial; ofrecer servicios tecnológicos en diseño mecánico y metrología dimensional con acreditamiento en medición de piezas y calibración de patrones; formar recursos humanos en ingeniería mecánica, metrología e instrumentación; difundir los resultados de nuestro trabajo en los medios apropiados y representar a la institución en los organismos relacionados con la metrología por encargo de la UNAM.

Otro proyecto, encabezado por el Dr. Fernando Alba Andrade, que demandaba instrumentación mecánica de alta exactitud, fue el desarrollo de ultracentrífugas para el enriquecimiento isotópico de uranio a partir de UF<sub>6</sub>. De este proyecto se nos encomendó, entre otras cosas, el análisis de vibraciones y balanceo de rotores para el primer modo de vibración. Un modelo de 1.2 Kg, y su proceso de balanceo a 15,000 rpm fue finalmente realizado y compartido con el Instituto de Física. Huelga decir que a esas velocidades o mayores, distorsiones o desalineamientos cercanos a los micrómetros pueden tener efectos muy destructivos. Humberto Sotelo González, -con quien formábamos el grupo de mecánica en ese entonces-, con el ingenio y creatividad que le caracterizaban, consiguió rápidamente levitar los rotores en rodamientos magnéticos desarrollados por él mismo, y para festejar ese logro, nos invitó a comer carne asada en el

Ajusco con sus espejos de Fresnell, fabricados también por él mismo de manera por demás ingeniosa.

No podemos dejar de mencionar tampoco otros nombres de entusiastas académicos pertenecientes a la primera generación del CI como Jaime Pimentel Henkel, Javier Sierra Vázquez y Manuel Estévez, entre otros, que no pueden olvidarse en esta etapa histórica del CI; fueron ellos quienes desarrollaron los controladores de velocidad para el guiado de telescopios en  $1 \pm 1.2 \times 10^{-6}$  rev/día, y de avance-retroceso 10 a 100 veces mayores; y colaboraron con nosotros también en el desarrollo de sensores de vibraciones sin contacto o estabilización térmica de “hornos” en  $\pm 0.1$  °C. Todos pertenecíamos al Departamento de Diseño y Desarrollo compuesto esencialmente de dos grupos: mecánica y electrónica. También recordamos con afecto a Héctor Riveros Rotgé (Secretario Académico), Ricardo Ruiz Boullosa, Manuel Álvarez Icaza, Armando Solar González, Ramón Díaz Nava, Roberto Sayavedra Soto, Gerardo Ávila Soberanes, Valentín Medina, Alfonso Macías López, Adolfo Gómez Ruiz, José Saniger Blesa y, por supuesto, a Martín Briseño Garduño. De otros departamentos recordamos con afecto a Antonio Castruita Vargas, Clara Alvarado Zamorano, Adrián Oskam y, por supuesto, al inolvidable José Luis Pérez Silva, quien durante muchos años, muy temprano por la mañana, inundaba con sus interpretaciones de diversas canciones todos los espacios del Centro.

Es necesario reconocer a nuestros compañeros administrativos del taller mecánico Juan Arenas Berrocal, Napoleón Díaz Furrusca, Valentín López Cabañas, Hiram Galván Lecón y José Rubí Rubí, entre otros, mecánicos de alta especialidad y entusiasmo inquebrantable, que desafiaron los retos de fabricar las partes que se les solicitaran, no importando que tan complejas o exactas fueran. Y de manera más general, también debemos mencionar que el CI alojó talleres de mantenimiento de microscopios ópticos, microscopios electrónicos, balanzas analíticas, mecanismos de relojería, ultracongeladores,

ultracentrífugas, y un largo etcétera, junto con la impartición de cursos sobre esos temas. Estas capacidades y la experiencia acumulada asociada a esas actividades se abandonaron y se perdieron cuando se decidió desaparecer el Departamento de Mantenimiento de la estructura orgánica del CI, a principios de los años noventa.

En resumen, se dio una cadena de circunstancias y hechos que no se pueden atribuir al azar, y que descritas sintéticamente son:

- ◆ En 1979, el Ing. Héctor del Castillo González, director del CI nos encarga estudiar los problemas de exactitud de guiado de telescopios;

- ◆ En 1980, el Telescopio de 2.12 m del Observatorio Astronómico Nacional está en etapa de ensamble de partes, entre ellas los engranes principales de guiado del instrumento;

- ◆ Nos es ofrecida la visita a Fellows Corporation en Springfield, Ver., USA, junto con la asesoría del experto E.K. Buckingham;

- ◆ El Ing. José de la Herrán solicita y nos es concedida una visita a los laboratorios del NBS (National Bureau of Standards), ahora NIST (National Institute of Standards and Technology);

- ◆ En 1980, José de la Herrán, quien se encontraba comisionado en el CONACYT como editor en jefe de la revista de divulgación “Información Científica y Tecnológica”, nos invita a formular con él una solicitud de apoyo al CONACYT (primer proyecto financiado por dicho organismo otorgado al CI), para adquisición de equipo para el Laboratorio de Metrología y nos fue otorgado (posteriormente, el CONACYT otorgó apoyo a otros dos proyectos con el mismo fin, para adquirir patrones y equipo para calibración de patrones);

- ◆ En 1982, asistimos al Curso Interamericano de Metrología, promovido por la OEA y el INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, laboratorio nacional de mediciones de Argentina);

- ◆ A nivel nacional se promueve la creación de un Centro Nacional de Metrología (actual CENAM), con el CINVESTAV y la Industria Militar entre sus principales actores; así mismo, iniciamos nuestra participación en el Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas (SINALP);

- ◆ En 1987, se acreditan los primeros laboratorios en el naciente Sistema Nacional de Calibración (SNC), siendo el nuestro el primer laboratorio de una institución pública (y primero en la UNAM), acreditado por la Dirección General de Normas (no había entonces entidades de acreditación en el país), y el segundo en el país;

- ◆ En 1992 y 1999, respectivamente, se publican la Ley Federal de Metrología y Normalización y su Reglamento, que otorgan a la UNAM desde su origen estatus de miembro del Consejo Directivo del CENAM. Esta representación le fue confiada en su momento al CI y se ha mantenido vigente hasta hoy a través del Laboratorio de Metrología. La nueva versión de esta ley, llamada ahora Ley de la Infraestructura de la Calidad (este concepto integrador rige actualmente a nivel internacional), se acaba de aprobar a mediados de 2020, considerando a la metrología, la normalización, la acreditación y la evaluación de la conformidad como los elementos principales sobre los que se ha de basar la política industrial del país;

- ◆ En 1994, con la firma del TLCAN, se inauguró el CENAM como laboratorio primario nacional y se detona en el país la actividad metrológica con base en laboratorios secundarios acreditados, como un elemento de soporte esencial para competir internacionalmente en un ambiente de mercado abierto globalizado,

♦ En 1999 entra en operaciones la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA), la cual se haría cargo de la acreditación de organismos de certificación, laboratorios de pruebas o ensayos, laboratorios de calibración y unidades de verificación. Con esta entidad participamos durante muchos años en su Comité de Acreditación de Laboratorios de Calibración como representantes del sector educativo y de investigación por parte de la UNAM,

♦ Recientemente, a mediados de 2020, se aprobó la entrada en operaciones de la organización denominada Mexicana de Acreditación, como la segunda entidad de acreditación en el país. Cabe señalar que en ambas entidades la UNAM tiene un asiento en su consejo directivo.

A la par que el Sistema Metrológico Nacional iniciaba un proceso definitivo de fortalecimiento y consolidación, el naciente grupo de metrología encontró acogida y estableció sinergias muy favorables con especialistas de diversas instituciones nacionales y extranjeras: con el M. en C. Rigoberto García Cantú y el Dr. Héctor Nava Jaimes, del proyecto CENAM-CINVESTAV; con el Ing. Bernardo Noyola Pintor, del IPN; con el Coronel José Campos Caudillo, de la Industria Militar; con la Dra. Mercedes Irueste, fundadora del Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas y del Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C.; con el Dr. Walter Link, del Instituto de Pesquisas Tecnológicas, de Brasil; con los Dres. Steiner, Araolaza y Marquez, del Instituto Nacional de Tecnología Industrial, así como con el Ing. Seoane de la Universidad Tecnológica Nacional, de Argentina; con el Gral. Dr. Javier Carro de Vicente Portela, del Taller de Precisión de Artillería y el Dr. Fernando Torres Leza de la Universidad de Zaragoza, en España; con el Dr. Eugen Trapet, del PTB de Alemania Federal y el Dr. Joachim Beck de Carl Zeiss Jena, de Alemania Democrática, por mencionar sólo algunos.

En todos ellos reconocimos entusiastas promotores de un Gran Proyecto Metrológico Internacional, requerido para soportar el desarrollo de la metrología científica, industrial y legal en países como el nuestro. Con todos ellos se tuvo en su momento el intercambio necesario para que con su conocimiento y experiencia pudiéramos apuntalar el proyecto de nuestro laboratorio. Desde el lado de la industria en México, el Ing. Von Eiff de la VW de México y el Ing. Carlos Proal Miranda, entre otros industriales, también apoyaron al grupo aportando ideas y su experiencia en el tema.

Un denominador común de todas estas personas e instituciones fue su apertura al conocimiento de altas exactitudes, el deseo de compartir experiencias científicas e industriales, y de apoyar la creación de centros o institutos tecnológicos en diversas regiones. Aparejado con este proceso se dio la inclusión del Capítulo México en la *International Measurement Confederation* (IMEKO), a través de la Sociedad Mexicana de Instrumentación, con el Dr. Claudio Firmani Clementi a la cabeza, que se mantuvo entre 1992 y 2012.

El apoyo de los directores del CI y del CCADET durante todos esos años, y particularmente de los Coordinadores de la Investigación Científica, Dr. José Sarukhán, -a quien conocíamos desde 1978 como investigador demandante de los servicios del Centro-, y del Dr. Juan Ramón de la Fuente, fueron determinantes para dotar al Laboratorio de Metrología de equipo de alta tecnología, como el sistema interferométrico láser HP 5528A y el laboratorio de medición por tres coordenadas, incluyendo su edificio y la máquina Zeiss UMM 500.

La metrología es un soporte fundamental de la ingeniería de alta precisión, muy necesaria a su vez en el desarrollo de instrumentación. Alrededor de 2010 el nombre del grupo académico cambió de “Laboratorio de Metrología” a Grupo Académico de “Ingeniería de Precisión y Metrología” (GIPM), pues atiende a ambos:



Vista general de la sala de medición por coordenadas



Calibración de nivel electrónico utilizando como referencia un sistema de medición láser



Calibración de patrones de longitud por comparación, uno de ellos es referencia con trazabilidad hacia patrones internacionales



Vista general de la sala de calibración. Comparador electromecánico de bloques patrón a la izquierda e interferómetro tipo Fizeau a la derecha

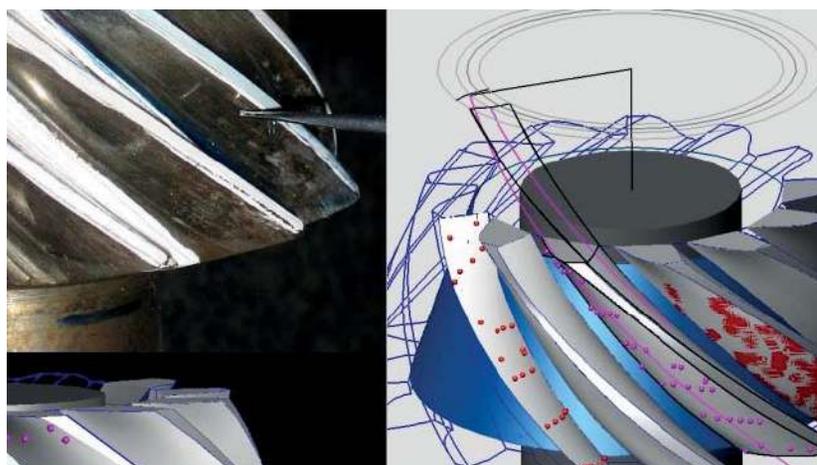
el desarrollo de instrumentación y aplicaciones de alta precisión y a la diseminación de la exactitud a partir de las mediciones y calibraciones especializadas.

Algunos proyectos y líneas de liderazgo del GIPM son: El desarrollo de una máquina de medir por tres coordenadas con apoyo del fideicomiso SOMEX-UNAM; la organización de cursos de capacitación a sus integrantes con apoyo de la ONUDI, a través de la invitación de expertos internacionales; el desarrollo de patrones y procesos de calibración para máquinas multi-eje; la ingeniería de reversa de formas libres; el análisis de forma y acoplamiento de engranes hipoidales; la impartición de cursos curriculares de licenciatura y posgrado sobre Instrumentación, Ingeniería de Precisión y Metrología y Sistemas de Gestión de la Calidad; el desarrollo de procesos propietarios de medición sin contacto, con apoyo del Instituto de Ciencia y Tecnología del DF; la calibración absoluta de planos ópticos con un plano líquido; la automatización de procesos de medición y calibración; el desarrollo de placas patrón de vidrio y aluminio para inspección de máquinas de medir por tres coordenadas; entre otros.

Como soluciones tecnológicas específicas aportadas en otros campos se pueden mencionar: la calibración de una Pantalla de Hartmann para evaluar el espejo de 2,12 m, del Instituto de Astronomía de la UNAM; la digitalización y promediación de formas dentales para su parametrización como prototipos mexicanos, con la Facultad de Odontología-UNAM; la ingeniería de reversa de álabes de turbinas de vapor para el entonces Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE); el diagnóstico de bujes, ejes y carcasas de cajas de transmisión de boogies del Metro; la restauración de bastidores de estéreo-taxia (máquina de posicionamiento tridimensional para ensayos) para el Instituto de Fisiología Celular-UNAM; la Ingeniería de Reversa, la fabricación de herramientas y calibres, y el prototipo de una tobera

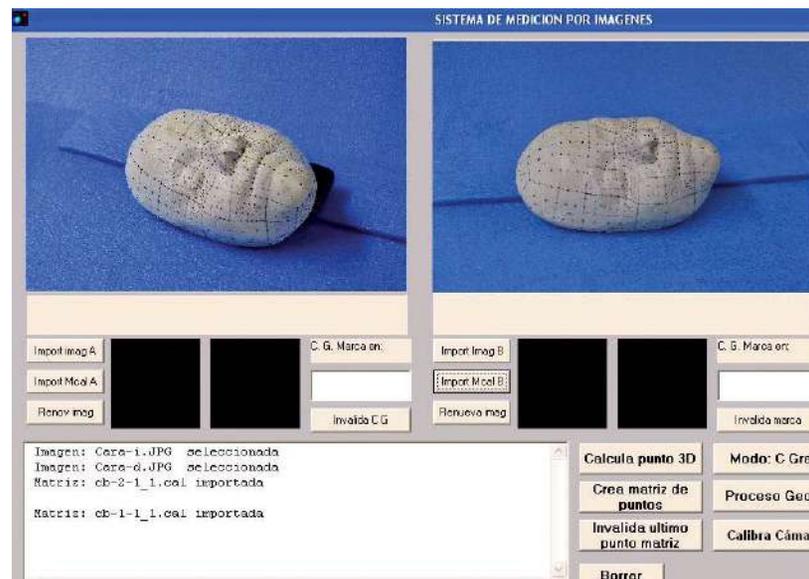


Máquina de referencia para medición de longitud, alcance 1000 mm, resolución 0,1  $\mu$ m



Análisis de forma y acoplamiento de engranes hipoides con procesos propietarios de medición

supersónica del Instituto de Energías Renovables (IER)-UNAM; la verificación geométrica de la superficie de un concentrador solar de canal parabólico; y muchos otros.



Medición y análisis de formas libres con software propietario

Mención especial merece también el proyecto de automatización del Laboratorio de Metrología del Laboratorio de Pruebas Equipos y Materiales (LAPEM) de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), en Irapuato, Gto. Este proyecto del Programa Sectorial SENER-CONACYT, con duración de dos años, fue el primer proyecto sectorial apoyado por dicho Consejo en el entonces CCADET, e incluyó además la participación de la Facultad de Ingeniería, con la participación de una veintena de ingenieros entre académicos, personal por honorarios y becarios, coordinados por Benjamín Valera Orozco.

Es importante señalar que nuestro grupo académico fue el primero al que se le otorgó una patente en nuestra entidad académica, en este caso, sobre el procedimiento de calibración de polígonos ópticos con un autocolimador, desarrollado por Rigoberto Nava Sandoval con apoyo de Rufino Díaz Uribe.



Calibración absoluta de planos patrón con un plano líquido



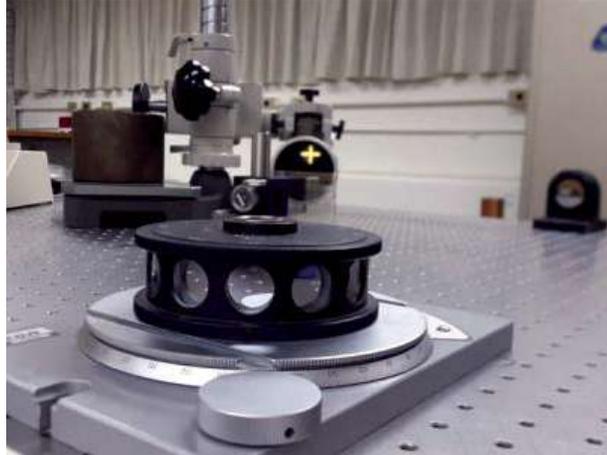
Placa patrón de vidrio desarrollada en el Laboratorio de Metrología y fabricada en el taller del Centro de Instrumentos para la verificación de máquinas de medir por coordenadas



Uso de un artefacto de referencia para determinar errores de la superficie parabólica de un concentrador solar (2019)



Grupo de trabajo del proyecto de Automatización del Laboratorio de Metrología del LAPEM de la CFE



Calibración de un polígono óptico mediante un autocolimador utilizando como referencia al propio polígono (patentado)



Ingeniería de reversa y síntesis geométrica de álabes de turbina de vapor para el IIE

Realización de pruebas con el inclinómetro tri-axial inalámbrico para el monitoreo del Tláloc de Coatlinchán



Actualmente han surgido nuevos espacios de aplicaciones de la especialidad, como en la Arqueometrología, en donde se ha trabajado en monitorizar en tiempo real, los desplazamientos de grandes piezas con valor arqueológico, como el Tláloc de Coatlinchán.

La prestación de servicios tecnológicos de medición y calibración acreditados fue un objetivo del laboratorio desde su creación, y se empezaron a prestar desde su inicio tanto a la misma UNAM como a diferentes usuarios de los sectores público, social y privado que los requerían. Fue así que se inició el proceso de acreditamiento del laboratorio conforme a la Guía ISO 25, antecedente histórico del actual estándar internacional ISO 17025.

La DGN otorgó en 1987 el acreditamiento en medición de engranes al laboratorio, mismo que después, entre 2000 y 2010 se mantuvo con la EMA y se fue ampliando con el correr del tiempo hasta contar

hoy con 20 procedimientos técnicos de medición y calibración acreditados. La acreditación proveyó el valor agregado de que los procedimientos acreditados han sido auditados por expertos técnicos externos, es decir, se cuenta con una evaluación por pares que validan las capacidades técnicas del personal del laboratorio, la trazabilidad de sus patrones y equipos y su sistema de gestión de calidad con impacto en su desempeño administrativo.

Los resultados de las mediciones y calibraciones cuentan con reconocimiento internacional a partir de los acuerdos de reconocimiento mutuo (MRA) y la adhesión a la ILAC por parte de *Perry Johnson Laboratory Accreditation (USA)*, la cual es la entidad que acredita nuestro laboratorio desde hace 10 años. Para ello fue necesario desarrollar un sistema de gestión de calidad del laboratorio, en nuestro caso, conforme al estándar internacional ISO 17025 y mantenerlo vigente todo el tiempo en su versión más actualizada (actualmente, la versión 2017).

El conjunto de procedimientos técnicos y de gestión han sido auditados desde entonces cada año, garantizando los resultados y las incertidumbres ofrecidas por el laboratorio durante todos estos años. El laboratorio se convirtió así en un referente nacional, llegando a tener en las décadas de los 80 y 90 cientos de solicitudes de servicio al año. La participación de México en el TLCAN a partir de 1994 y la entrada en operaciones de la EMA en 1999 detonaron el crecimiento del SNC con el acreditamiento de un gran número de laboratorios en diversas magnitudes físicas y químicas, lo cual nos condujo a ceñir el alcance de las mediciones y calibraciones que ofrecía nuestro laboratorio a los de nivel más alto y especializado, en los cuales se demandan conocimientos, experiencia y capacidades de desarrollo con los que no cuentan otros laboratorios; esto nos ha permitido mantenernos a la vanguardia y con alta competitividad durante 40 años.

La actividad docente y la formación de recursos humanos a nivel de licenciatura, posgrado y extracurricular, ha sido una tarea permanente del grupo académico desde 1978. Todos sus miembros, sin excepción, impartimos desde entonces, conforme nos fuimos incorporando al CI, cursos en la Facultad de Ingeniería en las divisiones de Ciencias Básicas, Mecánica e Industrial y Eléctrica, y en los posgrados de Ingeniería Mecánica e Ingeniería de Sistemas. Estos esfuerzos han sido reconocidos en diversas ocasiones por el PAPIME, que ha proporcionado el apoyo necesario para la realización de proyectos con impacto a nivel licenciatura en ingeniería.

La impartición de cursos extracurriculares ha sido también una actividad que permitió al laboratorio tener y mantener una presencia importante con asistentes de la UNAM y de los diferentes sectores de la sociedad. Particularmente exitosos fueron el “Curso básico de Metrología Dimensional”, “El curso avanzado de Metrología Dimensional” y el “Diplomado en Metrología”, este último impartido en colaboración con la Facultad de Química. La asistencia a estos cursos de personal de laboratorios de la industria, el sector público



Certificado de acreditación otorgado por Perry Johnson Laboratory Accreditation, USA

y el sector académico, fue un denominador común. También, fue significativa la asistencia a estos cursos de personal de laboratorios que eventualmente pasarían a formar parte del SNC.

La presencia de estudiantes realizando su tesis de licenciatura y posgrado, su práctica profesional o su servicio social, asociados al personal académico y a proyectos del laboratorio ha sido una constante todos estos años, y ha permitido a aquellos una incursión más profunda en su formación en temas que no necesariamente se incluyen curricularmente en los planes de estudio de licenciatura y posgrado en ingeniería, cerrando el círculo virtuoso de las etapas diseño-fabricación-inspección-gestión de la calidad en la preparación de los estudiantes, lo cual le proporciona a su competitividad un valor agregado en el mercado de trabajo.

Por otro lado, el mantenimiento del Sistema de Gestión de la Calidad del laboratorio, motivó que varios de sus integrantes buscáramos una formación académica en el campo de ingeniería de sistemas, particularmente en sistemas de calidad, y desde el año 2000 se inició trabajo en esa dirección. Significativamente, la colaboración con los Drs. Sergio Estrada Orihuela y Pedro Morales Puente, de la Secretaría de Investigación y Desarrollo de la Coordinación de la Investigación Científica, desembocó en la creación de la Coordinación de Gestión para la Calidad de la Investigación, con la cual se ha colaborado desde entonces en los procesos de auditorías internas de laboratorios universitarios de docencia e investigación, para su certificación y/o acreditamiento.

Finalmente queremos expresar que a lo largo de estos 40 años de fundación y 34 de acreditamiento, nos sentimos satisfechos por haber sido pioneros en la UNAM y de habernos hecho de un espacio para formar parte y gozar del reconocimiento de la comunidad metrológica en México; de compartir nuestros conocimientos, desarrollos y experiencias con los futuros ingenieros y científicos,

así como con los profesionales en activo a los que les han sido útiles antes y les siguen siendo útiles ahora; y de haber contribuido desde la Universidad, y en particular desde el CI hasta el ICAT, a la edificación de la actividad y cultura metrológica y de la ingeniería de precisión mexicanas.



De izquierda a derecha: José Sánchez, Rigoberto Nava,  
Sergio Padilla, Sergio Estrada y Gerardo Ruiz

## La transformación del Centro de Instrumentos en Centro de Investigación (1988-2000)

M. en I. Gerardo Antonio Ruiz Botello

**E**n 1988, el M. en C. Manuel Estévez ocupaba la Dirección del Centro de Instrumentos (CI); había sido designado Director por el Rector Dr. Jorge Carpizo en 1985, año en el cual el M. en C. Héctor Domínguez, Director en ese momento, había sido nombrado titular de la Coordinación de Planeación, Presupuesto y Estudios Administrativos. El terremoto del 19 de septiembre de 1985 había dejado profundas y dolorosas huellas y enseñanzas; habíamos perdido, en el Edificio Nuevo León en la Unidad Nonoalco Tlatelolco, a nuestra compañera Guadalupe Alcántara “Lupita”, pero también había permitido mostrar los sentimientos solidarios y el compromiso del Centro y de la Universidad con la población de la Ciudad de México. Manuel había invitado a José Saniger a ocupar la Secretaría Académica, en sustitución de Jaime Pimentel quien, junto con otros miembros del Centro, particularmente de la generación de fundadores de los años 70 y algunos otros, decidieron buscar opciones de desarrollo personal y de mejoramiento salarial fuera de la UNAM. En ese entonces las condiciones salariales en la Universidad eran bastante malas, no había programa de estímulos a la productividad y muchos académicos estaban migrando a otras instituciones educativas, -privadas la mayoría de ellas-, o bien estableciendo sus propios negocios, o a veces, “dobleteando” salario al trabajar en más de una institución.

Todos éramos Técnicos Académicos, a excepción de Ricardo Ruiz, quien al volver de sus estudios de maestría en Inglaterra en 1981, se convirtió en el primer investigador del Centro emanado de entre su personal académico. El Centro hizo algunos intentos por contar con otros dos investigadores en esos años, -Arturo Noyola Isgleas y Jorge Lira Chávez-, sin éxito. El Sistema Nacional de Investigadores (SNI) se acababa de crear en 1984, y representaba para algunos, principalmente los investigadores, una opción de mejoramiento económico y permanencia en la Universidad.

En 1988, -apenas un año después de la huelga del Consejo Estudiantil Universitario (CEU), que puso en entredicho el documento del Rector Carpizo sobre “Fortalezas y Debilidades de la Universidad” y los primeros intentos por incrementar las cuotas en la institución-, José Saniger decidió concentrarse en la conclusión de sus estudios de doctorado y renunció a la Secretaría Académica del Centro. Yo estaba al frente de la Sección de Metrología, y Manuel me invitó a sustituir a Saniger, manteniéndome además al frente de dicha Sección. Iniciaba para mí un periodo de doce años de mi vida que me permitieron, en mi tiempo y circunstancia, contribuir en la medida de mis posibilidades al crecimiento del CI y su transformación en centro de investigación, perfil que años después, al mero principio

del breve y desafortunado paso de Francisco Barnés de Castro por la rectoría, -quien designó como Director del CI a Felipe Lara Rosano, a finales de 1997-, le permitió permanecer en la estructura universitaria, suerte que no corrieron el Centro de Información Científica y Humanística (CICH), el Centro de Servicios de Cómputo (CSC), el Centro de Comunicación de la Ciencia (CCC), el Centro para la Innovación Tecnológica (CIT) y otros centros, y nos permitió consolidar el establecimiento de las bases para su eventual evolución y transformación, hasta convertirse en un instituto de investigación en marzo de 2018.

Mis colaboradoras en ese momento, en el trabajo secretarial, eran la Sra. Ma. Antonieta Flores, “Toñita”; Bertha Beatriz Galicia, “Beti”, que era secretaria de la Sección de Metrología, y Marina Barrera, quien se encargaba de los asuntos con el Consejo Técnico de la Investigación Científica (CTIC) desde la Dirección del Centro. Cruz Mónica Galicia, hermana de Beti, era la secretaria del Depto. de Diseño y Desarrollo, cuyo jefe era Roberto Ortega; y contaba, además, con la participación de Clara Alvarado, quien se hacía cargo de los programas de intercambio académico y servicio social del Centro, entre otras actividades.

Sus herramientas de trabajo eran la máquina de escribir y el “editor de textos”; este último equipo nos permitía transcribir los manuscritos escritos a mano y pasarlos a un archivo de texto electrónico para su posterior impresión. Las computadoras personales tardarían todavía tiempo en llegar a ser una herramienta común de trabajo. Poco tiempo después llegó Teresa Morales, en sustitución de Marina, y finalmente Claudia Arreola, en lugar de Tere; ellas se sumarían a ese gran equipo de trabajo, del cual recibí siempre la mejor de las respuestas y el mejor trato. Siempre recibí también el apoyo de Luz Aurora Contreras Ledezma, tanto cuando estuvo adscrita a la Secretaría Académica, como cuando lo estuvo a la Dirección

del Centro. De igual forma, siempre conté con la colaboración de la Secretaría Administrativa a cargo de Yolanda Flores Platas y sus colaboradoras Hilda Gómez, Irma Zepeda (q.e.p.d.), Hilda Torres y Martha Irene García Guerrero, así como de Leticia Flores Platas, al frente de la Biblioteca del CI, pues ésta dependía, como hasta ahora, de la Sría. Académica. Entonces inició su servicio social bajo mi supervisión Rocío Sandoval González, quien con el tiempo se convertiría en funcionaria del CI.

El CI, después de 15 años, creado en 1971 por el Rector Pablo González Casanova a propuesta del Dr. Fernando Alba Andrade, ex Director e Investigador Emérito del Instituto de Física, tenía ya una estructura consolidada que se cimentaba en sus departamentos de Diseño y Desarrollo, Mantenimiento, Producción y Enseñanza Experimental de las Ciencias, en consonancia con las funciones originalmente establecidas en su acuerdo de creación y articulado a un modelo de desarrollo económico del país, fincado en la sustitución de importaciones y economía cerrada.

Llegó el año 1989, y quizás un par de semanas después de la caída del Muro de Berlín, -este evento tendría implicaciones para el Centro años después, como veremos más adelante-, me llamó por teléfono Manuel Estévez y me dijo: “Te va a llamar el Coordinador, el Dr. de la Fuente”. Yo le pregunté si sabía cuál era el asunto, y Manuel me dijo: “Te va a invitar a formar parte de la terna”. Manuel estaba por terminar su primer período como Director, y había sido informado por el Coordinador que él (Manuel) no formaba parte de los planes del Rector Sarukhán (1989-1996) para el Centro. Manuel entendió y asumió la decisión institucionalmente, al igual que yo atendí la cordial invitación que me formuló el Dr. Juan Ramón de la Fuente. Los otros invitados a la terna fueron José de la Herrán, destacado Técnico Académico adscrito al Laboratorio de Metrología del CI, -Premio Nacional en Tecnología y Diseño en el año 1983 (postulado por el

propio CI)-, y Claudio Firmani, destacado investigador del Instituto de Astronomía y Premio Universidad Nacional en Innovación Tecnológica y Diseño Industrial, -junto con otros investigadores y técnicos académicos del Instituto de Astronomía-, por el desarrollo del detector “Mepsicrón”. Formar parte de una terna al lado de dos “gigantes” universitarios era un privilegio para mí, y por supuesto fue una oportunidad de aprendizaje y crecimiento. La decisión del Rector Sarukhán estaba “cantada”, era su atribución y por supuesto había que respetarla. Acudí a la entrevista con el Rector, en la cual él, como siempre, fue muy afable. Ya nos conocíamos desde que él era investigador en el Instituto de Biología e iba al CI a encargarnos algunos trabajos. Siempre mantuve una buena relación con el Dr. Sarukhán, quien apoyó decididamente en su momento como Coordinador de la Investigación Científica el proyecto del Laboratorio de Metrología, al igual que también hizo años después el Dr. de la Fuente.

El 12 de diciembre de 1989 tomó posesión Claudio Firmani como Director del CI. Terminaba la gestión de Manuel Estévez como Director, -por cierto, primero y único Técnico Académico, hasta ahora, y primer Director emanado de entre su personal académico en ocupar ese cargo-. Tendrían que pasar otros 16 años para que otro miembro de su personal académico, -José Saniger-, se convirtiera en Director, y para que muchos años después, en 2018, otro técnico académico -Miguel Ángel Bañuelos- formara parte de la terna, esta vez para contender por la dirección del actual ICAT

Al término de la ceremonia de toma de posesión de Claudio Firmani me pidió que lo acompañara a la Dirección del Centro. Las renunciaciones de los jefes y secretarios estaban sobre su escritorio. Me dijo: “Quiero que sigas al frente de la Secretaría Académica”, a lo que repuse: “Claudio, tú no me conoces ni yo a ti”. “No importa, -me dijo-, pero tú conoces al Centro. -Ya tendremos tiempo para conocernos”. Tanto a

los secretarios como a los jefes de departamento nos ratificó (previa consulta con el personal académico de cada departamento, en el caso de los últimos), pero el Departamento de Diseño y Desarrollo no alcanzó un acuerdo y decidió permanecer sin jefe. Empezaba para mí un proceso de aprendizaje y formación en la gestión del Centro y de sus recursos humanos, y de una relación de amistad que, lamento mucho, hubo de verse interrumpida cuando Claudio decidió jubilarse en la UNAM y retornar a Italia, su país de origen.

La misión de Claudio al frente del CI consistía en establecer la actividad de investigación como parte del quehacer del Centro, de manera que se consiguiera una sinergia con sus actividades de diseño y desarrollo que ya estaban bien cimentadas. Tan era así la encomienda del Rector, que hizo que Claudio, -un astrofísico-, estableciera el Laboratorio de Detectores del CI, en el cual diera continuidad a sus trabajos de desarrollo tecnológico alrededor de los detectores de fotones. De inmediato, también, se dieron los primeros pasos para dotar al CI de Internet, para hacer investigación, pues, había que contar con investigadores. Iniciamos de inmediato, a partir de 1990, las acciones encaminadas a la incorporación y formación de investigadores. Varios técnicos académicos decidieron tomar esa ruta: Ricardo Ruiz ya lo había hecho; José Saniger, Roberto Ortega, Gabriel Corkidi, Jorge Márquez y Felipe Orduña, entre otros, lo harían poco tiempo después, durante o al concluir sus estudios de posgrado.

Aparte, teníamos un buen número de estudiantes becados por la DGAPA en el extranjero; algunos de ellos, como Martha Rosete y Fernando Arámbula se incorporarían tiempo después; otros se ubicarían en otros institutos de la UNAM o Centros de Investigación del CONACYT, y algunos más, se quedarían en el extranjero. Rufino Díaz -quien concluyó su doctorado en el CI-, y Mayo Villagrán, llegaron al Centro por invitación de Roberto Ortega, quien a su vez insistía en crear un grupo de Óptica. Contábamos con un antecedente

en esa dirección, ya que a finales de los años 70 y principios del los 80's del siglo pasado, tuvimos la presencia de un grupo de Óptica por alrededor de dos años. Estos "ópticos" formaban parte del grupo que estaba encabezado por el Dr. Daniel Malacara Hernández, fundador del Centro de Investigaciones en Óptica (CIO), en León, Guanajuato, y que se irían a trabajar allá en cuanto se dieron las condiciones para hacerlo.

Cabe señalar que, desde la fundación del CIO, el CI, hoy ICAT, ha formado parte de su Consejo Directivo. En lo particular, yo formé parte de su comisión dictaminadora durante 7 años (2000-2007), en las administraciones de los Drs. Efraín Regalado y Fernando Mendoza. Una cosa interesante que conocí allí es que tienen tres figuras académicas: investigador, ingeniero de desarrollo y técnico académico; las dos primeras con los mismos salarios y prerrogativas. A una entidad con el perfil del CI, después CCADET, hoy ICAT, contar con la figura de ingeniero de desarrollo le hubiera venido muy bien, pero eso no era posible en la UNAM. Pero, ¿cuáles eran las líneas de investigación en las que trabajarían los investigadores del CI? Pues aquellas en las cuales estaban haciendo o habían hecho su doctorado. Se pretendía que fueran líneas de investigación de corte experimental, aplicado, y con alguna vinculación o descarga en el desarrollo de instrumentación, pero la verdad es que no había mucho más claridad o definición que esa. Eso generó una multiplicidad de líneas que terminaron definiendo la heterogeneidad que hoy por hoy distingue a nuestro Instituto frente a otros institutos, y que, desde mi punto de vista, es un sello distintivo del ICAT, le da personalidad propia y se transforma en una fortaleza para el cumplimiento de su misión: hacer ciencia aplicada y tecnología.

Con la caída del muro de Berlín, en noviembre de 1989, se detonó un proceso migratorio de tecnólogos y científicos provenientes de diversos países de Europa del Este y de la Unión Soviética. El

CONACYT creó en 1991 el Programa de Cátedras Patrimoniales de Excelencia, con las cuales se pretendía incorporar, temporalmente, especialistas provenientes de esos países que vinieran a México a apoyar la formación de grupos académicos de interés en alguna dirección específica. Este programa permitió la llegada de algunos de ellos, entre 1991 y 1997, -la mayoría ucranianos-, al Centro de Instrumentos. En 1990 se había creado el Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE), por iniciativa del Dr. Arcadio Poveda Ricalde, y algunos de esos especialistas vinieron a colaborar, de manera colateral, con ese programa, estableciendo un laboratorio de radiofrecuencia y otro de microlitografía. Casi todo el equipo que se adquirió para los mismos, era de origen ruso o ucraniano. El PUIDE inició el diseño y desarrollo de un microsatélite con el concurso de un especialista, ajeno al CI, y un grupo de estudiantes, los cuales eventualmente fueron a Rusia a prepararse en algunos temas relacionados con la ingeniería aeroespacial. Algunos académicos del CI participaban, si acaso, muy marginalmente en ese proyecto.

El lanzamiento del microsatélite UNAMSAT-1 fracasó, pues el Sputnik que lo pondría en órbita explotó durante el despegue. Se construyó otro más, el UNAMSAT-2, el cual sí fue puesto en órbita y transmitió señales a la estación terrestre por pocos minutos. Después, la señal se perdió, junto con el satélite. Lamentablemente, el PUIDE fue cancelado. Desde mi punto de vista no debería haber sido así, pues ese esfuerzo pionero por parte de la UNAM y la experiencia que se hubiera adquirido, durante los siguientes 20 años, habrían servido para fortalecer las bases con las cuales se creó, en 2010, la Agencia Espacial Mexicana y la presencia de la UNAM formando parte de ella.

La primera empresa exitosa de base tecnológica emanada del CI surgió en 1990, cuando, dentro del Programa de Riesgo Compartido

del CONACYT, Roberto Reséndiz, -colaborador muy cercano a José de la Herrán en el Instituto de Astronomía, durante el diseño y construcción del Observatorio Astronómico Nacional en San Pedro Mártir, en Baja California, y del telescopio de 2.12 m de diámetro en su óptica principal, y quien se había incorporado al CI en 1986 como jefe del Departamento de Producción-, obtuvo el apoyo de la empresa DIBYASA para el desarrollo de tecnología nacional para la fabricación de bombas de tornillos. Este exitoso proyecto desembocó en la creación de Pirámide Estructural del Golfo, S.A. de C.V., con sede en Coscomatepec, Ver., la cual ha sido dirigida desde entonces por Reséndiz, convirtiéndose en un proveedor nacional muy competitivo frente a los fabricantes extranjeros para las empresas productivas del Estado, como son Petróleos Mexicanos (PEMEX) y Comisión Federal de Electricidad (CFE), y en un socio tecnológico para nosotros. Otro resultado muy satisfactorio, que se consiguió en aquellos años, fue la transferencia tecnológica de equipo didáctico a Fernández Editores, S.A., y el convenio de colaboración científico-tecnológica con los Laboratorios BIOCUM, de Francia.

En aquellos años, la visita a la UNAM de legisladores y secretarios de Estado, así como de quien sería, poco después, Regente del Distrito Federal y de algunos empresarios, se volvió algo a lo que no estábamos acostumbrados. En particular recuerdo las visitas de Manuel Bartlett Díaz y Ernesto Zedillo Ponce de León, ambos en ese momento en su calidad de Secretarios de Educación Pública, y de Oscar Espinoza Villarreal, quien sería años después Regente del Distrito Federal, como titular de Nacional Financiera (NAFINSA).

Al Rector Sarukhán le gustaba llevarlos al CI, entre otros Institutos y Centros, para que les presentáramos nuestros productos y capacidades. Estos esfuerzos de vinculación y proyección de la UNAM, condujeron también al proyecto de Fundación UNAM. Recuerdo aquella ceremonia en Los Pinos, encabezada por el

Presidente Carlos Salinas de Gortari y el Rector Sarukhán, secretarios de Estado y por supuesto distinguidos universitarios. Como Claudio Firmani no podía asistir, nos pidió a José Luis Pérez Silva y a mí, que acudiéramos en su representación. José Luis se había convertido en Secretario Técnico del CI, después de la salida de Kent Brailovsky, quien se marchó a trabajar al ITAM, y de una brevísima gestión de Héctor del Castillo González, -segundo director del CI-, en ese puesto. José Luis permanecería en el cargo los siguientes 16 años, acompañando en su totalidad las gestiones de Claudio Firmani y Felipe Lara Rosano, al frente del CI y del CCADET.

Entre 1990 y 1994 se dieron hechos significativos que marcarían la historia y devenir del CI. La organización del Congreso Universitario en 1990, -como resultado de la revocación de acuerdos tomados por el Consejo Universitario en 1986, que derivó en la huelga del Consejo Estudiantil Universitario (CEU) en 1987 y el acuerdo para celebrar un congreso universitario-, convocó la participación de toda la comunidad universitaria y por supuesto hubo que organizar todas las actividades previas para elegir a los delegados y los temas a discutir, que incluían la participación de los académicos y administrativos del CI: foros, mesas, insaculación de representantes para ampliar órganos colegiados, votaciones, relatorías, emisión de actas e informes, entrega de documentación, etc. Debo señalar que no tuvimos ninguna falla o impugnación durante todo el proceso del congreso, que duró varios meses.

El proyecto UNAM-BID abrió posibilidades importantes para el CI en la creación de infraestructura y nacimiento de nuevas líneas de investigación. El Rector Sarukhán, en 1993, gestionó con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) un empréstito de 200 millones de dólares, para equipamiento de laboratorios de investigación y docencia y construcción de edificios e instalaciones que permitieran a la institución ponerse al día en docencia e investigación. Claudio



El Dr. José Sarukhán Kermes,  
Rector de la UNAM,  
durante ceremonia en el CI,  
acompañado del Director,  
Dr. Claudio Firmani Clementi  
y de los ex-Directores,  
M. en C. Héctor Domínguez Álvarez,  
M. en C. Sergio Reyes Luján  
e Ing. Héctor del Castillo González

me pidió organizar la propuesta del CI con el apoyo de José Luis Pérez Silva, en la cual incluimos a todos los laboratorios existentes y la creación de algunos nuevos, entre ellos el Laboratorio de Pulsos Ultra Cortos y el de Microscopía de Fuerza Atómica, este último, como primer paso para el inicio del desarrollo de la nanotecnología en el CI.

Un logro importante derivado de ese proyecto fue la gestión que hicimos para la construcción del edificio anexo (el cual albergaría la actual biblioteca y dos niveles de cubículos y laboratorios) al edificio principal. El proyecto UNAM-BID se desarrolló durante los siguientes cuatro años y el edificio en cuestión se construyó en el primer año de la gestión de Felipe Lara al frente del CI, aunque la primera piedra del mismo la pusieron el Rector José Sarukhán, el Coordinador de la

Investigación Científica en ese momento, -Gerardo Suárez Reynoso-, y Claudio Firmani, Director del CI.

En 1992 se inauguró el Museo de la Ciencia UNIVERSUM, a cuyo desarrollo, desde sus inicios, estuvo ligado el Centro en el diseño e instalación de equipos, experimentos, exposiciones, juegos, etc. Durante sus primeros años, a la Casita de la Ciencia, -la cual daría origen al Centro para la Comunicación de la Ciencia, a cargo del Dr. Luis Estrada-, se asociaron varios académicos del CI, entre ellos José de la Herrán, Elaine Reynoso y Josefina Pérez de Celis Cabe mencionar que Luis Estrada, después de la desaparición del Centro que había dirigido, fue adscrito al CI, en el cual trabajó como investigador hasta su jubilación.

Como resultado de la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), en 1994, se inauguró el Centro Nacional de Metrología (CENAM). Asistimos Claudio y yo a la ceremonia de inauguración, presidida por el Secretario Jaime Serra Puche. En la Ley de Metrología y Normalización vigente entonces, se le otorgaba una silla a la UNAM en el Consejo Directivo de esa entidad paraestatal. Dicha ley ha sido sustituida en 2020 por la nueva Ley de Infraestructura de la Calidad, la cual contempla el mismo espacio para nuestra institución. Desde entonces hasta la fecha, dicha representación institucional ha recaído en la persona del Director de nuestra entidad académica por delegación del Rector, en particular, José Sánchez Vizcaíno y yo hemos atendido esa responsabilidad como consejeros suplentes durante 26 años. La vinculación y colaboración de nuestra entidad académica con el CENAM ha sido continua y provechosa desde su creación, manteniendo desde hace muchos años a la fecha un convenio de colaboración académica de amplio alcance.

La Sociedad Mexicana de Instrumentación (SOMI) se creó en 1980, por iniciativa de destacados instrumentistas universitarios y de otras instituciones de investigación y educación superior. Desde su fundación, su presidencia recayó en el Director del CI, en su momento del CCADET, hasta 2014, y su Secretaría Ejecutiva en el Secretario Académico, hasta 2012. Su congreso se comenzó a realizar con periodicidad anual y de forma ininterrumpida a partir de 1990, pero antes, desde 1980, se organizaba cada dos años. A través de la SOMI, el CI logró la representación de México en la *International Measurement Confederation* (IMEKO), organización de alcance global que reúne a una cantidad importante de países representados por asociaciones profesionales u otras organizaciones o entidades, alrededor de las actividades de medición e instrumentación. Esta presencia internacional se mantuvo hasta el 2010. La revista de la SOMI originalmente llevaba el nombre de *Instrumentación*

y *Desarrollo*. Durante la presidencia del Dr. Firmani al frente de la misma, conseguimos inscribirla en el padrón de revistas de excelencia del CONACYT y se decidió comenzar su publicación en inglés para su difusión internacional, cambiando su título a *Instrumentation & Development*. Durante esos años participamos en el Comité Editorial de la misma Roberto Ortega, Josefina Elizalde y yo. El trabajo de edición lo hacíamos enteramente en el CI. Años después, durante la gestión de Felipe Lara al frente del CI y después del CCADET se acordó que la revista se convirtiera en la revista indizada del Centro, con el nombre *Journal of Applied Research and Technology*, el cual conserva hasta ahora, publicándose en ella trabajos de autores nacionales y extranjeros bajo rigurosos criterios y estándares de selección de nivel internacional.

La actividad de investigación iba avanzando y madurando paulatinamente en el CI. El número de investigadores iba al alza, y como proyecto para su segundo periodo como director, Claudio Firmani se propuso convertir el CI en un centro de investigación. Trabajamos durante los siguientes dos años en el proyecto, y finalmente, en 1996, el Centro adquirió ese estado, recibiendo el beneplácito del Consejo Técnico de la Investigación Científica (CTIC), el Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías (CAACFMI), -coordinado en ese momento por Felipe Lara-, y el Consejo Universitario. Esta nueva condición le valió al Centro para no ser desaparecido cuando inició su rectorado Francisco Barnés de Castro, pues otros centros que mantenían su naturaleza de servicio o de carácter especial, como mencionamos antes, fueron desaparecidos por acuerdo del Rector.

En 1997, Claudio Firmani concluyó su segundo período al frente del CI. Lo sucedió Felipe Lara, quien apareció en la terna de forma sorpresiva. A Felipe lo conocía yo hacía tiempo, pues había sido miembro de la Comisión Dictaminadora del CI. El mismo día que

tomó posesión me invitó a ser su Secretario Académico. Había que iniciar un nuevo proceso de entendimiento, pues cada director tiene su “estilo personal”.

Los acuerdos tomados por el Consejo Universitario en 1999 alrededor de los requisitos del pase reglamentado y del pago de cuotas por parte de los alumnos de la Universidad, atrajeron negros nubarrones sobre la comunidad universitaria, la cual se fracturó sensiblemente y finalmente, en abril de 1999, estalló la huelga estudiantil más larga de la historia de la institución, encabezada por el Consejo General de Huelga (CGH). Duró nueve meses, ya que hasta febrero de 2000, con la toma de las instalaciones universitarias por parte de la Policía Federal Preventiva y el desalojo de los paristas, se inició el proceso de recuperación de instalaciones y eventualmente la reanudación de actividades. Cabe señalar que fue una huelga muy particular, pues se acordó con los paristas que los institutos y centros de investigación podrían seguir trabajando, y que serían las escuelas, facultades y oficinas administrativas las que estarían tomadas por los huelguistas. Durante esos nueve meses tuvimos que llegar a trabajar desde donde y como pudiéramos. Por razones de seguridad nos retirábamos de las instalaciones alrededor de las tres de la tarde. Caminar por los circuitos universitarios totalmente desiertos, observando grupos de personas aquí o allá, hacían que el ambiente se sintiera denso y cargado.

La fractura en la comunidad universitaria que produjo esta huelga, sumada al desprestigio y poca credibilidad y confianza en la institución que despertó en parte de la sociedad, -alentadas además por los detractores de la Universidad, que siempre los hay-, puso en riesgo, desde mi punto de vista, su misma existencia. La designación del Dr. Juan Ramón de la Fuente como rector en noviembre de 1999 creo que fue un gran acierto. Su habilidad política y conciliatoria, condujeron a conjurar las amenazas que se cernían sobre la

institución, y la llevaron a un proceso de recuperación en todos los sentidos, hasta ubicarla como una institución de clase mundial en varios “rankings” internacionales. Sin embargo, no todas las cicatrices han cerrado y hoy, la ocupación del auditorio Justo Sierra en la Facultad de Filosofía y Letras desde hace más de 20 años, es un estigma de aquella huelga que aún lacera a la comunidad universitaria, entre otros, creo yo, a los que tuvimos el privilegio de disfrutar en ese recinto en nuestra época de estudiantes las manifestaciones culturales más acabadas de la Universidad.

Felipe Lara llevó a cabo ajustes a la estructura organizacional del Centro, creando dos grandes departamentos, el de investigación aplicada y el de desarrollo tecnológico. Esto condujo a hacer cambios en el Reglamento Interno del Centro, y a que, eventualmente, la Comisión de Reglamentos Internos del CTIC le pidiera que quedara estipulado que el secretario académico debía tener el nombramiento de investigador. Era el año 2000. Estábamos regresando a la “normalidad” en la Universidad, cuando un día me llamó a su oficina y me dijo: “Me acaban de pedir en la Comisión de Reglamentos Internos del CTIC que el secretario académico debe ser un investigador. Espero que entiendas que no es nada personal”. Así lo asumí y presenté mi renuncia. Felipe designó a José Saniger, -quien había formado parte de la terna en la contienda por la dirección-, como Secretario Académico. Saniger ocuparía el puesto año y medio, y lo sucedería Martha Rosete, quien estuvo en el cargo sólo seis meses.

Felipe Lara fue ratificado para un segundo período al frente del Centro en 2001, y contó con el apoyo de Ovsei Gelman en la Secretaría Académica los cuatro años siguientes. Felipe, entre otros logros, promovió el cambio de nombre del Centro de Instrumentos a Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico.



El Director, Dr. Felipe Lara Rosano, acompañado del Dr. René Drucker Colín, Coordinador de la Investigación Científica

Al dejar la Secretaría Académica, en 2000, fui invitado por la Coordinación de la Investigación Científica (CIC), a cargo del Dr. René Drucker Colín, a colaborar en el desarrollo de la naciente Coordinación de Gestión para la Calidad de la Investigación, desde la cual se promovió y organizó la certificación de laboratorios de docencia e investigación, que actualmente comprende a más de 200 de ellos. Después de dos años en la CIC, regresé al Centro y Felipe me invitó a estar al frente de la Coordinación de Docencia, en la cual me reencontré con Rocío Sandoval.

Participar desde la Secretaría Académica en los procesos de crecimiento y transformación del CI durante casi 12 años fue para mí una experiencia que por supuesto forma parte inseparable de mi

vida. Durante esos años formé una familia maravillosa y llevé a cabo muchos proyectos de interés personal y académico que marcaron mi vida para siempre. Aprendí de mi relación con el Director del Centro y con otros directores y secretarios académicos, coordinadores de la investigación científica, rectores, funcionarios de alto nivel de la Universidad y de otras instituciones nacionales y extranjeras, funcionarios públicos, empresarios, cuerpos colegiados como el CTIC, el CAACFMI, la Junta de Gobierno, la Comisión Dictaminadora y el Consejo Interno.

Por supuesto, mi relación filial con la Facultad de Ingeniería siempre ha estado presente de manera continua, ayer y hoy. Pero lo mejor fue que aprendí y me enriquecí mucho más como persona a través del trato con el personal académico, el personal administrativo y el personal de confianza del Centro, así como con mis estudiantes por más de 40 años. Hice muy buenos amigos y creo no haber tenido enemigos, adversarios o detractores durante todo este tiempo. Mi política siempre fue de puertas abiertas, de mano extendida, y podía entonces y puede ahora venir a platicar conmigo el que así lo desee. Por supuesto, siempre estuve atento a servir como una instancia de enlace y comunicación con la Dirección, y sobre todo, a servir a la comunidad, propiciando y alentando siempre un sentido de identidad y de pertenencia con la Universidad y con el Centro.

La Universidad es una institución noble y generosa, en la que puede uno creer, crecer y desarrollarse en todos los sentidos. Pasar los mejores años de la vida en una institución así es un privilegio y un don, que deben ser reconocidos y agradecidos siempre a quienes lo han hecho posible: hombres visionarios y de altas miras comprometidos incondicionalmente con el pueblo de México, compromiso que todos los universitarios debemos honrar siempre.

¡MÉXICO! ¡PUMAS! ¡UNIVERSIDAD!

## La interdisciplina en el CI y el CCADET <sup>1,2</sup>

**Dr. Felipe Lara Rosano**

*Director del Centro de Instrumentos (12 de diciembre 1997-11 de diciembre de 2005)*

**A**l asumir la Dirección del Centro de Instrumentos (CI) en diciembre de 1997, esta entidad académica no me era una entidad ajena sino, por el contrario, me ligaban con ella largos años de quehacer conjunto, siempre a favor de proyectos y acciones de superación académica.

El primer acercamiento tuvo lugar en 1988, siendo director el M. en C. Manuel Estévez, cuando, a iniciativa del Dr. José Sarukhán, a la sazón Coordinador de la Investigación Científica, fui invitado, como especialista en Ingeniería de Sistemas y Planeación del Instituto de Ingeniería, a coordinar un ejercicio de planeación estratégica del Centro. En este ejercicio participó el Consejo Interno de aquel entonces. El resultado de este ejercicio se plasmó en un informe técnico, coautorado por mí, intitulado “Principios de Planeación Estratégica del Centro de Instrumentos”.

La segunda oportunidad de colaboración se dio de 1990 a 1993, cuando fui invitado por parte del Dr. Firmani, ya Director, y el Consejo Interno del Centro a formar parte de la Comisión Dictaminadora, para contribuir a la introducción de los más altos criterios académicos en la evaluación y promoción del personal académico y a la transformación de líderes académicos con nombramiento de técnicos académicos en investigadores, dando así comienzo a la academización del Centro.

Una tercera vía de colaboración académica se dio en 1992, cuando siendo yo Jefe de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, como una labor conjunta entre la Facultad de Ingeniería y el Centro de Instrumentos, creamos las Maestrías en Redes Neuronales y en Ingeniería Informática, a las que se inscribieron hasta obtener su grado un buen número de jóvenes, que ahora son personal académico titular del Centro.

Continuando con nuestra historia de colaboración, en 1994 fui invitado por el Dr. Firmani a participar en la organización del Primer Seminario Internacional sobre Redes Neuronales SIAN KAAAN 95, como Copresidente del Simposio y miembro de su Comité Científico, que conjuntó en Playa del Carmen, Q.R. a los especialistas a nivel mundial más destacados de esta disciplina. Esta fructífera experiencia se repitió en el Segundo SIAN KAAAN 97.

*Adaptación de Clara Alvarado Zamorano.*

*1 Fuente: Felipe Lara Rosano. La interdisciplina en el Centro de Instrumentos. Memorias del “Primer Encuentro. La Experiencia Interdisciplinaria en la Universidad”, efectuado del 27 al 30 de noviembre de 2000. Organizado por el Programa de Estudios Interdisciplinarios del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la UNAM.*

*2 Fuente: Felipe Lara Rosano. Informe de Trabajo de la Dirección del Centro de Instrumentos y del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, UNAM. Periodo 1998-2005. 262 p.*

Una relación académica más, en este caso de gestión académica, se dio en 1996 cuando, ocupando yo el cargo de Coordinador del Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías, el Centro de Instrumentos gestionó su incorporación a este Consejo, reconociéndose, a través de un proceso institucional de evaluación académica efectuada por dicho Consejo, su transformación de un centro de servicios en un centro de investigación, por el perfil de su personal académico y su productividad científica.

Finalmente, esta historia de colaboración alcanzó su culminación en diciembre de 1997, cuando por iniciativa de un grupo de académicos del Centro, tuve el honor de ser postulado y designado Director de este Centro, como sucesor del Dr. Firmani que terminaba su segundo periodo.

Mi compromiso en esta tarea fue seguir adelante con el proceso de academización del Centro, consolidándolo de tal manera que fuera viable la transformación posterior del Centro en un instituto de investigación, sin perder su potencial como líder en la investigación aplicada y tecnológica.

En efecto, el Centro dirigió desde 1985 sus campos de investigación hacia las ciencias aplicadas y la tecnología avanzada, habiendo establecido para ello laboratorios en los campos de acústica, vibraciones y fotónica, micro y nanotecnología, tecnologías de la información y gestión del conocimiento, electrónica, tecnologías avanzadas para la producción, educación científica y otras afines.

La nueva definición de las tareas del Centro le ha dado un carácter unívoco como la entidad de la UNAM responsable del desarrollo de estas tecnologías de punta, que serán cruciales en el avance científico tecnológico de este siglo XXI y de su aplicación concreta a resolver problemas del país.

Atendiendo a esta transformación, el Consejo Interno del Centro de Instrumentos, después de una consulta al personal académico a través del Colegio del Personal Académico sobre un nuevo nombre de esta Dependencia, que quedara más acorde con sus funciones y líneas de investigación y desarrollo, y contando con la aprobación del Consejo Técnico de la Investigación Científica, gestionó del Consejo Universitario su aprobación para cambiar la denominación de “Centro de Instrumentos” por el de “Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico”, en abril de 2002.

La nueva definición de las tareas del Centro como Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico le dieron un carácter unívoco como la entidad de la UNAM responsable de la investigación y el desarrollo de las tecnologías de punta.

Desde luego, el desenvolvimiento exitoso de esta nueva vocación requirió, por parte de la Dirección del Centro, de una labor cuidadosa de conformación de grupos de investigación y desarrollo de alta calidad, enmarcada en políticas de formación de recursos humanos de alto nivel, de desarrollo de infraestructura de equipamiento adecuado y de vinculación, tanto al interior de la UNAM, como al exterior con el sector productivo y con otras instituciones de México y del extranjero.

A estas metas se dirigieron los esfuerzos de la Dirección durante los ocho años, en los cuales tuve a mi cargo la misma.

### **Antecedentes**

El Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) fue fundado como Centro de Instrumentos el 15 de diciembre de 1971, para dar respuesta a la necesidad de resolver problemas de

instrumentación científica y didáctica en la UNAM. El Centro de Instrumentos quedó adscrito a la Coordinación de la Investigación Científica, y de origen se le asignaron siete funciones: a) Diseñar y construir equipo y material didáctico bajo pedido de escuelas, facultades, institutos y centros de la UNAM; b) Colaborar con las diferentes dependencias universitarias en la realización de diseños; c) Promover fuera del ámbito universitario el renglón de la instrumentación, efectuando estudios detallados sobre la viabilidad de producir equipo científico y técnico a escala industrial; d) Promover las patentes necesarias para proteger los intereses de la UNAM; e) Colaborar con las facultades, escuelas, institutos y con el Colegio de Ciencias y Humanidades en el establecimiento de necesidades, diseño de laboratorios, así como de equipo e instrumental, y en su construcción, en su caso; f) Auxiliar a las dependencias universitarias en problemas relacionados con el mantenimiento de equipo científico, y g) Colaborar estrechamente con los grupos de investigación sobre enseñanza de las ciencias. En el acuerdo de su creación se nombró un Comité Técnico Asesor para supervisar su desenvolvimiento.

Inicialmente el CI se localizó en el noveno piso de la Torre de Ciencias, actualmente Torre II de Humanidades en Ciudad Universitaria. Poco tiempo después se trasladó a la planta baja del entonces Centro de Investigaciones en Materiales donde permaneció hasta 1975. En ese año, ocupó finalmente sus instalaciones actuales en el circuito exterior de la Ciudad Universitaria.

El apoyo proporcionado por el CI como centro de servicios en sus primeros siete años a las áreas de investigación científica y humanística, dio como resultado: evitar la duplicidad de equipo que aún no se encontraba saturado en su capacidad de trabajo; hacer las recomendaciones en el aprovechamiento máximo de los aparatos en servicio, antes de adquirir nuevos, principalmente

sobre microscopios electrónicos y de barrido, además de otros instrumentos de muy alto costo; asesorar en el mantenimiento de los aparatos y el diseño de prototipos.

A principios de la década de 1990, se revisó la importancia y relevancia de las funciones de mantenimiento y construcción de equipo inicialmente asignadas al CI y se definen nuevas tareas, especialmente en el ámbito de la investigación y el desarrollo tecnológico, que empiezan a reorientar sus objetivos y su quehacer, hasta que finalmente en 1996 el Centro de Instrumentos se transforma oficialmente, por acuerdo del Consejo Universitario y con el aval del Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico-Matemáticas y de la Ingenierías (CAACFMI), de un centro de servicios a un centro de investigación, en disciplinas relacionadas con la instrumentación, incorporado a este último Consejo. Este paso le confirió al CI el carácter de una entidad académica cuyas funciones se enmarcaron en las funciones sustantivas de la Universidad: la generación de conocimiento, la formación de recursos humanos y la difusión.

En enero de 1998, al inicio realmente de mi gestión, laboraban en el CCADET 16 investigadores de tiempo completo, 52 técnicos académicos y 92 empleados de apoyo técnico y administrativo, además de aproximadamente 120 estudiantes y becarios de licenciatura y posgrado.

Hasta ese momento, habíamos sido directores de este Centro: Sergio Reyes Luján (1972-1974), Héctor del Castillo González (1974-1980), Héctor Domínguez Álvarez (1981-1985), Manuel Estévez Kubli (1985-1989), Claudio Firmani Clementi (1989-1997) y, a partir de diciembre de 1997, Felipe Lara Rosano.

El CI se había destacado eficazmente en la formación de recursos humanos, participando en numerosos proyectos docentes de nivel

bachillerato hasta posgrado. Entre ellos cabe mencionar la definición de la opción técnica de computación en el bachillerato del CCH, los programas anuales de actualización de profesores de Física de bachillerato, la participación en la creación de las opciones de Neurocomputación en 1992, de Ingeniería Informática en 1993 y de Instrumentación del posgrado en Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería en 1998. Asimismo, el CI era entidad académica participante en el nuevo programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Físicas desde 1997 y en el Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería desde 2000.

En el CI se había llevado a cabo una fracción significativa de la investigación tecnológica del país, dado que era el único centro de investigación que reunía interdisciplinariamente áreas tales como acústica aplicada, óptica, láseres, espectroscopía, diseño óptico; sensores químicos, acústicos, optoacústicos y electromagnéticos; compuestos inorgánicos fluorados, cerámicas, vidrios avanzados, procesamiento de imágenes, visión por computadora, microondas, microlitografía, electrónica, control borroso, neurocontrol, redes neuronales, sistemas inteligentes, multimedia, cibernética, diseño mecánico, metrología y enseñanza experimental de la ciencia. Sus logros se reflejaban no sólo en numerosas publicaciones nacionales e internacionales y su participación en foros internacionales y nacionales de primer nivel, sino en desarrollos tecnológicos de avanzada, tales como laboratorios didácticos para la enseñanza de la física a nivel primaria y bachillerato, instrumentación biomédica, instrumentación metrológica, sistemas tutoriales interactivos auxiliados por computadora para la enseñanza de la física a nivel bachillerato y odontología a nivel licenciatura, en un nuevo esquema de vinculación, sistemas expertos para la industria petrolera.

Desde que el Centro inició actividades, además de colaborar estrechamente con las facultades y dependencias universitarias,

promovió el renglón de la instrumentación fuera de este ámbito, efectuando estudios detallados sobre la viabilidad de producir equipo científico y técnico a escala industrial. Así mismo, a través de su Coordinación de Transferencia Tecnológica, se hizo promoción de las actividades de desarrollo tecnológico que se llevaban a cabo en los distintos laboratorios, transferencia de prototipos al sector industrial y detección de problemas que el Centro podría resolver en la industria privada y paraestatal. Entre otras empresas, se establecieron acuerdos con Fernández Editores, Harry Mazal, IBM de México, Biocom de Francia y PEMEX, para mencionar sólo algunas.

Por su propia constitución, la misión fundamental del CI había consistido en:

- Realizar investigación aplicada y desarrollo tecnológico en instrumentación y sus disciplinas afines.
- Contribuir al mejoramiento del aprendizaje de la ciencia y la técnica.
- Dar asesoría y prestar servicios técnicos de alta especialización.
- Participar directamente en la formación de recursos humanos relacionados con la ciencia, la ingeniería y áreas técnicas afines.
- Colaborar en la difusión de estas disciplinas.

Tomando en cuenta su misión, el CI contemplaba dentro de sus objetivos no sólo el desarrollo tecnológico e ingeniería, sino:

- Realizar investigación aplicada, desarrollo tecnológico e ingeniería en el campo de la instrumentación, tanto en torno a la detección, procesamiento y transmisión de información en sistemas

complejos, como a la medición, automatización y control de los procesos internos de dichos sistemas, para la solución de problemas relevantes al país

- Prestar servicios de asesoría científica, técnica y docente en los campos de su actividad.
- Llevar a cabo la construcción de prototipos y la producción a pequeña escala de equipo desarrollado en el propio CI, tomando en cuenta la misión y la infraestructura del propio CI.
- Difundir nacional e internacionalmente los conocimientos científicos y tecnológicos que genera el CI, utilizando los medios de mayor calidad e impacto.
- Transferir los desarrollos tecnológicos realizados en el CI al sector productivo para contribuir a la innovación tecnológica nacional.
- Formar y capacitar recursos humanos a través de sus actividades de docencia, investigación, desarrollo tecnológico, ingeniería y servicios.
- Promover el desarrollo de la instrumentación en el país.

Asimismo, se planteó la visión que se tenía del desenvolvimiento del CI a largo plazo, para que se convirtiera en un Instituto de Investigaciones en Ciencias y Tecnologías de la Instrumentación, con reconocimiento nacional e internacional por la calidad de sus investigaciones, su capacidad para generar, asimilar y transferir tecnología. Además, del compromiso en la formación de recursos humanos útiles para el país.

En esa época, para cubrir las demandas de investigación, desarrollo y servicio, el CI había optado por organizar sus campos de trabajo en tres departamentos y sus laboratorios adscritos:

♦ Departamento de Investigación Aplicada (Acústica Aplicada y Vibraciones; Cibernética Aplicada; Imágenes y Visión; Materiales y Sensores; Microondas y Microlitografía; Óptica Aplicada). Además, contaba con la Unidad de Fotofísica.

Este departamento estaba compuesto por aquellos laboratorios cuyo propósito principal era realizar investigación aplicada en disciplinas asociadas con la instrumentación y la formación de recursos humanos en el área, con énfasis en la solución de problemas relevantes para el país.

♦ Departamento de Desarrollo Tecnológico e Ingeniería (Laboratorio de Ingeniería de Diseño; Laboratorio de Interacción Hombre-Máquina y Multimedia; Unidad de Producción; Unidad de Capacitación).

Este Departamento tenía como propósito dar asesorías y prestar servicios tecnológicos de alta especialización asociados con la instrumentación. Asimismo, proporcionar mantenimiento de equipo de alta tecnología para la investigación y la docencia dentro y fuera de la UNAM. Dentro de sus actividades estaba la de formar recursos humanos en el área.

♦ Departamento de Asesoría y Servicios

Cabe mencionar que dentro del Centro de Instrumentos se llevaba a cabo una fracción significativa de la investigación tecnológica del país. De hecho, se puede decir que era el único centro de investigación que reunía interdisciplinariamente áreas tales como acústica, óptica,

química, electromagnetismo, materiales, computación, microondas, electrónica, inteligencia artificial, cibernética, metrología y enseñanza de la ciencia y la técnica.

Es en los problemas que debe resolver la tecnología, donde la realidad se manifiesta en toda su complejidad, lo que equivale a decir que un problema no puede aislarse, descontextualizándolo del entorno natural y social en el que surgió, sino que los diferentes aspectos de dicho entorno forman parte inseparable de dicho problema. Así, un problema de apariencia meramente técnica, puede ser en realidad un problema en el que intervengan, no sólo la más amplia diversidad de disciplinas como la física, la química, la biología, la psicología y la ingeniería, sino que, además de los factores técnicos, pueden intervenir factores administrativos, económicos y sociales. Tal es el caso, por ejemplo, del diseño de un nuevo software para la enseñanza o el diseño de una ayuda auditiva para los niños con problemas auditivos de los Altos de Chiapas. Esta característica convierte al proceso de solución de problemas tecnológicos en un proceso complejo en el que generalmente deben intervenir varias áreas del conocimiento en forma interdisciplinaria.

Lo anterior significa que para que un problema se pueda solucionar es necesario tomar en cuenta todos los aspectos que lo afectan relevantemente. Esto es, si el problema es de tal naturaleza que es afectado por factores económicos, sociales y políticos, la solución eficaz no puede contemplar sólo factores técnicos. Esto implica que el enfoque del problema deba ser totalizador, es decir, considerar el problema como una totalidad conformada por diferentes aspectos, y ésta es, precisamente, la característica del enfoque interdisciplinario.

En las últimas décadas del siglo XX, el desarrollo de la instrumentación a nivel mundial se había orientado a apoyar las tecnologías del control y de la información. En efecto, estas

tecnologías servirían de base al desarrollo científico y tecnológico del siglo XXI, por lo que la presencia de un Centro orientado a la investigación y a la formación de personal de alto nivel en instrumentación y áreas afines, constituía una de las pocas oportunidades para que la UNAM estuviera en el nivel requerido del avance científico y tecnológico en las siguientes décadas. Todo lo anterior, aunado a la evolución natural de sus campos académicos, indujo a concebir el perfil futuro del CI, como una entidad académica de investigación en tecnologías avanzadas de instrumentación, información y control.

### **Perfil ideal del CI**

Alrededor de los años 1998-2000 se realizó el ejercicio de determinar cuál era el perfil ideal del Centro de Instrumentos, considerándolo como el conjunto de características que sería deseable que tuviera el CI para cumplir mejor con sus objetivos. Se identificó un perfil ideal compuesto por los 15 criterios de excelencia, que a continuación se explicitan:

- ♦ Capacidad para abordar problemas relevantes, tanto básicos como aplicados, y competitividad internacional en el área de la instrumentación
- ♦ Líneas de trabajo de punta a nivel internacional y trascendentes a nivel nacional, con balance entre la investigación y el desarrollo tecnológico, para lograr la sinergia entre los dos y contribuir a la solución de problemas del país
- ♦ Grupos académicos con masa crítica, formados por personal actualizado y bien integrado a la comunidad, motivado por la relevancia de su trabajo y ampliamente reconocido en su medio

- ♦ Infraestructura adecuada, incluyendo sistemas de información, instalaciones y equipo para investigación y desarrollo tecnológico y un mecanismo de búsqueda continua de mejoras para apoyo y servicios al personal académico
- ♦ Formación de personal de investigación y desarrollo tecnológico de alto nivel en las diferentes áreas de las ciencias y tecnologías de la instrumentación
- ♦ Planeación académica, fluida y eficiente que garantice el desarrollo óptimo de sus líneas de trabajo
- ♦ Reconocimiento a la calidad de la investigación, el desarrollo tecnológico, la ingeniería y los servicios que se realizan en el CI
- ♦ Política de superación personal e institucional
- ♦ Adecuada supervisión de las labores académicas y administrativas
- ♦ Patrocinio externo en las líneas de investigación y desarrollo tecnológico
- ♦ Difusión de los resultados de la investigación y el desarrollo tecnológico por los medios más adecuados en el ámbito nacional e internacional
- ♦ Vinculación e interacción con instituciones del sector público y privado a nivel nacional y mundial
- ♦ Percepciones y prestaciones competitivas del personal
- ♦ Asignación y ejercicio de los recursos para el desarrollo planificado de los programas académicos
- ♦ Relaciones académicas armónicas entre el personal

### **Obstáculos del trabajo interdisciplinario**

En el proceso de planeación estratégica se identificaron cuatro clases de obstáculos al trabajo interdisciplinario. Estas clases de obstáculos se detallan a continuación especificando, en su caso, deficiencias y los “cuellos de botella” más concretos:

- ♦ Deficiente planeación y organización académica. Estructura disciplinaria inadecuada para el trabajo interdisciplinario. Reglamento Interno inadecuado
- ♦ Deficiencias en la supervisión y evaluación académica. Ausencia de la figura de coordinador de grupo de trabajo académico. Deficiente supervisión académica. Falta de líderes en algunas áreas que comprendían el trabajo interdisciplinario. Desbalance en el apoyo a las diferentes áreas
- ♦ Deficiente organización administrativa. Mecanismos de control inadecuados. Carencia de información del ejercicio presupuestal y los costos de proyectos.
- ♦ Falta de reconocimiento y motivación académicos al personal académico que participa en proyectos interdisciplinarios
- ♦ Parte del personal académico sufre una problemática de indefinición y mala ubicación como Técnico Académico. Confusa definición del técnico académico. Falta de valoración de los ingenieros de desarrollo que tienen nombramiento de técnicos académicos.
- ♦ Deficiencias en el personal académico
- ♦ Obstáculos en parte del personal académico. Falta visión interdisciplinaria práctica en algunos académicos; en algunos

investigadores hay desinterés por colaborar en proyectos conjuntos con otros Laboratorios del CI. Hay en algunos investigadores escasa apertura a nuevas ideas y a problemas planteados por otros. Parte del personal académico es renuente a aceptar críticas constructivas.

### **Definición de tácticas, estrategias y políticas para superar obstáculos**

Se definieron tácticas concretas a realizar con el fin de que el CI se aproximara a su perfil ideal interdisciplinario superando los obstáculos. Las tácticas, se coordinaron a su vez en estrategias, que son conjuntos de tácticas complementarias para lograr un objetivo de mediano plazo.

- ◆ Redefinir las líneas de investigación de cada Laboratorio
- ◆ Establecer institucionalmente las líneas de investigación de cada Laboratorio para mejorar su relevancia y pertinencia y mejorar la colaboración interdisciplinaria
- ◆ Evaluar la trascendencia y la posibilidad de patrocinio de cada línea de investigación
- ◆ Revalorar las actividades de Desarrollo Tecnológico, Ingeniería y Diseño, así como las de Asesoría y Servicios especializados
- ◆ Definir criterios de evaluación del desarrollo tecnológico, diseño, ingeniería y servicios
- ◆ Abrir nuevas líneas de investigación y desarrollo, afines al enfoque interdisciplinario y acordes con la evolución de la Instrumentación a nivel mundial

- ◆ Fomentar proyectos de investigación de largo alcance
- ◆ Identificar proyectos de largo alcance y alto impacto y elaborar las propuestas respectivas
- ◆ Promover la participación de los profesores de carrera de las facultades y escuelas afines en proyectos de investigación del CI
- ◆ Establecer los lineamientos para Proyectos Multidisciplinarios Externos del CI

Puede decirse que, dadas las características de infraestructura del Centro, así como por sus líneas de investigación y de desarrollo tecnológico, ingeniería, diseño y servicios, el Centro de Instrumentos constituía un ejemplo importante de las instituciones que a nivel nacional estaban comprometidas con la interdiscipliniedad para la solución de problemas del país, a través de proyectos científicos, de desarrollo tecnológico y educativos.

Dado que el nombre de Centro de Instrumentos no se asociaba ya con las funciones de investigación y desarrollo tecnológico y no implicaba ya las líneas de investigación y desarrollo que se cultivaban en el Centro, a solicitud del Consejo Interno y con la aprobación del Consejo Técnico de la Investigación Científica, el Consejo Universitario acordó el 1° de abril de 2002 cambiar el nombre de Centro de Instrumentos por el de Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET).

Entonces se participó en el Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería de la Computación desde 2004 y en el programa de Maestría y Doctorado en Música desde 2004. Además, el Centro participó, a través de un convenio, en el Doctorado en Educación de la Universidad Pedagógica Nacional.

Para cubrir las demandas de investigación, desarrollo tecnológico y servicios, el CCADET optó por organizar sus campos de trabajo en dos departamentos, a los que se adscribieron grupos de trabajo académicos especializados en diversas áreas del conocimiento, que se denominan Laboratorios o Unidades dependiendo de su madurez: el Departamento de Ciencias Aplicadas y el Departamento de Desarrollo Tecnológico, conformados en 2005 por los siguientes laboratorios:

Al Departamento de Ciencias Aplicadas estaban adscritos los Laboratorios de Acústica y Vibraciones, de Análisis de Imágenes y Visualización, de Fotofísica, de Fotónica de Microondas, de Materiales y Sensores, de Óptica Aplicada y de Pedagogía Cognitiva y Aprendizaje de la Ciencia, y las Unidades Académicas de Películas Delgadas y de Microlitografía.

Al Departamento de Desarrollo Tecnológico pertenecían los Laboratorios de Cibernética y Sistemas, Digitalización y Procesamiento de Imágenes, Electrónica, Ingeniería de Producto, Interacción Humano-Máquina y Multimedia, Metrología, Micromecánica y Mecatrónica, Modelado de Procesos, Sistemas Inteligentes y la Unidad Académica de Evaluación de la Conformidad.

Además, el CCADET contaba con una Secretaría Académica que administraba tres Coordinaciones, con una Secretaría Técnica que realizaba funciones de apoyo a través de sus Secciones, y una Coordinación de Vinculación.

### ***Orientación del CCADET***

En 2005, al finalizar mi gestión como Director, el CCADET reunía interdisciplinariamente áreas tales como acústica, vibraciones,

fotofísica, fotónica de microondas, procesamiento de imágenes, visión por computadora, materiales, sensores, nanotecnología, óptica, pedagogía cognitiva, microlitografía, películas delgadas, electrónica, ingeniería de producto, metrología, micromecánica, modelado computacional, sistemas inteligentes, interacción humano-máquina, multimedia, cibernética, tecnologías de la información, enseñanza a distancia, gestión del conocimiento. Sus logros se reflejaban no sólo en numerosas publicaciones nacionales e internacionales y su participación en foros internacionales y nacionales de primer nivel, sino en desarrollos tecnológicos de avanzada, tales como laboratorios didácticos para la enseñanza de la física a nivel primaria y bachillerato, instrumentación biomédica, instrumentación metrológica, sistemas tutoriales interactivos auxiliados por computadora y sistemas expertos para la industria.

### ***Misión, Visión y Objetivos del CCADET***

La misión del CCADET era realizar investigación original aplicada, desarrollo tecnológico y formación de recursos humanos de alta calidad en cibernética y sistemas, computación, educación en ciencia y tecnología, física aplicada, ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica y micro y nanotecnología, para desarrollar procesos y productos innovadores que ayudaran a resolver problemas de interés nacional.

La visión que se tenía del desenvolvimiento del CCADET a largo plazo es que se convirtiera en un Instituto de Investigaciones en Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, con reconocimiento nacional e internacional por la calidad de sus investigaciones, su capacidad para generar, asimilar y transferir tecnología, además de un compromiso en la formación de recursos humanos útiles para el país.

El Centro tenía los siguientes objetivos:

- ◆ Realizar investigación aplicada, desarrollo tecnológico, ingeniería de producto y formación de recursos humanos en los campos de conocimiento enunciados en la misión, para contribuir a la solución de problemas de interés nacional;
- ◆ Prestar asesoría científica, técnica y docente, y servicios técnicos de alta especialización en los campos propios de su actividad;
- ◆ Difundir nacional e internacionalmente los conocimientos que genera el CCADET, utilizando los medios de mayor calidad e impacto;
- ◆ Transferir los desarrollos tecnológicos realizados en el CCADET a los sectores productivo y académico para contribuir a la innovación tecnológica nacional;
- ◆ Participar en la formación de científicos, ingenieros, otros profesionales, y técnicos en los campos de interés del CCADET, a través de sus actividades de docencia, investigación, desarrollo tecnológico, ingeniería y servicios, y
- ◆ Promover el desarrollo científico, tecnológico y educativo del país.

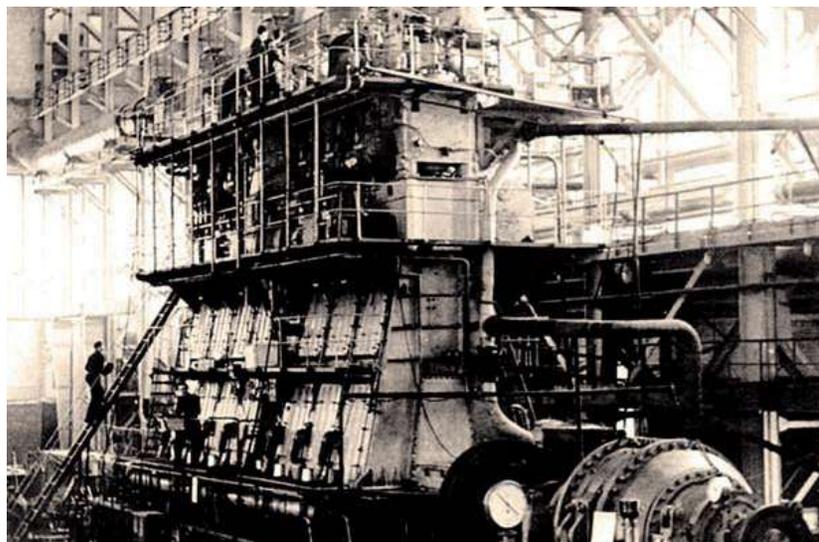
En diciembre de 2005, laboraban en el CCADET 33 investigadores de tiempo completo, 64 técnicos académicos, 5 becarios posdoctorales y 92 empleados de apoyo técnico y administrativo, además de aproximadamente 120 estudiantes y becarios de licenciatura y posgrado, distribuidos en el Departamento de Ciencias Aplicadas, y el de Desarrollo Tecnológico, las Coordinaciones de Docencia y Formación de Recursos Humanos, Servicios de Información, Vinculación y Gestión Tecnológica; las Secciones Técnicas de Comunicación Gráfica, Producción, Servicios Editoriales, Servicios

de Cómputo, Mantenimiento Interno; y las Áreas Administrativas de Adquisiciones, Contabilidad y Recursos Logísticos, Recursos Humanos, Recursos Financieros, Ingresos Extraordinarios; y Servicios Generales.

# Mi trayectoria en la URSS y en la UNAM

Dr. Ernst Kussul

**E**n 1961 egresé del Instituto Politécnico de San Petersburgo, en plena era de los satélites e inicio de las primeras computadoras en la Unión Soviética. El 11 de abril de ese año empecé a trabajar en la Ciudad de Briansk, en una planta mecánica donde se produjeron potentes motores Diesel para barcos que navegaban en el océano; un día después, el astronauta ruso Yuri Gagarin realizó su primer vuelo en el espacio, este vuelo fue un triunfo científico y tecnológico.



Motor Diesel

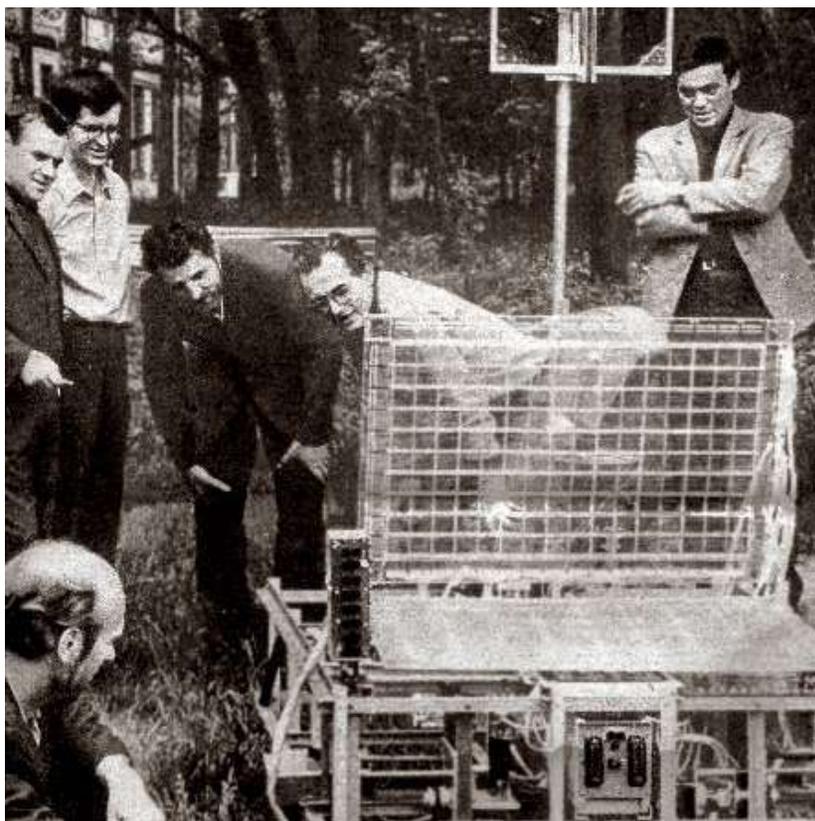
En 1962, la planta compró una computadora Minsk-1, la primera computadora serial en la Unión Soviética. Su producción se inició en 1960. Tenía una memoria operativa 4 kB con 2 000 instrucciones por segundo. Consumía 14 kW de energía; nosotros calentábamos té en el bloque de alimentación. El 3 de enero de 1963, fui aceptado en el grupo de programadores de esta computadora, iniciándose mi trabajo en la cibernética.



La computadora Minsk-1

En 1963 ingresé al posgrado del Instituto de Cibernética de la Academia de Ciencias de Ucrania. En 1967 defendí mi grado de PhD en el área de lógica matemática y programación. Ingresé al Departamento de Cibernética Biológica e inicié los estudios en redes neuronales artificiales y sus aplicaciones en robótica.

En 1974, bajo mi supervisión, se desarrolló el robot móvil “TAIR”, con sistema de control basado en red neuronal. Este robot podía automáticamente moverse en el parque y evitar obstáculos.



Desarrolladores y robot TAIR. En la foto de izquierda a derecha: Dr. Aleksandr Kasatkin, Dr. Ernst Kussul, Dr. Vladimir Belov, Dr. Valerii Fomenko, Dr. Dmitrii Galenko; en segunda línea el Ing. Evgenii Bazilevskii

En 1988 fui nombrado Jefe del Departamento de Cibernética Biológica. En esa época desarrollamos una neurocomputadora para realizar hardware de redes neuronales. Hicimos un prototipo usando nueva tecnología de manufactura de las tarjetas electrónicas (años más tarde junto con el CINVESTAV, escribimos 3 solicitudes de patentes sobre esta tecnología y obtuvimos las patentes).

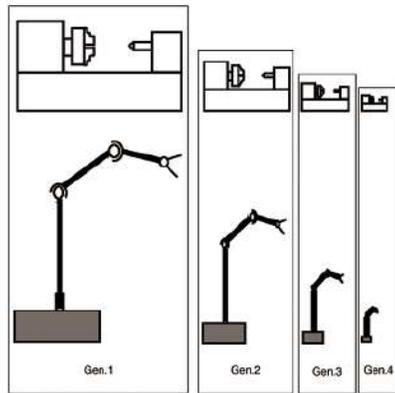
En 1992 la compañía japonesa WACOM nos invitó a Japón para manufacturar el prototipo de neurocomputadora con la tecnología convencional. Esta neurocomputadora mostró reconocimiento de palabras escritas a mano, con un número de errores menor del 5%.

En 1993 iniciamos los trabajos en micromecánica, teniendo en mente aplicar en un futuro la micromecánica en manufactura de redes neuronales artificiales. Propusimos el concepto de producción de microequipo con generaciones secuenciales.

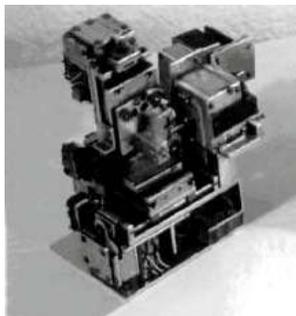
Cada nueva generación debe tener menor tamaño que la generación previa y ser producida con tecnología actualizada. En 1996 publicamos este concepto y en 1997 manufacturamos el primer prototipo de micromáquina herramienta de la primera generación.



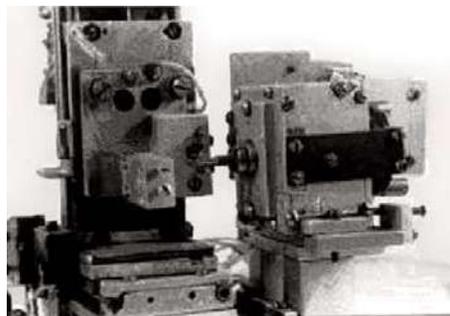
Neurocomputadora desarrollada con la compañía japonesa WACOM



Generaciones del microequipo



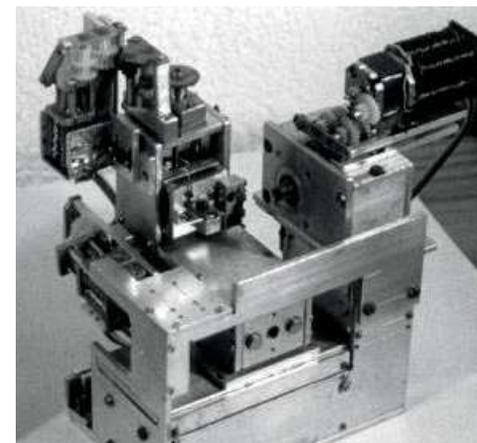
Micromáquina herramienta de la primera generación



### Invitación a México

Fui invitado como especialista en redes neuronales en noviembre de 1998, bajo la modalidad de Cátedra Patrimonial CONACyT, teniendo también interés en micromecánica. El Dr. Felipe Lara Rosano propuso crear un nuevo laboratorio de micromecánica y mecatrónica. El laboratorio se creó a inicios de 1999 y fui designado Jefe del laboratorio, en el cual colaboraban Leopoldo Ruiz Huerta y Alberto Caballero Ruiz.

El primer paso del laboratorio fue una propuesta de proyecto PAPIIT para desarrollar un prototipo de micromáquina herramienta controlada por computadora. La respuesta fue un poco inesperada: “En México es imposible”. Después de tal respuesta nosotros compramos en el mercado los materiales y componentes (muy baratos) y manufacturamos el prototipo manualmente. Hicimos algunos experimentos con el prototipo, tomamos fotografías y presentamos de nuevo el mismo proyecto a DGAPA. Esta vez la solicitud fue aprobada.



Micromáquina herramienta desarrollada en México

La idea principal de nuestras investigaciones fue crear las siguientes generaciones de las máquinas herramienta y micromanipuladores, de tal manera que las siguientes generaciones tuvieran tamaños más pequeños que las generaciones previas. El prototipo del proyecto PAPIIT lo consideramos como prototipo de primera generación. Entendimos que es muy importante obtener buenas características de la primera generación para hacer miniaturización en un futuro. Por eso nosotros preparamos una solicitud de proyecto al CONACYT, para desarrollar otros diseños de prototipos. CONACYT aceptó el proyecto.

En ese tiempo, Leopoldo Ruiz y Alberto Caballero trabajaron para el proyecto de CONACYT. Leopoldo Ruiz desarrolló nuevos diseños de la máquina herramienta basados en paralelogramos y manufacturó varios prototipos, incluso un prototipo de la segunda generación. Alberto Caballero desarrolló varios diseños de micromotores a paso y los algoritmos genéticos de evaluación de errores geométricos de las máquinas herramienta. Los dos obtuvieron el grado de doctor en ingeniería.

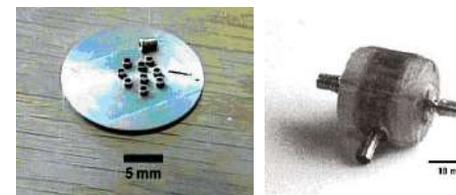
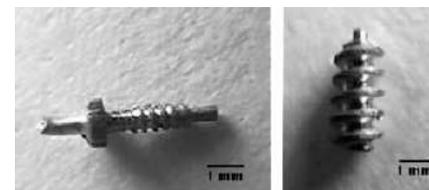
En el año 2000, ingresó al laboratorio la Dra. Graciela Velasco, especialista en mecánica teórica y en matemáticas. Inicialmente desarrolló un algoritmo genético para aproximación de curvas experimentales. Después con un estudiante desarrolló y manufacturó un prototipo de micromanipulador paralelo. Más tarde trabajó con simulación de vuelos de aviones utilizando este manipulador.

Casi todos los trabajos que hicimos en este período se relacionaron con el desarrollo del hardware. Necesitábamos además un especialista en software, por lo que el Dr. Felipe Lara invitó a la Dra. Tetyana Baydyk, a inicios del 2001. Ella inició el desarrollo de los algoritmos adaptivos para nuestro prototipo, que dieron

la posibilidad de repetir en nuestra máquina herramienta los resultados de los japoneses, quienes manufacturaron la flecha de latón con diámetro de 50 micrómetros y longitud de 600 micrómetros, con su herramienta micromáquina.

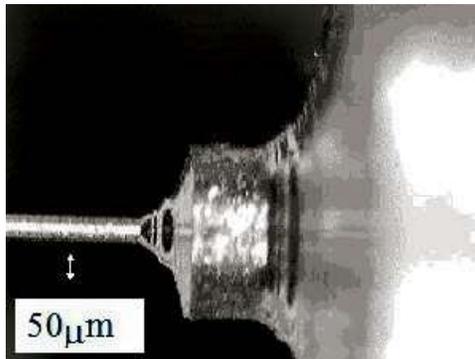


Micromanipulador paralelo



Micropiezas y microfiltro producidas con micromáquina herramienta

La diferencia entre ambas herramientas fue grande. Todos los componentes de la máquina japonesa fueron manufacturados en la compañía SEIKO, con un equipo de alta precisión; todos los componentes de nuestra máquina se manufacturaron en nuestro laboratorio con torno y fresadora con poca precisión. El algoritmo adaptativo debía compensar la baja precisión de nuestra máquina herramienta, con mediciones de diámetro de flecha que debería hacer la máquina herramienta, durante el proceso de manufactura. Como resultado se manufacturó la flecha de latón con las mismas dimensiones que las obtenidas por los japoneses.



Microflecha

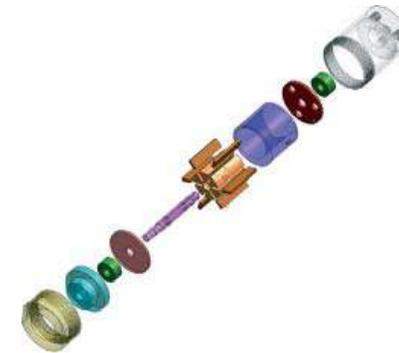
En 2005, el Dr. Gabriel Ascanio Gasca se incorporó al laboratorio. Con su estudiante desarrollaron un micromotor neumático, que obtuvo buenas características.

En 2006, el laboratorio de micromecánica y mecatrónica se dividió en tres laboratorios:

- ♦ Laboratorio de micro mecánica y mecatrónica, coordinado por el Dr. Leopoldo Ruiz.

- ♦ Laboratorio de ingeniería del proceso, con el Dr. Gabriel Ascanio, como coordinador.

- ♦ Laboratorio de computación neuronal, coordinado por el Dr. Ernst Kussul.

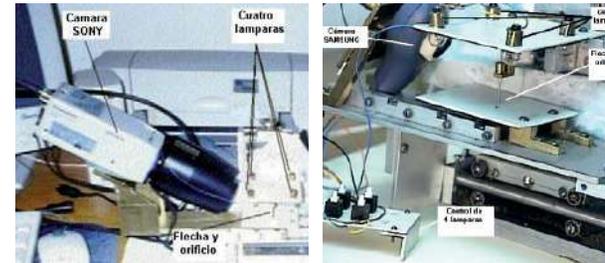


Micromotor neumático

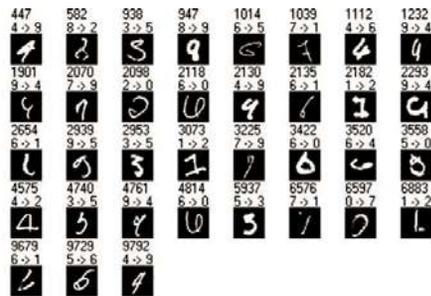


Integrantes y estudiantes del laboratorio de micromecánica y mecatrónica

El Laboratorio de computación neuronal se creó para el uso de redes neuronales artificiales para automatización de procesos de manufactura y ensamble en ingeniería mecánica y, en primer lugar, en micromecánica. La idea básica fue usar la visión computacional basada en redes neuronales para facilitar los procesos de manufactura y ensamble. Para ajustar los parámetros de las redes neuronales se decidió usar las tareas de reconocimiento de imágenes tradicionales (reconocimiento de cifras escritas a mano, de texturas, de rostros humanos, etc.).



Equipo para realizar microensamble



Reconocimiento de cifras escritas y texturas metálicas



Reconocimiento de rostros humanos (base de imágenes FEI)



Los libros publicados durante los últimos años

Desde su inicio, en el laboratorio de computación neuronal tuvimos la tarea de encontrar aplicaciones industriales para visión computacional basada en redes neuronales. En los procesos de manufactura y ensamble de dispositivos mecánicos hay por lo menos dos posibilidades para obtener la precisión necesaria en los dispositivos. Una opción es usar equipo suficientemente preciso y otra no tan precisa para controlar el trabajo con visión, como lo hace un trabajador de metales cuando hace el trabajo a mano. Para esto es necesario tener un sistema de visión computacional que simula la visión del ser humano.



Microscopio con cámara digital

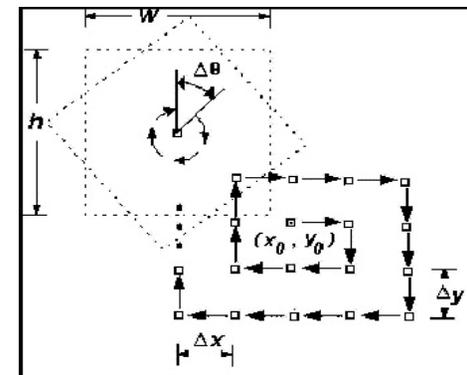
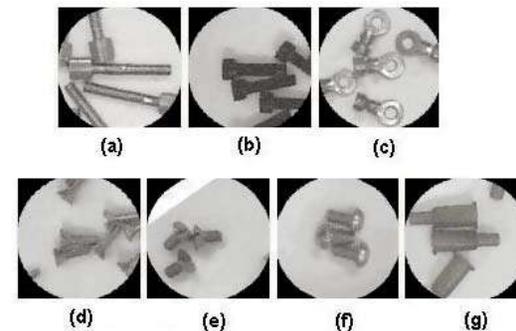
Gengis Khang Toledo Ramírez ingresó como estudiante de doctorado al laboratorio y desarrolló los algoritmos de visión computacional para micromanipulador, los cuales permitieron reconocer visualmente los componentes de jeringas para inyecciones, reconocer sus posiciones en la mesa de ensamble y preparar la información para su ensamble automático.

En todos los algoritmos de nuestras redes neuronales utilizamos operaciones matemáticas muy sencillas. Prácticamente no usamos operaciones con punto flotante, ni operaciones de multiplicación y división. De eso sigue que es posible desarrollar procesadores especiales basados en esquemas FPGA que pueden acelerar el trabajo de nuestras redes neuronales. El desarrollo de esquemas basados en FPGA "ALTERA" lo realizó el estudiante de doctorado Alejandro Vega, y en 2011 defendió su tesis doctoral.

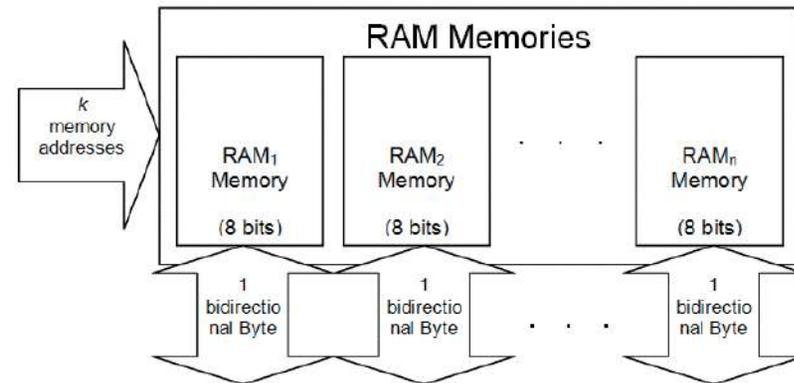
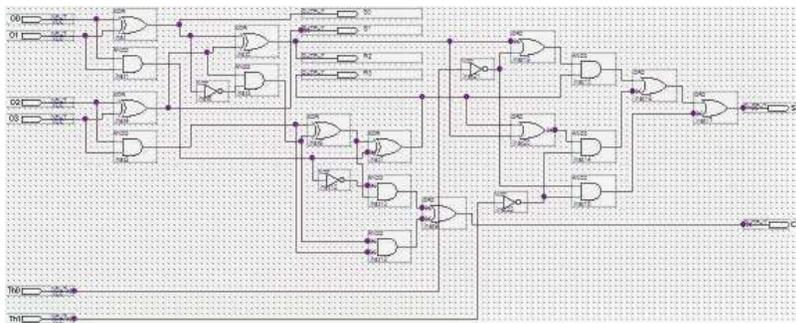
Como una aplicación de computación neuronal consideramos la manufactura y el ensamble de concentradores solares de bajo costo. Desde un inicio quisimos hacer concentradores donde la superficie parabólica se aproximara con espejos planos pequeños. Muy pronto encontramos que este tipo de concentradores fueron propuestos por otros investigadores hace muchos años. Esta situación ocurre muy

frecuentemente y no significa que sea necesario parar el trabajo. Los ingenieros tecnológicos dicen que la idea primera (idea principal) constituye del 3% al 5% del conjunto de las ideas necesarias para obtener el producto final. Entonces iniciamos la búsqueda de soluciones para generar el producto bueno y que podrían usar los métodos de visión computacional.

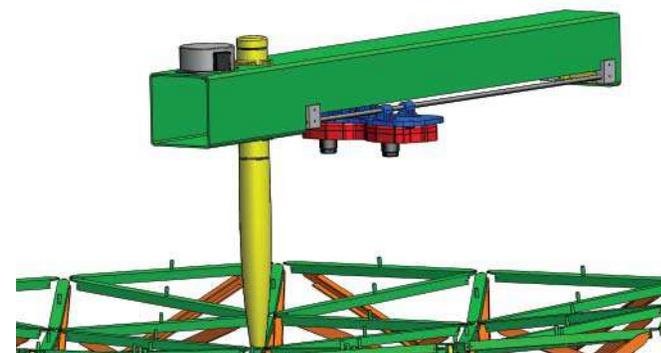
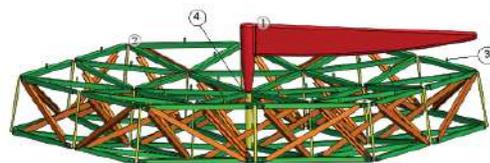
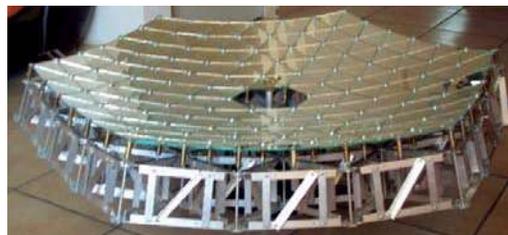
En 2006–2007 iniciamos el desarrollo de diseños de concentradores de acuerdo a estos criterios y la preparación de las solicitudes de las patentes, en este caso gracias a la ayuda constante del Mtro. Luis Roberto Vega González y la Q.F.B. Iris J. Hernández Jardines. En 2013–2015 obtuvimos las patentes.



Micropiezas y sus posiciones



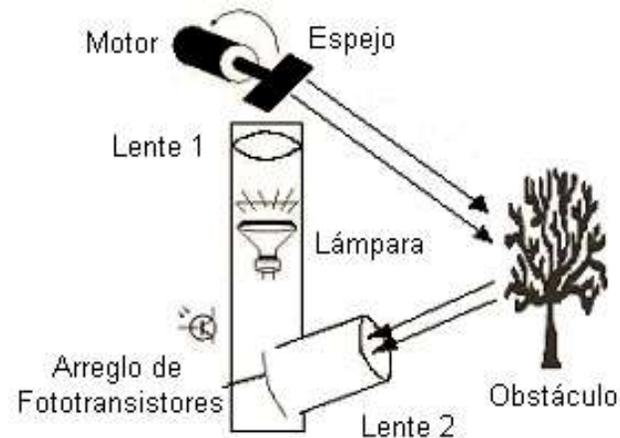
Realización de red neuronal con FPGA



Diseño de los prototipos de concentradores solares con espejos planos

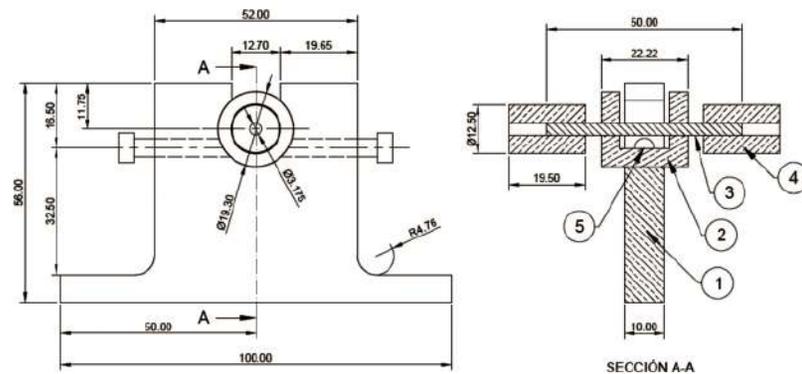
Visión computacional estereoscópica para sistema de ajuste

En este tiempo, al Grupo (el laboratorio se transformó en grupo) ingresó el Mtro. Josué Enríquez Zárate para hacer su doctorado. Él desarrolló el dispositivo óptico para medir las distancias hasta los obstáculos, para el robot móvil que debería hacer los trabajos en la planta solar, lavar los concentradores, corregir los errores de los sistemas de seguimiento del sol, etc.



Dispositivo óptico para medir distancias a obstáculos

Los nuevos diseños de concentradores solares incluyen varios componentes pequeños, que es posible producir con micromáquinas herramientas de la primera generación. Nosotros preservamos el interés en las propiedades de micromáquinas herramienta. En la literatura se encuentran muchos datos específicos de los procesos de fricción en micromecánica. Fue necesario investigar las propiedades tribológicas de nuestros microdispositivos especialmente micromotores de pasos. Esta investigación fue hecha por el estudiante de doctorado Omar Olvera Tapia, quien defendió su tesis en 2015.



Dispositivos para estudiar propiedades tribológicas en microdispositivos

En 2016 obtuve el Premio Universidad Nacional, en el área de Innovación Tecnológica y Diseño Industrial y en noviembre del 2018 festejé 20 años en México.

¡Muchas gracias a México, a la UNAM, al ICAT y a todos ustedes por su apoyo!

# La Revista *Journal of Applied Research and Technology*

Drs. Gabriel Ascanio Gasca y Clara Alvarado Zamorano

La revista *Journal of Applied Research and Technology* (JART) es editada actualmente por el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología de la UNAM, teniendo dos versiones antecedentes, las revistas *Instrumentación y Desarrollo* e *Instrumentation & Development*.

## *Instrumentación y Desarrollo*

La revista *Instrumentación y Desarrollo*, de la entonces Sociedad Mexicana de Instrumentación, A. C. (SOMI), se inscribió con fecha 14 de marzo de 1980, en el Registro Público de Personas Morales Civiles, con el folio 1643.

Se creó con las siguientes metas:

- ♦ Dar salida, reconocimiento y difusión al trabajo original de calidad, que abriera fronteras en el medio nacional de investigación y desarrollo de la instrumentación. Esta difusión tendría lugar a nivel de revista técnica especializada en investigación tecnológica en su sentido más general.
- ♦ Ayudar a crear una comunidad nacional de los profesionistas dedicados a la investigación tecnológica en México.

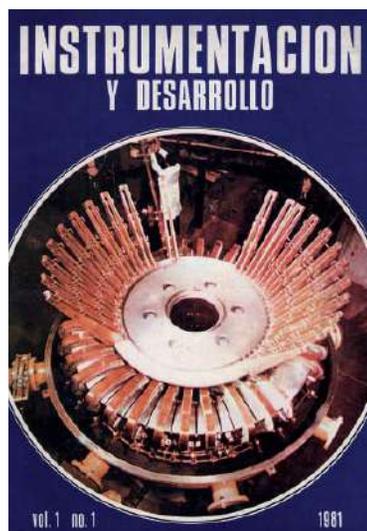
Su objetivo era difundir las actividades y los resultados de investigaciones y proyectos relacionados con las ciencias aplicadas y el desarrollo tecnológico en los diversos campos de la instrumentación, así como propiciar el intercambio de conocimientos y experiencias entre los participantes. Difundía artículos de electrónica, acústica, metrología, óptica, cómputo e ingeniería mecánica, eléctrica y biomédica, entre otros campos.

Los manuscritos recibidos pasaban a través de riguroso proceso de arbitraje por referis tanto de México como del extranjero, para asegurar su originalidad, innovación y creatividad.

Se daba gran atención a asegurar que el Comité Editorial estuviese conformado por académicos y expertos en instrumentación del mayor nivel, la mayoría de los cuales eran reconocidos internacionalmente en su especialidad.

Su primer Editor fue Javier Sierra Vázquez y su Consejo estuvo integrado por Fernando Alba Andrade, José de la Herrán, Francisco Guzmán L. y Fernando Walls Armijo.

En 1981 se publicó el primer número de la revista, con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.



Portada del primer número de la revista *Instrumentación y Desarrollo*

La revista alcanzó y mantuvo un nivel que dio lugar a que en 1994, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), aceptara que formara parte del Índice de Revistas Científicas Mexicanas de Excelencia (Index of Mexican Scientific Journal of Excellence), después de una rigurosa evaluación por un comité formado por miembros de la comunidad científica nacional e internacional, del más alto nivel, siguiendo los requerimientos publicados por el Consejo en abril de 1993.

### ***De Instrumentación y Desarrollo a Instrumentation & Development***

Posteriormente se trabajó en un formato internacional para la revista, alrededor del nombre *Instrumentation & Development*, considerando dos hechos de la mayor importancia, tanto para la revista como para la Sociedad: Primeramente, la admisión de SOMI, en octubre de 1993, como representante mexicana en la *International*

*Measurement Confederation* (IMEKO), lo cual proyectó a SOMI a escala internacional; y segundo, las recomendaciones recibidas del CONACyT como producto de la evaluación mencionada, coinciden con las políticas internacionales que ha seguido la revista. Por la razón anterior, se decidió que, a partir de ese momento, todos los artículos aparecieran publicados en inglés, con la finalidad de ampliar su alcance y difusión, con la participación de autores y árbitros de otras nacionalidades. Además, el CONACyT informó que los artículos publicados en la revista tendrían valor en las evaluaciones de los comités del Sistema Nacional de Investigadores.

El primer ejemplar de la revista bajo la denominación *Instrumentation & Development*, como publicación oficial de la Sociedad Mexicana de Instrumentación, A. C., fue el correspondiente al Vol. 3 No. 4 de 1994, con ISSN 0187-8549. La edición de ese número se efectuó en el Centro de Instrumentos, con el financiamiento de la Lotería Nacional para la Asistencia Pública. La revista recibía artículos sobre instrumentación y desarrollo tecnológico y sus aplicaciones, así como artículos invitados por el Comité Editorial.

Josefina Elizalde Torres y Roberto Ortega Martínez fungían como Editores de la revista. Su Comité Editorial estaba integrado por Fernando Alba Andrade, Ricardo Chicurel Uziel, Héctor Domínguez Álvarez, Roberto Escudero Derat, Guillermo Fernández de la Garza, Rigoberto García Cantú, Jesús Heiras Aguirre, Daniel Malacara Hernández, Marcos Mazari Menzer, Enrique Mitrani, Jorge Ojeda Castañeda, Jaime Pimentel Henkel, Héctor Riveros Rotgé, Ricardo Ruiz Boullosa, José de la Herrán, Élfego Ruiz Schneider y Fernando Walls Armijo.

En 1999 se reestructura la revista *Instrumentation & Development*, internacionalizándose su Comité Editorial. El CONACyT la ratifica como una revista de excelencia.

En 2000 se publica tres veces al año, completamente en inglés, con la participación de autores y árbitros de otras nacionalidades.

En agosto de 2001 se firma el convenio UNAM-Pearson Educación, para la promoción y distribución vía internet de la revista.



Portada del ejemplar inicial de *Instrumentation & Development*

### ***De Instrumentation & Development a Journal of Applied Research and Technology***

En 2003, el Dr. Felipe Lara Rosano, entonces director del CCADET, se propuso contar con un instrumento competitivo a nivel mundial para publicar y difundir estudios de alta calidad sobre instrumentación y ciencias aplicadas, realizados dentro y fuera de la UNAM y del país. Con autorización de la Sociedad Mexicana de Instrumentación A. C., la UNAM acogió la revista en el entonces Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET), para renovarla y se convirtió en la revista *Journal of Applied Research and Technology*,

publicándose cuatrimestralmente en inglés, contando con los más altos estándares de calidad. Se designa al Dr. Ovsei Gelman Muravchik como Editor-in-Chief de la revista.

Con fecha 1° de abril de 2003 se publica el Vol. 1 No. 1 de la revista con su nueva denominación, *Journal of Applied Research and Technology*. Con tres números por año (publicándose en abril, agosto y diciembre desde 2003) y entre ocho y 10 artículos por edición, divulga ciencia aplicada y desarrollo tecnológico realizados en países como México, Estados Unidos, Canadá, Francia, Italia, Turquía, Irán y Chile.



Portada del Vol. 1 No. 1 de la revista *Journal of Applied Research and Technology*

La revista aborda temas de vanguardia en las áreas de nuevas tecnologías, instrumentación y ciencias aplicadas como electrónica, acústica y vibraciones, óptica, cómputo, metrología y varios campos de la ingeniería como la mecánica, eléctrica, biomédica, de producto, sísmica y ambiental. Otros rubros incluidos en esta publicación se refieren a biotecnología, nanotecnología, procesamiento de señales e imágenes, sistemas

de control, cibernética, materiales y sensores, así como desarrollo de software y otras áreas de información y comunicación.

Cada artículo se revisa por dos o tres árbitros con el sistema de doble ciego, para que ni los autores ni los revisores sepan quién escribió el material. Otro cambio importante que contribuyó a la profesionalización de la revista fue su inclusión en línea a partir de 2003. En la versión electrónica, actualmente están disponibles de manera gratuita todos los artículos vigentes y anteriores.

Se tiene aproximadamente un 80 por ciento de autores mexicanos y 20 por ciento de extranjeros, y de los nacionales, un 25 por ciento son de la UNAM y 75 por ciento de otras instituciones. Algunos alumnos de doctorado en Ciencias Aplicadas e Ingeniería eventualmente incluyen colaboraciones en la revista, que se planea, diseña, imprime y difunde totalmente en el CCADET.

JART obtuvo en 2004 el Premio a la Revista del Año, que otorga el *Institute for Advanced Studies in Systems Research and Cybernetics*, con sedes en Canadá y Alemania.

Siendo el Dr. Felipe Lara Rosano, Editor en Jefe de la publicación, se indexa en mayo de 2007 en el *Science Citation Index Expanded* (SCIE), de ISI-Thomson, que integra a las publicaciones de ciencia y tecnología más prestigiadas del orbe. El riguroso proceso de integración a ese índice se inició en diciembre de 2004: se evalúan los estándares de publicación básicos, como el contenido editorial, la diversidad internacional de los autores y los datos de citas asociados con los artículos, además de varios años de aparición a tiempo.

En el mismo año de 2007 se aprueba su ingreso a SCOPUS.

Desde 2007, forman parte del Comité Editorial Internacional de JART 15 reconocidos científicos de diferentes instituciones y países, tales como

del Laboratorio de Robótica y Mecatrónica, de Italia, y del Instituto de Física Aplicada, de España. Así mismo, ya en ese año se contaba con alrededor de 50 árbitros de 10 países, como Brasil, Argentina y Cuba.

Se envían ejemplares en papel y disco compacto a universidades e institutos tecnológicos en México y Latinoamérica, así como a prestigiadas instituciones como el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), y las Universidades de Stanford y de California.

Además de SCOPUS e ISI, la revista también está incluida en el índice del Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (Latindex); en el índice Periódica, de ciencia y tecnología de América Latina y el Caribe; en el Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias; en la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (Redalyc); y en el Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica (Irmicyt), del CONACyT.

En 2009 se diseñó nueva imagen para la portada y los interiores de la revista, la cual se mantiene hasta el año 2019.

En 2014 se informa que la revista ha alcanzado un factor de impacto de 0.447 en el *Web of Science*.

A partir de 2015 el Editor en Jefe de la revista es el Dr. Gabriel Ascanio Gasca.

En el Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica ECORFAN-México, S.C. de 2016 se cita que JART está indizada en el *Science Citation Index Expanded*, con ISSN: 1665-6423

El 3 de febrero de 2016 se informa el cambio de estatus de la revista JART de revista regional a internacional, no estando incluida en la base de datos del JCR, pero continúa indizada en SCOPUS.



Portada del Vol. 17 No. 1 de la revista *Journal of Applied Research and Technology*

En 2020 se rediseñan la portada y los interiores de la revista, dándose a conocer en el primer número del Volumen 18 del 2020, manteniéndose hasta la fecha. Los dos últimos diseños de la revista JART fueron realizados por la D.G. Yolanda García G., quien colabora actualmente en el proceso editorial de la revista.



Portada del Vol. 18 No. 1 de la revista *Journal of Applied Research and Technology*

En 2020 se indica que JART es una revista bimestral de acceso abierto. Indexada en: Scopus, DOAJ, Latindex, Periódica, REDALYC, Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología del CONACyT y Google Scholar. JART publica artículos sobre aplicaciones innovadoras, desarrollo de nuevas tecnologías y soluciones eficientes en ingeniería, computación e investigación científica; que publica manuscritos describiendo investigación original, con significativos resultados basados en trabajo experimental, teórico y numérico, en los siguientes campos:

- *Materials Science (Biomaterials, carbon, ceramics, composite, metals, polymers, thin films, functional materials and semiconductors).*
- *Computer Science (computer graphics and visualization, programming, human-computer interaction, neural networks, image processing and software engineering).*
- *Industrial Engineering (Operations research, systems engineering, management science, complex systems and cybernetics applications and information technologies).*
- *Electronic Engineering (Solid-state physics, radio engineering, telecommunications, control systems, signal processing, power electronics, electronic devices and circuits and automation).*
- *Instrumentation Engineering and Science Measurement devices (pressure, temperature, flow, voltage, frequency etc.), precision engineering, medical devices, instrumentation for education (devices and software), sensor technology, mechatronics and robotics.*

# Algunas claves para entender el ICAT del CI al CCADET

**Dr. José Manuel Saniger Blesa**

*Director del 5 de diciembre de 2005 al 5 de diciembre de 2013*

**E**n el verano del 1976 en una visita a México y a la UNAM, conocí el Centro de Instrumentos (CI) de la UNAM. Era entonces una entidad recién creada, con amplios espacios de trabajo en los dos niveles del edificio principal, que se complementaba con el edificio que albergaba el taller mecánico y el Departamento de Mantenimiento de equipo. Pasé un rato agradable recorriendo el Centro y al término de esta primera visita mi impresión fue que era un lugar donde se hacían cosas interesantes, pero que no tenían mucha relación con mi orientación académica en aquel entonces: esa percepción iba a cambiar pronto.

Años después, en enero del 79, me trasladé con mi joven familia a vivir a México y en mayo de ese año ya estaba yo contratado por honorarios e instalado en un cubículo del nuevo piso que se acababa de levantar en el edificio principal. Mi primer trabajo fue colaborar en un proyecto dirigido a desarrollar tecnología para el enriquecimiento isotópico de uranio; proyecto ambicioso vinculado con el sector gubernamental que estaba financiado por la entonces Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. Mi tarea era procesar, a nivel de laboratorio, el hexafluoruro de uranio y estudiar la corrosión que pudiera originar al estar en contacto con una aleación de aluminio. Las ultra-centrífugas en las que se enriquecería el uranio eran de esa aleación de aluminio. Hay cientos de anécdotas de ese periodo,

que culminó en 1988 con la presentación de mi tesis doctoral en la Universidad Complutense de Madrid, pero no es éste el espacio para contarlas.

Para esa época, yo me encontraba ya como pez en el agua en el Centro de Instrumentos, había pasado de ser un químico ortodoxo a un ente extraño (ahora se diría interdisciplinario) que compartía mi tiempo entre el taller mecánico y el laboratorio, trataba de aprender de mis pláticas con ingenieros mecánicos, electrónicos, ópticos, acústicos y hasta físico-pedagogos que desarrollaban material didáctico para la enseñanza de la ciencia. Para entonces, alrededor del proyecto del hexafluoruro de uranio, ya se había generado el Grupo de Química en el que estábamos algunos colegas académicos y los primeros estudiantes de licenciatura del grupo, que hoy todavía podría decir que son amigos. Seguramente fue el periodo más entusiasta y vivificante de mi trayectoria académica. En esos días, todos en el Grupo éramos orgullosamente técnicos académicos.

Se empezaban a vivir nuevos aires en el CI. Junto con las tareas definidas en el Acuerdo de Creación del CI -diseño, desarrollo y mantenimiento de instrumentación científica y didáctica- un grupo de ingenieros mecánicos fundó el Laboratorio de Metrología Dimensional, el Laboratorio de Acústica estaba ya entrando en

operación y se empezaba a mostrar una faceta novedosa del CI. Prácticamente todos éramos técnicos académicos, pero el gusto por la investigación ya se empezaba a manifestar y nos tentaba a más de uno como vía para continuar con la superación académica. Desde años atrás se había dado hospedaje en el Centro a un grupo de ópticos que fueron los investigadores fundadores del CIO en León y ese hecho facilitó que en paralelo se fuera generando un Grupo de Óptica propio en el Centro. Ese era el sello del CI de entonces, la convivencia de las tareas de desarrollo tecnológico, que le habían sido encomendadas desde su origen, con una investigación incipiente, y junto a ello una característica muy importante: la presencia de una multidisciplina académica creciente, que empezaba a ser una característica del Centro, no siempre bien entendida ni adentro ni fuera de él, pero que se fue colando y acrecentando en los diferentes grupos y laboratorios.

La tendencia continuó y ya por el año 2000 las actividades de investigación en el CI se habían consolidado y podían equipararse en extensión con las de desarrollo tecnológico. Esto tuvo una repercusión fuerte en el Centro y en el año 2002, después de un largo periodo de discusiones internas y externas, se le cambió el nombre por el de Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET), para que reflejara mejor la diversidad de los quehaceres que ahí se desarrollaban.

Con esta introducción he tratado de reflejar apretadamente los inicios de mi incorporación al CI y su evolución hasta CCADET, junto con algo de mis impresiones personales en este periodo. Todo ello con tres finalidades: una por el gusto personal de recordar esa etapa, otra por dar a conocer el espíritu de la época a muchos de los actuales miembros del ICAT que no la vivieron y, finalmente, por darme pie a presentar mi visión del CCADET y la misión que me planteé al acceder en diciembre de 2005 a la Dirección del Centro.

En el casi recién bautizado CCADET convivían dos visiones académicas: la de los tecnólogos, mayoritariamente técnicos académicos de amplia trayectoria y calidad académica (varios de ellos fundadores del CI) y, por otro lado, la de los investigadores que contaban en sus filas a dos diferentes especies, las de los técnicos académicos que nos habíamos reconvertido a investigadores y la de los que se habían incorporado en los últimos años directamente como tales. Por su parte, los grupos de trabajo reflejaban también esta separación y había muy pocos que estuvieran conformados por un número equilibrado de ambos tipos de académicos. Era clara entonces la oportunidad que se le abría al CCADET de darse un perfil académico, novedoso en la UNAM, que conjuntara las actividades de investigación con las de desarrollo tecnológico, a partir de la definición de proyectos interdisciplinarios que atravesaran ambas áreas. Pero la inercia de las líneas del trabajo de cada grupo y la diversidad de los criterios de evaluación para cada carrera académica no facilitaba la hibridación de la comunidad. La separación administrativa en dos departamentos, el de Desarrollo Tecnológico con amplia mayoría de tecnólogos y el de Ciencias Aplicadas con mayoría de investigadores, tampoco favorecía las colaboraciones transversales.

En la toma de posesión como Director dije que la multidisciplina debería de ser la argamasa que uniera a la comunidad del CCADET, e invité a todos a atreverse a soñar planteándose grandes retos académicos y trabajando duro para llevarlos a cabo. Trató de ser una llamada a la unidad, a la integración de visiones y capacidades y al entusiasmo para plantearnos nuevos retos. Seguramente mi conocimiento de la historia y de la comunidad del CCADET me facilitó lanzar ese mensaje.

### ***Pero ¿Cómo ir implementando los cambios necesarios?***

Primero fue proponer una nueva estructura departamental que ayudara a romper con la separación entre ciencia y tecnología. Así se fundaron los Departamentos de Tecnociencias; Óptica y Microondas; Medición e Instrumentación; y, Tecnologías de la Información. Esta conformación departamental requirió negociaciones y consensos no siempre fáciles. Como era de esperar, hubo una resistencia al cambio junto con una tendencia a buscar mejorar las posiciones de influencia de grupos académicos particulares, pero después de largas discusiones en el Consejo Interno, en el Colegio Académico, en pasillos y en reuniones en la Dirección, conseguimos llegar a un consenso razonablemente operativo, aunque, como ocurre con toda negociación, no dejó plenamente satisfecho a nadie.

Superada esa etapa, hubo que abordar otra peculiaridad del Centro: la aparente dispersión de sus líneas de I+D.

Históricamente la definición de estas líneas se llevaba a cabo al interior de los grupos de trabajo, en general se hacía con seriedad académica y buscando que tuvieran originalidad, alto impacto y aplicabilidad a la resolución de problemas científicos o de desarrollo tecnológico de interés nacional. Algunos ejercicios de planeación centralizados que se habían llevado a cabo anteriormente, no tuvieron el impacto suficiente para definir una visión del CCADET compartida mayoritariamente, por lo que me pareció que el problema había que abordarlo con otro enfoque.

Dicho esto, quiero hacer dos precisiones. La primera es una percepción personal, que no sé si compartan mis colegas contemporáneos. La misión inicial del Centro de Instrumentos sí estaba bien definida (diseño, desarrollo y mantenimiento de instrumentación científica y didáctica), pero con la incorporación en años posteriores -entre

los 80's y 90's- de nuevos grupos, surgieron otras orientaciones académicas que ampliaron y a la vez desdibujaron la orientación inicial del CI. La segunda precisión es que esa posibilidad de que cada grupo, tomando como eje principal el campo de la instrumentación, pudiera definir su orientación de I+D, generó un ambiente de libertad académica que hizo del Centro un lugar donde era muy satisfactorio trabajar y donde se compartían naturalmente inquietudes y conocimientos con colegas de diferentes disciplinas. Fuimos multidisciplinarios sin darnos mucha cuenta de ello, en un momento en el que la bondad de este enfoque no estaba aún reconocida en nuestro entorno. Sólo nos faltó en ese entonces transitar desde la multi hasta la interdisciplina, algo que ahora siento que se está dando en el ICAT y que habrá que potenciar aún más hasta pasar a trabajar en un ambiente transdisciplinario.

Nos sentíamos a gusto en ese ambiente, pero había una pregunta que nos costaba trabajo responder. La pregunta no deseada, pero frecuentemente planteada, cuando hablábamos con colegas de otras entidades de la UNAM era: ¿qué es lo que se hace en el CCADET? Era fácil de responder pensando en lo que hacía cada grupo, pero no era trivial dar una respuesta que englobara de manera coherente el quehacer de los diferentes grupos. Sin embargo, era importante para nosotros tener una idea compartida de cuál era nuestro perfil académico como entidad dentro del subsistema de la investigación científica. El punto era, y es, importante, porque si uno sólo conoce y valora lo que hace su grupo sólo pertenece a ese grupo, pero si conoce y valora lo que hacen todos los grupos entonces pertenece a la comunidad.

Había por tanto que buscar una manera de lograr esa idea común, pero sin necesidad de pasar por un ejercicio de reflexión centralizada que nos llevara a una definición rígida de lo que deberíamos ser, y no a un reconocimiento de lo que ya éramos. Esto último hubiera

dado al traste con parte de nuestra identidad, de nuestro disfrute académico, y nos hubiera dividido peligrosamente.

Eso me llevó a unos días de reflexión, intentando sintetizar lo que éramos como comunidad y a qué nos dedicábamos. Lo que pareció más lógico fue analizarlo a través del conjunto de nuestras especialidades y sobre todo de los proyectos en los que veníamos trabajando. Por sus frutos los conoceréis.

Así surgieron dos conceptos, ligados entre sí, que nos ayudaron a definirnos primero hacia dentro y después hacia afuera. A esos conceptos les llamamos *Campos del Conocimiento* (instrumentación científica, micro y nanotecnologías, tecnologías de la información, enseñanza de la ciencia y la tecnología), que describían nuestros saberes y *Áreas Prioritarias* (salud, medio ambiente, energía y educación en ciencia y tecnología), en las que aplicábamos ese conocimiento. Tampoco fue inmediata la aceptación de esos conceptos al interior del Centro, pero en un tiempo relativamente corto los fuimos haciendo nuestros y nos resultaron muy útiles tanto en procesos de planeación internos como en imagen hacia el exterior. Por supuesto, estos conceptos deben revisarse y actualizarse, en su caso, para que continúen representando al actual ICAT con su presencia e impacto creciente dentro y fuera de nuestra Universidad.

Pero teníamos otros problemas, además de definir nuestra personalidad académica como Centro. Estos eran más “terrenales”, pero no menos importantes. Me refiero al tema de la escasez de espacios y la necesidad de renovación de varios de ellos y la obsolescencia de algunos equipos básicos. El número de trabajadores (académicos, administrativos y de confianza) había crecido a más del doble en los últimos 20 años, pero la ampliación de espacios había sido muy inferior a ese valor y algunos de ellos reclamaban

urgentemente una rehabilitación, a lo que se unía la necesidad de actualizar infraestructuras básicas para el trabajo diario, como fue el caso de la Subestación Eléctrica con 35 años de servicio, que fue necesario sustituir dado que la demanda de potencia de los equipos del Centro iba a superar pronto su capacidad y su vida útil había sido sobrepasada. Ante esta situación, se comenzó a trabajar en el tema con la Secretaría Técnica, apoyada por las Secretarías Administrativa y Académica y se contactó con la Dirección General de Obras y Conservación para definir prioridades y presupuestar costos. Una vez definidas las propuestas, se presentaron ante el Coordinador de la Investigación Científica y la Rectoría y quedamos a la espera. Finalmente, tuvimos la suerte de que el Dr. Narro había asumido como un programa de su Rectoría la ampliación de los espacios académicos en diversas sedes de la UNAM y nuestra solicitud cayó en terreno fértil, aunque muy competido, por lo que finalmente lo autorizado fue menor a nuestras expectativas.

Se pudo así, cambiar la subestación por otra de mayor potencia que aseguraba la posibilidad de instalar nuevos equipos de alto consumo, rehabilitar el piso del Taller Mecánico y los baños de los tres niveles del edificio principal. Finalizada esta etapa se empezó la construcción de un cuarto nivel de ese mismo edificio y a su término las dos plantas del edificio de Laboratorios Universitarios. De manera resumida, aproximadamente 2,500 m<sup>2</sup> de nuevos espacios, rehabilitación de equipos y áreas de servicio básicas. Como era de esperar, todo ello estuvo acompañado de opiniones contrapuestas, un gran alboroto y no pocas molestias, pero llegamos a buen puerto. Tengo que confesar que, a pesar de todas las complicaciones, disfruté trepando por los andamios para ver los avances del nuevo piso y de paso contemplar las vistas de CU y del sur de la CDMX desde allá arriba. La sorpresa, menos agradable, fue que conforme se iban terminando los espacios quedaba claro que eran insuficientes. En definitiva, el problema de falta de espacios se

redujo temporalmente, permitió un respiro, pero no quedó resuelto de manera definitiva.

Visto ahora en perspectiva, y ante la falta de espacios en el recinto del ICAT donde se puedan levantar nuevos edificios, creo que este problema sólo se resolvería pensando en una sede foránea del Instituto. La UNAM tiene una interesante variedad de sedes foráneas que podrían recibir gustosas la incorporación de un Laboratorio (protocentro) del ICAT, integrado por un grupo académico interdisciplinario con un enfoque en las ciencias aplicadas y que ampliara la capacidad y alcance de I+D+I de la sede receptora. Sería además una demostración de la consolidación del ICAT y un reto más a superar por una comunidad en constante evolución. Pero este proceso tendría que darse en respuesta a una iniciativa de un grupo de académicos más que por la propuesta de la Dirección en turno.

Otra semilla interesante que se gestó en aquellos años fue la creación de Laboratorios Universitarios, aprovechando una iniciativa surgida desde la Coordinación de la Investigación Científica (CIC), para mejorar el equipamiento experimental del Subsistema y fomentar su óptimo aprovechamiento, ubicándolo en un concepto de laboratorios abiertos a la comunidad universitaria, que superara la mentalidad dominante de limitar el uso de los equipos al grupo académico que lo tenía bajo su resguardo. Con el entusiasmo de algunos grupos que percibieron la oportunidad de este coyuntura y, desde luego, con el apoyo de la Administración Central y de la CIC, se crearon el Laboratorio Universitario de Ingeniería de Diseño y Manufactura Avanzada (LUIDyMA), predecesor del actual MADiT; el Taller de Diseño Óptico, predecesor del actual LUFABEO; así como los Laboratorios Universitarios de Nanotecnología Ambiental (LUNA) y de Caracterización Espectroscópica (LUCE), si bien estos dos últimos contaron fundamentalmente con apoyos conseguidos a través del programa de mejora de infraestructura del CONACYT.

Adicionalmente, se dotó al Taller Mecánico con máquinas-herramientas de nueva generación, tales como un centro de maquinado, tornos de control numérico de múltiples ejes y, mi favorita, una máquina de corte por chorro de agua. Alcanzó también para actualizar el sistema de control de la máquina de medición por tres coordenadas, lo que le permitió al Taller Mecánico y al Grupo de Ingeniería Mecánica de Precisión, la posibilidad de producir prototipos mecánicos de mayor complejidad y precisión.

De manera puntual, creo que es necesario resaltar dos actividades adicionales que fueron de importancia en la administración que me tocó encabezar. Uno de ellos, fue la participación del CCADET en el diseño y puesta en operación de los Laboratorios de Enseñanza Experimental de las Ciencias para el Bachillerato de la UNAM. Como resultado de la amplia trayectoria del Centro en el desarrollo de material didáctico para la enseñanza de las ciencias en el nivel de educación media superior, que posteriormente condujo a la formación de los grupos de Cognición y Didáctica de las Ciencias y al de Espacios y Sistemas Interactivos para la Educación, la Secretaría General de la UNAM le encargó al CCADET el diseño y puesta en operación de dichos laboratorios en los planteles de la Escuela Nacional Preparatoria y del Colegio de Ciencias y Humanidades. Después de más de cuatro años de fuerte trabajo coordinado de ambos grupos y con el apoyo de la Administración Central de la UNAM, se lograron montar y poner en operación más de 100 Laboratorios diseñados bajo un modelo de enseñanza-aprendizaje surgido de los propios grupos, que fue presentado y adoptado por las direcciones de los diversos planteles educativos. Fue probablemente el proyecto institucional de mayor envergadura que le tocó abordar al CCADET.

La segunda acción puntual muy trascendente de esos años fue la creación de la Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico del CCADET en el Hospital General de México. Desde los 80's, en

el entonces Centro de Instrumentos, ya se trabajaba en prototipos instrumentales de equipo médico, en algunos casos por solicitudes externas y en otros por iniciativa propia de los académicos. Esa tendencia se mantuvo y algunos técnicos del Centro salieron a hacer sus tesis doctorales en Francia y en el Reino Unido, en temas relacionados con instrumentación médica y a su regreso continuaron trabajando en estos temas involucrándose ya en el desarrollo de equipos más sofisticados. A pesar de ello, en la visión del Subsistema de la Investigación Científica, y de Facultades como la de Medicina, no se identificaba al CCADET como una entidad que participara en actividades de I+D asociadas con el área de salud y, por otra parte, los académicos resentían la dificultad de interactuar de manera más cercana con médicos especialistas interesados en sus desarrollos.

En este contexto surgió la idea de crear una Unidad del CCADET en algún hospital de los Institutos Nacionales de Salud. De esta manera se facilitaría la interacción con los médicos especialistas, se visibilizaría la actividad del Centro en el área y, adicionalmente, se podría contar con nuevos espacios en los hospitales que podrían ayudar a aliviar la presión por espacios de trabajo que era ya evidente en el Centro. Nuevamente, se dio una coyuntura favorable para el desarrollo de esta idea. Un investigador recientemente reincorporado al CCADET participaba activamente en los seminarios del entonces Director de Investigación del Hospital General de México -un gran impulsor de la necesidad de crear grupos nacionales de I+D en el área de salud- y de ahí se generó una relación de confianza con él, que hizo que se transformara en nuestro aliado de la idea de crear una unidad del Centro en ese Hospital; propuesta que con su apoyo se presentó finalmente ante el Director General del Hospital. Así empezó un largo período de reuniones, colaboraciones y algunos proyectos conjuntos, hasta que en el 2012 se formaliza la Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico (UIDT) del CCADET en el Hospital General de México

“Dr. Eduardo Liceaga”, inaugurada el 20 de septiembre de 2013. El arranque no fue fácil y el camino de la consolidación de la UIDT tampoco, el proceso se ha consolidado en la actual administración del ICAT y espero que manteniendo la voluntad de las partes se obtengan logros significativos que conduzcan a desarrollos innovadores en la práctica médica, cumpliendo así un largo anhelo de nuestra comunidad.

Seguramente hay otras actividades importantes que debería relatar y se me están quedando en el tintero por premura y flaqueza de memoria, pero creo que es ya hora de dejar aquí el recuento de hechos específicos y terminar con algunas reflexiones.

La primera debe ser una expresión de la satisfacción personal que fue para mí dirigir el CCADET, una entidad en la que me formé académicamente y con cuya comunidad tengo una deuda difícil de cubrir por el apoyo y el afecto, así lo siento, que he recibido de ella desde mi incorporación en el año cercano 1979. Este agradecimiento, desde luego, se extiende a la UNAM cuyo espíritu generoso, es fiel reflejo de la calidez humana del pueblo mexicano, del que me siento parte.

El paso por la Dirección del CCADET fue una experiencia intensa, a veces vertiginosa, que siento que dejó un balance positivo en mi vida personal y profesional. Me alegro de haberla concluido y de haberlo hecho sin comprometer en demasía mi relación afectiva con la comunidad. Aunque llevo ya tres años con una presencia esporádica en el ICAT, por estar comisionado en la Coordinación de la Investigación Científica, mantengo mis vínculos con el Instituto, al que espero regresar no demasiado tarde para seguir trabajando de manera directa con mis colegas de tantos años.

Permítanme terminar con una reflexión de ámbito general sobre asuntos que nos preocupan a todos. Corren tiempos retadores, y los

retos no harán sino incrementarse en los próximos meses y años. Tenemos la obligación de enfrentarlos poniendo todo nuestro empeño y conocimiento en ello. Habrá que “salirse de la caja” y pensar cómo redefinir nuestro trabajo académico con nuevos enfoques; las incertidumbres asociadas son altas, pero se hace impostergable demostrar la capacidad del conocimiento científico para transformar nuestra sociedad salvaguardando el planeta. Tenemos que trabajar en coherencia con los diversos sectores de la sociedad, para transitar hacia un mundo más justo y sostenible en los ámbitos ambiental, social y económico, y eso seguramente deberá llevarnos como comunidad a una redefinición de nuestros modos de trabajo y de los productos del mismo. Esto es un reto que requiere de la imaginación, la audacia y la terquedad que se supone que nos distingue como académicos. El ICAT debe estar preparado para formar parte de este movimiento.

# La sección de Desarrollo de Prototipos

M. en I. Rigoberto Nava Sandoval

## Antecedentes

**E**l Centro de Instrumentos (CI) se creó para apoyar las funciones sustantivas de la UNAM y dar mantenimiento a sus aparatos y equipos científicos, así como para desarrollar instrumentos especiales que cubrieran las necesidades específicas de investigadores o dependencias universitarias.

Con el tiempo, el CI obtuvo prestigio al atender un sinnúmero de servicios relacionados con la instrumentación, tanto de mantenimiento como de desarrollo de equipos que requerían de la armoniosa conjunción de diferentes disciplinas y áreas del conocimiento. Los servicios estaban enfocados principalmente a satisfacer las necesidades de usuarios externos por solicitud de otras dependencias universitarias y entidades del sector público y privado, pero también de usuarios internos para la creación y mantenimiento de la infraestructura del propio Centro.

Tristemente, el CI dejó de dar mantenimiento alrededor de 1997. El Departamento de Mantenimiento se disolvió, su personal se jubiló o pasó a formar parte de otros talleres y laboratorios. La razón de ese cambio era simple, se quería convertir un centro de servicios en un centro de investigación y más adelante en un instituto. Esta

transformación se aceleró cuando siendo Rector de la UNAM el Dr. Francisco Barnés de Castro, desaparecieron varios centros de servicio como el Centro de Información Científica y Humanística (CICH) y el Centro de Servicios de Cómputo (CSC), estando aparentemente el CI en la mira. Este drástico cambio modificó la forma de evaluar al personal académico, ya que se favorecía más la actividad de investigación que la de servicios. Inclusive, se instaba y se premiaba con becas adicionales a su salario al personal académico que se dedicara de tiempo completo y exclusivamente a estudiar para obtener mayores grados académicos con miras a pasar de Técnicos Académicos a Investigadores, como sucedió en muchos casos. Entonces, en 2002, el Centro de Instrumentos durante la administración del Dr. Felipe Lara Rosano, se convirtió en el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET).

Si bien el CCADET había tenido un buen desempeño desde el punto de vista del número de publicaciones en libros, revistas y congresos, hacía falta que se reforzara su capacidad para desarrollar nuevamente instrumentación de clase mundial, con el propósito de que sus productos tuviesen mayor trascendencia y se enfocasen con mayor énfasis a la solución de problemas del país más inmediatos y pertinentes, así como los del sector industrial, de la salud y de educación.

La tarea no sería fácil, pues los ingenieros con capacidades para desarrollar equipo científico estaban desbalagados en los diferentes laboratorios y grupos académicos del Centro, a raíz de la desintegración del Departamento de Mantenimiento. Ellos se dedicaron normalmente a hacer sus propios desarrollos, para mantenerse ocupados pensando en que salían más baratos que los existentes en el mercado y podrían venderse o transferirse, pues eran productos útiles para ellos mismos o para el grupo al que pertenecían y no necesariamente porque alguien externo se los hubiese solicitado explícitamente.

Uno de los laboratorios que intentaba hacer cosas útiles para el exterior era el de Ingeniería del Producto, creado en 1998 y dirigido por el Fís. José Luis Pérez Silva<sup>†</sup>, en el cual se contaba con el diseñador industrial Juan Salvador Pérez Lomelí y los ingenieros Gerardo Calva Olmos y Rosendo Fuentes González<sup>†</sup>, así como dos mecánicos, los hermanos Gonzalo y Artemio Flores. Había otros laboratorios que tenían la necesidad, pero no la capacidad de desarrollar equipo, aunque tenían sus propias máquinas y algún mecánico adscrito, requerían del diseño ingenieril y demandaban apoyo como, por ejemplo, los grupos de Óptica, de Química o de Acústica.

A principios del año 2006, iniciando su gestión como director del CCADET, el Dr. José Saniger Blesa me invitó a formar parte de su administración. Me propuso hacerme cargo de la entonces Sección de Producción, tal vez porque mi tesis de maestría la enfoqué hacia la implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) en el Centro, durante la administración del Dr. Felipe Lara Rosano, quien me dio la oportunidad de formar un comité de calidad, del cual formaba parte el Dr. Saniger. Una parte de la tesis se refería a la implementación de un SGC en la Sección de Producción, en aquellos años a cargo del Maestro Carlos Rojas, conocido como “El Peruano” y posteriormente a cargo del Ing. Eduardo Bernal Vargas, quien hoy

forma parte del grupo de Ingeniería de Proceso. Por mi parte yo era miembro desde su fundación del Laboratorio de Metrología.

La idea del Dr. Saniger era recuperar la capacidad de desarrollo de equipos y aparatos que se requerían para las investigaciones científicas, para lo cual el CCADET debía contar nuevamente con un grupo de ingenieros y un taller mecánico capaz de realizar trabajos de mayor envergadura. Para ello sugirió sumar los esfuerzos y recursos de la Sección de Producción y del Laboratorio de Ingeniería del Producto, ya que eran en su quehacer los más afines.

Para entonces, la Sección de Producción ya había perdido varias áreas de trabajo por la expansión de otros laboratorios de investigación científica. Así, el espacio que era de carpintería pasó a ser para uso exclusivo del Laboratorio de Óptica, donde tenían otro taller mecánico a cargo de la Dra. Martha Rosete Aguilar, pero actualmente el espacio lo ocupan los laboratorios de los Doctores Maximino Avendaño y Eduardo Sandoval.

Otra área perdida es la que ocupaba el taller mecánico del Laboratorio de Ingeniería del Producto que, por su apariencia y ubicación, se le puso el mote de “el corralito”. Esta área pasó a formar parte del Laboratorio de Ingeniería de Proceso y posteriormente del Laboratorio Universitario de Ingeniería, Diseño y Manufactura Avanzada (LUIDIMA), luego del Laboratorio de Manufactura Aditiva y Digital (MADiT), el cual requirió aún más espacio al convertirse en laboratorio nacional y, dicho sea de paso, hasta la actualidad impide el libre funcionamiento de la grúa viajera de la nave industrial.

También el espacio para estudiantes de la Sección de Producción fue ocupado por el área de Diseño Industrial del Laboratorio de Ingeniería del Producto. Por otro lado, el Taller Mecánico había perdido, debido a jubilaciones, a varios de los mecánicos más

experimentados como el Maestro Hiram Galván Lecón, Napoleón Díaz Ferrusca<sup>†</sup>, Juan Arenas Berrocal, Valentín López Cabañas, entre otros, y no sólo eso, sino que había perdido el área donde se instaló el Laboratorio de Ingeniería del Producto y muchas máquinas que habían sido el orgullo de los mecánicos de antaño, ya eran obsoletas o estaban descompuestas, maquinaria que otrora había sido usada para la fabricación de instrumentos científicos de buena manufactura.

Cuando se formó la Sección de Producción, hacía años que no se fabricaban equipos grandes, había máquinas arrumbadas que llevaban más de 15 años sin usarse, las nuevas generaciones de mecánicos no tenían experiencia ni materia de trabajo y mucho menos capacitación en las nuevas tecnologías para la fabricación de piezas mecánicas complejas, usando máquinas de control numérico conocidas como máquinas CNC.

Por supuesto la Sección de Producción no contaba con máquinas CNC, su taller estaba prácticamente abandonado, ni siquiera se le daba mantenimiento al edificio, lucía lúgubre y sucio, con raíces de la vegetación que había crecido en las azoteas colgando de los techos. Sus máquinas en desuso permanecían amontonadas, salía más caro arreglarlas porque ya no existían refacciones y habría que fabricarlas, pero las que todavía servían guardaban cierto orden, aunque no estaban ancladas al piso, ya que habían experimentado en varias ocasiones diversos cambios en el *layout* o manera de acomodarlas con la idea de aumentar la productividad del Taller.

Sin embargo, el problema no era el ordenamiento de las máquinas, sino que se había perdido capacidad para desarrollar instrumentos que requerían piezas con formas complicadas, pues no se contaba con las nuevas tecnologías de fabricación; por ejemplo: ¿cómo fabricar una tobera con perfil hiperbólico o que su forma satisfaga



Área de Pailería del Taller Mecánico (2006)

una ecuación matemática, utilizando tornos manuales? O bien, fabricar el modelo de la envolvente o carcasa con superficies curvas estilizadas, con una fresadora manual.

La fabricación de algunos instrumentos ya no se llevaba a cabo en el Taller Mecánico del CCADET, sino que se buscaban talleres alternos dentro y fuera de la UNAM, para satisfacer las necesidades específicas para la construcción de las nuevas generaciones de prototipos para la investigación científica.

En un intento por dar trabajo al personal del taller, se comenzó con la fabricación de escritorios de madera de pino para venderlos en la Tienda UNAM. De esa manera, se había pasado de un taller en el cual se fabricaban aparatos y equipos científicos a un taller de muebles de madera, pues también se le solicitaba al taller la fabricación de libreros para las oficinas nuevas de los investigadores y otras minucias como la reparación de mesas, sillas y estantes. Debo decir que, en ocasiones, sí se llegaba a dar mantenimiento al equipo de otros centros o institutos de la UNAM, pues se contaba



Máquina de inyección de plástico arrumbada

con personal del extinto Departamento de Mantenimiento como el Sr. Norberto Mosqueda Hernández, quien en ocasiones realizó ese tipo de servicios de mayor valía.

Así, para coadyuvar a la recuperación y acrecentamiento de las capacidades de diseño y desarrollo del CCADET, le propuse al Dr. Saniger la creación de la Sección de Desarrollo de Prototipos (SDP) y, tal como fueron sus indicaciones, se aprovecharon para su conformación los recursos humanos, la infraestructura y materiales,

tanto del taller mecánico como del Laboratorio de Ingeniería del Producto.

### **Creación de la Sección de Desarrollo de Prototipos**

La Sección de Desarrollo de Prototipos (SDP) se creó en marzo de 2006. Sus antecedentes son: el Taller Mecánico a cargo del Mto. Hiram Galván Lecon desde su inicio hasta 1978. Luego, durante la administración de Héctor del Castillo González se convirtió en el Departamento de Producción, creado en 1978, quedando a cargo del Ing. Antonio Castruita Vargas hasta 1981. Ese mismo año, Héctor Domínguez Álvarez designó a Jaime Pimentel Henkel como Jefe de ese Departamento, el cual en 1988 se transformó en el Departamento de Diseño Mecánico y Construcción de Prototipos, durante la gestión de Manuel Estévez Kubli. Años después dejó de ser Departamento para convertirse en la Unidad de Producción, y más tarde en la Sección de Producción. Durante el paso del tiempo, a pesar de los cambios de administración, siempre ha tenido como función principal el desarrollo de la parte mecánica de prototipos, o bien, equipos completos cuando son enteramente mecánicos, los cuales son usados tanto para la investigación científica como para el sector industrial, pudiéndose mencionar entre muchos otros productos, las dragas para el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología; los telescopios ópticos con espejo de 600 mm para diversos observatorios astronómicos de la República Mexicana; los fermentadores para producción de insulina; la prótesis de mano del Dr. Noyola<sup>†</sup>; así como también las ultracentrífugas para la purificación de uranio y equipo para realizar estudios de corrosión del UF<sub>6</sub>; las tecnologías transferidas para la fabricación nacional de bombas de tornillos para PEMEX y para un sistema de retroproyección; y muchos otros instrumentos para equipamiento de laboratorios del propio Centro y externos.

Fueron Jefes Académicos: del Departamento de Producción, Antonio Castruita Vargas y Alberto Pimentel Henkel; del Departamento de Diseño Mecánico y Construcción de Prototipos, Roberto Resendiz Núñez, Kent Ira Brailowsy Alperowitz y Gabriel Ascanio Gasca; de la Unidad de Producción, que luego pasó a ser Sección de Producción, Carlos Rojas Ramírez y Eduardo Bernal Vargas; y, finalmente, de la Sección de Desarrollo de Prototipos, Rigoberto Nava Sandoval.

Para comenzar a integrar la SDP apliqué un proceso de mejora continua, comenzando con un estudio FODA para detectar las fortalezas y oportunidades, así como las debilidades y amenazas referentes a la infraestructura, instalaciones y servicios, incluidos los sanitarios; estado de la maquinaria y equipo; dominio de métodos y procesos tanto de diseño como de fabricación y administración de proyectos. Algo que aprendí en la Maestría de Sistemas de Calidad es que el personal es lo más valioso que tiene cualquier organización y el CCADET no era la excepción. Todos bajo mi conducción, me ayudaron a hacer un diagnóstico multidimensional, tomando siempre en cuenta sus opiniones y observando sus capacidades y aspiraciones, ya fueran académicos o administrativos; cada uno con su experiencia en lo suyo tuvieron algo que aportar.

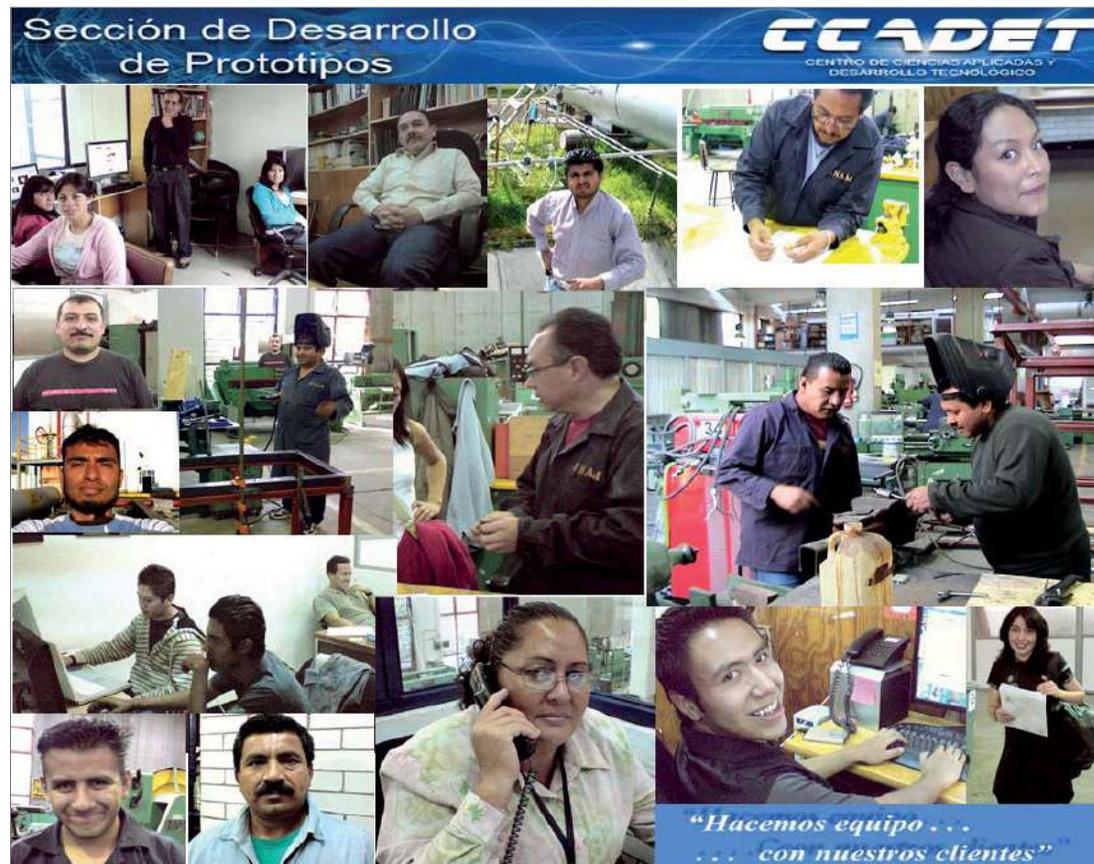
De esa manera definimos el objetivo de la Sección de Desarrollo de Prototipos, que prácticamente es el mismo desde la creación del Departamento de Diseño Mecánico y Construcción de Prototipos, pero plasmado por escrito en el manual de calidad como lo marca la norma ISO 9000, parafraseado es así: “Integrar el desarrollo tecnológico de prototipos que satisfagan tanto necesidades del CCADET, como de otras dependencias de la UNAM, organismos externos y empresas privadas”. La intención fue la integración de las diversas disciplinas en el desarrollo de los prototipos que podrían ser enteramente mecánicos, electromecánicos, enteramente electrónicos o mecatrónicos, en los que se requiere controlar e

incluso automatizar las funciones de los equipos. Por supuesto, los prototipos serían desarrollados para todas aquellas personas físicas o morales de dentro o de fuera de la UNAM, que así lo requirieran. Las líneas de trabajo quedaron establecidas como: Diseño Mecánico; Diseño Electrónico; Automatización y Control; Diseño Industrial y Elaboración de Prototipos.

El personal académico con el que se creó la SDP, al cual sólo permanezco yo, era: M. en I. Rigoberto Nava Sandoval, Jefe de Sección y atendiendo la línea de diseño mecánico; D. I. Juan Salvador Pérez Lomelí, encargado de la línea de diseño industrial; Ing. Gerardo Calva Olmos e Ing. Rosendo Fuentes González†, ambos para atender las líneas de diseño electrónico y de automatización y control.

Del personal administrativo menciono los que estuvieron y los que están (2020):

- ♦ Jubilados: Norberto Mosqueda Hernández, Juan García González, Rafael Araujo Medina, Simón López Romero, José Luz Berrocal Rodríguez, Olivo Crescencio Esteban Juan.
- ♦ Finado: Edgar Eduardo Embriz Delgado, Técnico General carpintero.
- ♦ Con cambio de Laboratorio o dependencia: Marcos Velásquez, Miguel Ángel Izquierdo, Leticia Jiménez Ruiz como secretaria.
- ♦ En activo: Alejandro Pérez del Río, jefe de taller; Daniel Ruiz Gualito, Técnico en Fabricación de Equipo Científico (TFEC), especialista en pailería y soldadura de todo tipo; Francisco Javier Ángeles Juárez, TFEC de mecánica y pailería; Juan Arenas Aguirre, TFEC y especialista en corte por chorro de agua CNC; Alejandro Gómez Suárez, TFEC y especialista en centro de maquinado u tornos



Integrantes de la SDP en agosto de 2008

CNC; Ricardo Embriz Delgado, Mecánico de Precisión; Mauricio Iturbe Monroy, TFEC; Rigoberto Madariaga Ríos, TFEC; Aurora Sánchez Moreno, secretaria.

♦ Inactivo: Mauro Madariaga, delegado sindical del STUNAM.

Las políticas que quedaron establecidas y a mi juicio las más importantes son las referentes al enfoque al cliente, es decir: Comprensión cabal de sus necesidades y mostrar siempre actitud de

servicio para que todo lo que le entreguemos le sea de utilidad para satisfacer sus necesidades; riguroso cumplimiento de tiempos de entrega; garantía de la calidad de nuestros prototipos; evaluación del desempeño de los productos durante su empleo y satisfacción del usuario. Otras políticas son para complementar las funciones sustantivas de nuestra máxima casa de estudios: Formación de recursos humanos útiles a la sociedad, con el entrenamiento permanente de estudiantes y su participación en proyectos como alumnos de servicio social, tesis y prácticas profesionales;

capacitación continua del personal; participación en la impartición de cursos curriculares en la UNAM y actividades de difusión por parte del personal académico de la SDP.

Finalmente, menciono brevemente políticas propias de la jefatura de la SDP: El costo del desarrollo de prototipos lo cubren los usuarios de los mismos en su totalidad; alianzas estratégicas con el fin de conseguir permanente apoyo financiero externo para mejora de la infraestructura y educación continua; evaluación, comunicación y rendición de cuentas en cuanto a evaluación continua del desempeño de los procesos de desarrollo de prototipos y del personal que los ejecuta; comunicación permanente con el personal acerca del desempeño y acciones preventivas y correctivas necesarias para mejorarlo.

### ***Desafíos y Anécdotas, unas interesantes y otras chuscas***

Los primeros aparatos fabricados como SDP fueron simples, fabricados con máquinas manuales. Por ejemplo, un medidor de nivel de gas para tanque estacionario diseñado por Juan Salvador Pérez Lomelí, para la empresa Gas Metropolitana. El medidor envía la señal de nivel de gas a un cuarto de control en una fábrica, en la cocina de un restaurante o en una casa, sin necesidad de subir a la azotea a verificar o esperar a que se acabe el gas para pedirlo.

Otro ejemplo es la fabricación de una copia de una antena de microondas a solicitud de Gerardo Calva, para la cual diseñé una prensa para fijar en posición las piezas de la antena que debían soldarse. La fabricación prácticamente artesanal y de poco alcance.



Fabricación de carcasa en fresadora manual



Prototipo terminado del medidor de nivel de gas en tanque estacionario



Prensa para fijar las piezas de la antena



Francisco Ángeles "Pancho" y Daniel Gualito soldando las piezas



Piezas montadas en la prensa



Uso de la antena en el laboratorio de microondas. (2006)

## Primera producción piloto

El Grupo de Cognición tenía un proyecto con el Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE) para proporcionarle material educativo, por lo que nos solicitó la fabricación de diversas piezas para una producción piloto. Hubo problemas con la calidad de tales piezas debido, en primer lugar, a que las máquinas ya estaban muy desajustadas por el uso, de tal suerte que los agujeros que debían ser redondos salieron medio cuadrados por el cabeceo de las brocas. Y, en segundo lugar, el tubo de aluminio de donde salieron las carcasas tenía variaciones significativas en el espesor de pared de manera que las tapas superior e inferior no ensamblaban a la perfección. Sin embargo, después de algunas acciones correctivas se pudieron ensamblar. Cabe mencionar que en este momento seguíamos sin tener máquinas de control numérico.



Juan Arenas ensamblando las piezas



Equipo armado en el Laboratorio de Cognición. (septiembre 2006)

## Inicio del Área de Control Numérico

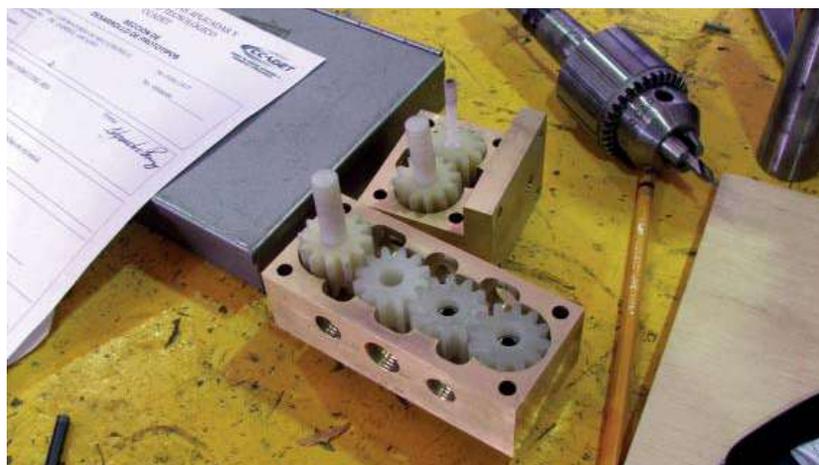
Obviamente con el apoyo de Pepe Saniger y el Coordinador de la Investigación Científica (no recuerdo quién estaba entonces), procedió mi solicitud para adquirir el primer centro de maquinado CNC del CCADET. La máquina arribó el 23 de noviembre de 2006. De momento nadie de la SDP sabía y mucho menos tenía experiencia en el manejo de esta máquina, pero se tenía contemplado un curso impartido por el proveedor para la operación de la misma. Mientras tanto seguimos con prototipos menores.

Entre 2007 y 2008 llevamos a cabo cursos de capacitación al personal para operar el centro de maquinado y desarrollamos un sinnúmero de instrumentos menores para alumnos del Posgrado de Odontología, quienes llevan una materia en la que tienen que diseñar aparatos novedosos que les ayuden en su práctica

odontológica. Es aquí donde se aplican nuestras directrices básicas: “Desarrollamos sus ideas” y “Concretamos sus diseños”. Como ejemplo, tres de ellos: un bisturí con espejo de ángulos variables; un espejo antiempañante en el que el tubo central tiene orificios de salida de aire que impide que se empañe el espejo y un Pantógrafo Facial para reconstrucción de cara.



Micromotor



Bomba de engranes (Gabriel Ascanio, 2006)



Bisturí angulado y espejo antiempañante para alumnos del Posgrado de Odontología (2007)



Marco Antonio y Luis Manuel mostrando un pantógrafo facial, solicitado por alumnos del Posgrado de Odontología (2008)

Debido a su experiencia en programación de tornos CNC para la fabricación de micro mecanismos, los doctores Leopoldo Ruiz Huerta y Alberto Caballero Ruiz sí estaban familiarizados con los códigos y la programación de máquinas CNC, de tal suerte que los invité o se invitaron solos, no lo recuerdo bien, para que también recibieran el curso de operación del centro de maquinado adquirido. La idea era contar con ellos pensando que pudieran sacarnos de problemas en el manejo de la máquina en un momento dado, provocados por nuestra inexperiencia.

Sin embargo, el primer curso no lo pudimos aprovechar porque todo mundo quería tomarlo y era demasiada gente tratando de mirar cuáles botones apretar para realizar tal o cual operación como, por ejemplo, quitar y poner herramientas o bien introducir compensaciones para contrarrestar las diferentes longitudes y diámetros de dichas herramientas. Los botones del panel de control tenían símbolos significando algo, pero todos excepto Polo y Beto no los identificaban, los demás éramos como niños pequeños tratando

de aprender a leer y escribir en un solo día, sin saber siquiera agarrar el lápiz.

Por aquellos días, el Dr. Nicolás Kemper me pidió colaborar en un gran proyecto para la Comisión Federal de Electricidad (CFE). En particular, me pidió desarrollar un instrumento para medir la entalpía y otro para medir, en tiempo real, la cantidad de gases incondensables, en la línea de vapor que descargaba en una de las turbinas de vapor, instalada en la planta geotermoeléctrica de los Azufres, Mich. Debido a ese proyecto, conseguí al primer alumno adscrito a la SDP

La anécdota que voy a platicar, por favor, no la tomen como algo despectivo hacia una persona. Es algo que pasó y que me hizo reflexionar acerca de lo equivocado que estuve al dejarme llevar por las apariencias de un joven, que andaba por ahí en las instalaciones de la Sección de Desarrollo de Prototipos. Resulta que una mañana durante la visita de un grupo de alumnos de la Facultad de Ingeniería, que vinieron a ver a Salvador Pérez Lomelí, al pasar frente a mi oficina y sin pensarlo llamé a uno de ellos para preguntarle de dónde venían ya que, de hecho, parecía que no era del grupo, sino alguien que venía a otra cosa. El chico se llama Luis Manuel, era de aspecto descuidado, greñudo y con el bigote y la barba crecidos, flaco y algo encorvado, con una sonrisa de oreja a oreja. Era el clásico estudiante que no se preocupa por su aspecto. Al conversar con él, enseguida me percaté de que era inteligente y tenía los conocimientos que se requerían para el diseño de los instrumentos, pues cursaba los últimos semestres de la carrera de mecatrónica, era completamente lo contrario a lo que su aspecto reflejaba. Mi respeto y admiración para Luis Manuel, es de Oaxaca y en ese entonces vivía en el apartamento de interés social de uno de sus tíos y gracias a su esfuerzo y dedicación había alcanzado los últimos semestres de su carrera universitaria.



A la izquierda equipo para medir entalpía y a la derecha mi alumno Marco Antonio Jacobo, mostrando el equipo para medir gases incondensables. Ambos se instalaron (en 2008) en la Planta Geotermoeléctrica de la CFE “Los Azufres”

Como yo estaba consiguiendo alumnos para el proyecto de Nicolás Kemper, sin más le pedí que colaborara conmigo en el mencionado proyecto y, a su vez, él me pidió que aceptara a uno de sus amigos quien, por cierto, resultó ser el alumno más brillante que yo había tenido hasta entonces, es Marco Antonio Jacobo. Con esa suerte había ya conseguido un par de alumnos para colaborar conmigo en el mencionado proyecto. Justamente Marco Antonio me sugirió contactar al Ing. Marcos Zárate, profesor de la Facultad de Ingeniería, pues me aseguró que era buenísimo para enseñar el manejo de centros de maquinado. Y así fue, gracias a la capacitación del Ing. Zárate y al entusiasmo de Marco Antonio, echamos a andar el centro de maquinado. Así nació el área de control numérico de la SDP.

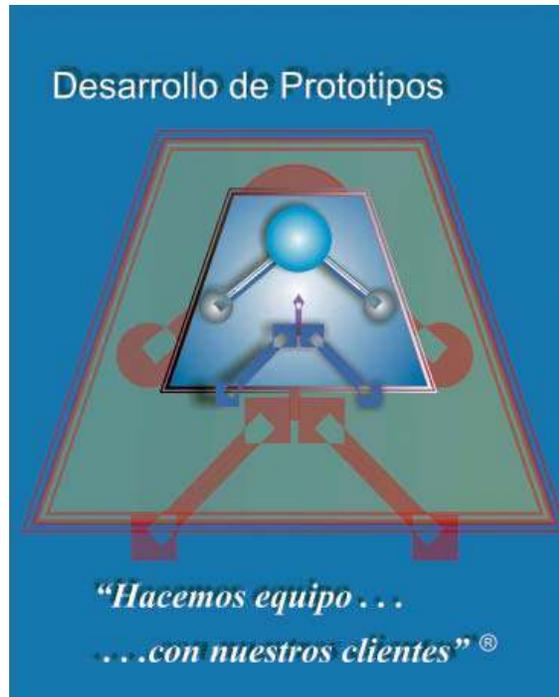
Y dicho sea de paso, Marco, Luis Manuel y Fermi (alumno de Nicolás Kemper) crearon su propia empresa de desarrollo de prototipos, sin

embargo, como nadie se hacía cargo de la administración al cabo de unos pocos años la empresa quebró y cada uno de ellos buscó suerte por su lado: Luis Manuel consiguió trabajo en General Electric, en Querétaro; Marco puso su propia empresa en Guadalajara asociado a un industrial de aquel lugar; de Fermi no volví a saber nada.

Para seguir integrando la SDP con lo que fue el Laboratorio de Ingeniería del Producto y la Sección de Producción, necesitábamos una identidad propia que nos aglutinara alrededor de un escudo de armas y un lema. Entonces Juan Salvador y yo elaboramos un logotipo y un lema los cuales fueron registrados ante el Instituto Mexicano de la Protección Industrial (IMPI) y usados en nuestras tarjetas de presentación. Así mismo, elaboramos un tríptico, el cual entregamos a clientes potenciales para darnos a conocer con las frases: “Desarrollamos sus ideas” y “Concretamos sus diseños”.

## Los mensajes subliminales de nuestro logotipo

Amigos nos preguntaban sobre el significado del logotipo y les respondía con la pregunta ¿a ti que te parece que sea? Las respuestas variaban según la profesión de quien contestaba: a Josefina Elizalde, siendo química le parecía una molécula de agua, las dos esferas pequeñas son de hidrógeno y la grande, de oxígeno, tal vez en un recipiente de vidrio con un agitador magnético; Benjamín Valera decía que eran unos circuitos integrados pues se ven las pistas y los conectores, ya que es ingeniero electrónico; los mecatrónicos decían que era un robot cargando a otro robot más pequeño.



Logotipo y lema registrados como registro de marca y aviso comercial ante el IMPI (2008)

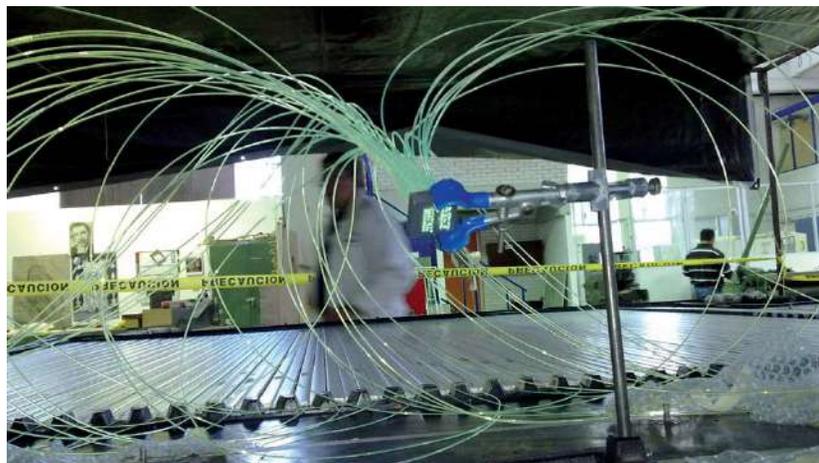
La verdad es que lleva un mensaje de reproducción de máquinas haciendo máquinas como si fuesen seres vivos, tal vez algo sexual oculto, una máquina dentro de otra como las muñecas rusas matrioskas, la esfera representando la matriz de una fémina con las piernas separadas y una herramienta a punto de perforarla es el símbolo fálico. De hecho, en los acoplamientos de piezas mecánicas es común hablar de hembras y machos. Por ejemplo, se llaman machuelos a las herramientas para hacer rosca en los agujeros y terrajas para hacer roscas en barras. También se le llama machihembrado a la ranura y protuberancia hecha en la duela de madera para su acoplamiento.

Uno de los primeros trabajos realizados en el centro de maquinado fue un dispositivo para acoplar un conjunto de fibras ópticas a un fotomultiplicador de 64 celdas fotovoltaicas. Tal dispositivo era parte de un detector de muones, el cual a su vez era parte de un telescopio desarrollado por varias universidades a nivel global, encabezado por el Dr. Gustavo Medina Tanco, del Instituto de Ciencias Nucleares. Por cierto, la SDP también desarrolló el *casing* o contenedor de barras centelladoras.

Desde mi perspectiva, derivado de nuestra política de alianzas estratégicas, propiciamos la unión de ingenieros del ICAT, para hacer un frente común y apoyarnos entre sí. Nuestro primer logro fue la integración de los grupos Ingeniería de Proceso, Metrología, Electrónica, Micromecánica y Mecatrónica y la SDP para conformar el Laboratorio Universitario de Ingeniería de Diseño y Manufactura Avanzada (LUIDIMA), ello le permitió a la SDP conseguir recursos importantes para la adquisición de una máquina de corte por chorro de agua y dos tornos también CNC.

A partir de la adquisición de estas máquinas CNC y la capacitación del personal en la operación de las mismas, la productividad de

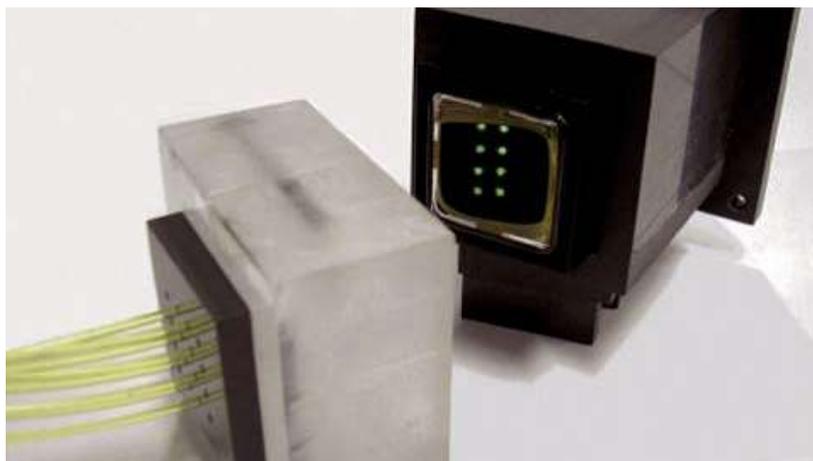
la SDP se disparó, porque con las nuevas capacidades pudimos abordar proyectos más ambiciosos que generaron más ingresos extraordinarios, hubo dinero para becas a los estudiantes participantes y para proveer de herramientas de trabajo al personal.



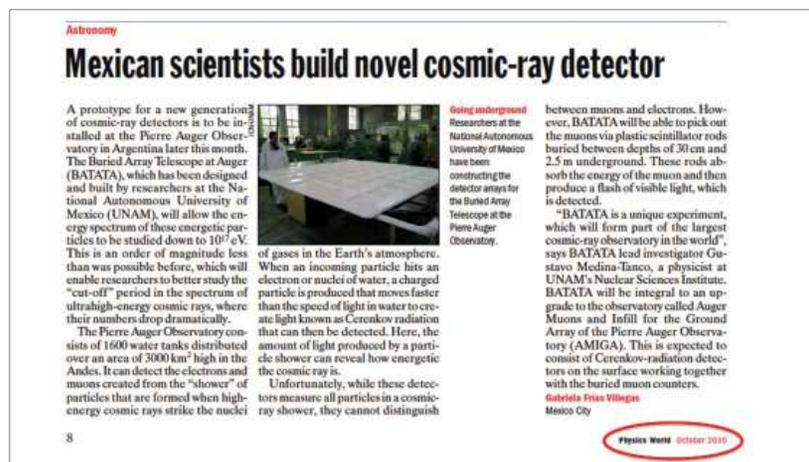
Casing con barras centelladoras y fibras ópticas acopladas al cookie



Casing terminado en fibra de vidrio (2010)



Cookie para acoplamiento de fibras al fotomultiplicador. (2010)



Reconocimiento en artículo publicado en la revista Astronomy (octubre 2010)



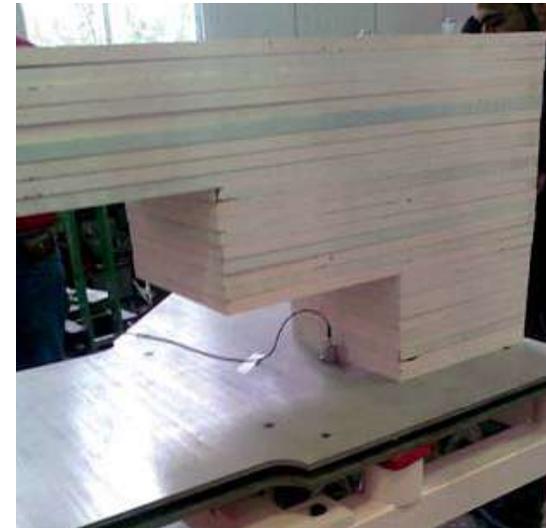
Izquierda: Placa para mesa holográfica. Derecha: Pieza de suspensión del automóvil de "Fórmula SAE" de la Facultad de Ingeniería UNAM. Ambas fabricadas en el Centro de Maquinado a cargo de Alejandro Gómez. (2010)



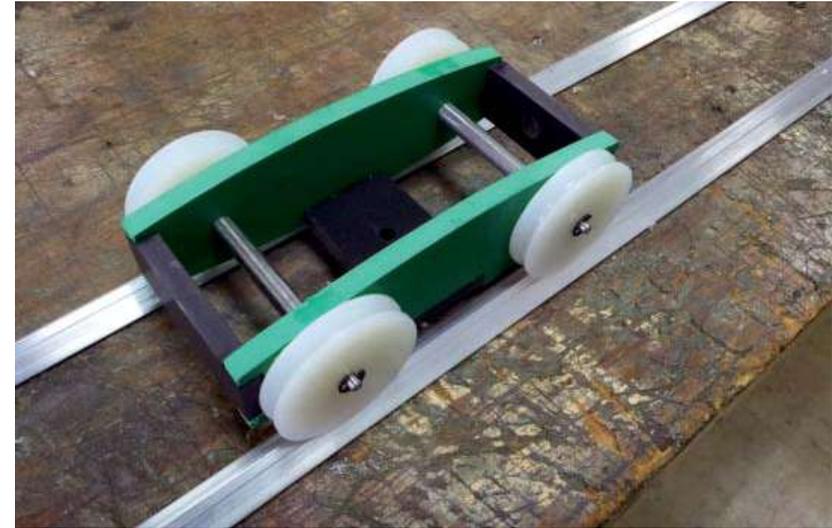
Izquierda: Área de Control Numérico a cargo de Norberto Mosqueda. Derecha: Maquina Flow para corte por chorro de agua. Operador Juan Arenas. (2010)



Izquierda: primer trabajo de la Flow, cortar muestra de aerolito, Instituto de Física (2010). Derecha: piezas cortadas por la Flow y complejidad de ensamble



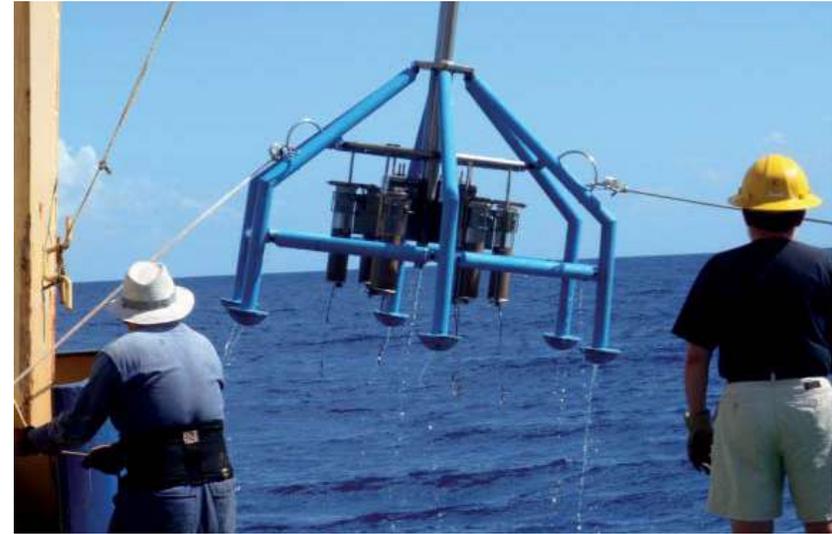
Sistema para el traslado seguro y operación confiable de un Mastógrafo Digital en una unidad móvil.  
Izquierda: banco de pruebas y sistema. Derecha: prueba del sistema con carga equivalente al mastógrafo. Patrocinio: ICyTDF (terminado en 2012)



Fabricación en serie de carritos para el Laboratorio de Bachillerato (Laboratorio de Cognición, 2013)



Desarrollo de un esparcímetro goniométrico para medición polarimétrica de la luz esparcida en superficies rugosas. Izquierda: pruebas en el Taller. Derecha: calibración del equipo en el laboratorio de Neil Bruce en el CCADET. (2015)



Multinucleador de 6 tubos para obtención de muestras de lecho marino blando para el CICESE. Izquierda: prototipo terminado en el taller. Derecha: prototipo en campo bautizado como “La Araña azul”. (2011)



Nucleador de 8 tubos para el CICESE. Izquierda: mi alumno Jorge Apan y Barreto ensamblándolo en el Taller. Derecha: Científicos posando con el nucleador con tubos llenos de sedimento en el Buque Oceanográfico “El Puma”. (2015-2016)

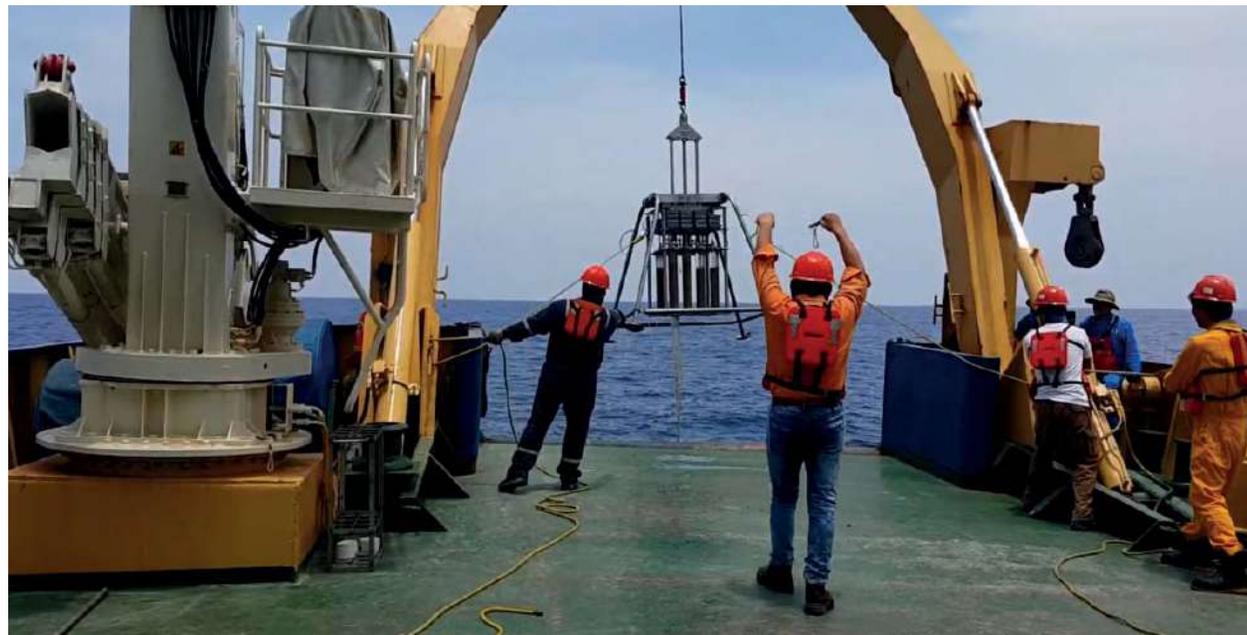


Concentrador Solar en desarrollo, proyecto CEMIESOL de Rufino Díaz (2018)



Concentrador solar terminado e instalado en la zona del Jardín Botánico de CU. Con Rufino Díaz , Mario González, Benjamín Valera y Ulises Espinosa. (2018)

Nucleador de 8 tubos para el IMP saliendo del agua a bordo del Buque Oceanográfico "Justo Sierra", desarrollado en la SDP con Jorge Apan y Rigoberto Nava (2018-2019)



Desarrollo de dos nucleadores de caja tipo Reineck construidos en acero inoxidable, para la Coordinación de Plataformas Oceanográficas (COPO 2019-2020)





Proyecto PAPIME 2015.  
Desarrollo de un maniquí hiperreal para entrenamiento en destrezas médicas en el Laboratorio de Maniqués de la SDP, hoy a cargo de Juan Salvador Pérez Lomelí.  
Proceso de obtención del molde a partir de un modelo real

El Laboratorio de maniqués médicos de la SDP nació por una inquietud mía, a raíz de que un grupo de profesores de la Facultad de Medicina nos expusieron la necesidad de contar con maniqués médicos para entrenamiento en destrezas médicas. Un proyecto PAPIME lo auspició. Equipamos el laboratorio, desarrollamos procesos de fabricación y obtuvimos algunos moldes, modelos y maniqués. Participaron alumnos de ingeniería, odontología, arte y diseño, además de colegas del CCADET, principalmente Juan Salvador Pérez Lomelí en la parte de diseño industrial y desarrollo de un torso y Benjamín Valera Orozco en la parte de electrónica para instrumentar los prototipos, así como Alberto Caballero y Leopoldo Ruiz en la manufactura de un esqueleto del pie.

Un segundo proyecto PAPIME lo obtuvo Juan Salvador Pérez Lomelí, quien finalmente quedó a cargo del laboratorio. Juan ha obtenido varios maniqués trabajando en conjunto con Miguel Ángel Padilla y Benjamín Valera del ICAT y alumnos de la Facultad de Ingeniería y de la Facultad de Artes y Diseño, ambas de la UNAM. Entre los productos más relevantes desarrollados están un cráneo de algología para entrenamiento en la oclusión del nervio trigémino con el fin de eliminar el dolor y un torso para punción de subclavia para entrenamiento en cateterismo; ambos se están usando en el Centro de Simulación del Hospital General de México. El cráneo también forma parte de un simulador de un proyecto de Miguel Ángel Padilla en vías de ser patentado.

## ***Mis comentarios finales***

La aplicación de la ciencia y el desarrollo de la tecnología en el ICAT se han efectuado desde que era el CI. Escribir esta parte del libro referente a la Sección de Desarrollo de Prototipos en donde se fabrican piezas, aparatos y equipos mecánicos desde que sólo era el Taller del Centro de Instrumentos, me ha dado la oportunidad de reflexionar y apreciar el trabajo realizado por todos mis antecesores a través del tiempo, sobre todo porque le ha sido de utilidad a quienes lo solicitan: los clientes.

Aun cuando los aparatos no funcionan al primer intento como los desarrolladores lo esperaban, lejos de desanimarse, el equipo de trabajo revisa, propone soluciones, rediseña y se fabrica de nuevo una y otra vez hasta que los prototipos son satisfactorios. Y es que muchas veces los clientes, aun conocedores de su especialidad, no saben lo qué quieren ni cómo lo quieren, sólo nos cuentan su problema y nos dan una o varias ideas de cómo ellos lo solucionarían. Durante el desarrollo, entre todos descubrimos nuevas maneras de hacer, experimentamos otros materiales y productos nuevos en el mercado. Lo mejor es que el aprendizaje es colectivo porque el trabajo siempre es en equipo y en el cual siempre incluimos al cliente, por ello nuestro lema es:

“Hacemos equipo...con nuestros clientes®”

# La vinculación y Gestión Tecnológica en el CI-CCDET-ICAT

M. en I. Luis Roberto Vega González

*Secretario de Vinculación y Gestión Tecnológica*

## Antecedentes

A finales de los 80's del siglo pasado se creó el Centro para la Innovación Tecnológica (CIT), dependencia encargada de llevar a cabo los procesos de vinculación y gestión de convenios y contratos para las distintas dependencias de la UNAM. Ingresé al CIT a mediados de 1993, como gestor tecnológico en la Secretaría de Transferencia de Tecnología, debido a que contaba con antecedentes de más de veinte años trabajando en empresas privadas de instrumentación, automatización y control, realizando proyectos para la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y para Petróleos Mexicanos (PEMEX). A finales de ese año, fui nombrado Jefe del Departamento de Vinculación Universidad-Empresa de la Secretaría y como parte de mi trabajo, me asignaron la atención de algunos proyectos que se llevaban a cabo en distintas entidades de la UNAM, tales como la Facultad de Ingeniería, el Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas, el Instituto de Ingeniería y el Centro de Instrumentos (CI).

Como primeros contactos con el CI, me tocó la gestión de un par de proyectos, uno de ellos una bomba estrella excéntrica desarrollada por el Dr. Ricardo Chicuriel Uziel, del Instituto de Ingeniería, y por el Dr. Gabriel Ascanio Gasca, del CI. También llevé a cabo las primeras negociaciones para la fabricación de una planta móvil instrumentada,

para beneficiar mineral de oro, solicitada por una empresa argentina; invité a participar a algunos académicos del Instituto de Ingeniería y del CI, así conocí al Mtro. José Luis Pérez Silva<sup>†</sup>.

En 1997, el Dr. Francisco Barnés de Castro, entonces Rector de la UNAM, decretó el cierre de varias entidades administrativas de la institución, entre ellas el CIT. Como resultado, varios académicos que trabajábamos en él, después de muchas peripecias pasamos a formar parte del Instituto de Ingeniería por invitación del Dr. José Luis Fernández Zayas, su Director.

Por otra parte, a principios de 1999, se creó en el CI la Coordinación de Vinculación (CV). El Dr. Felipe Lara Rosano, entonces Director del Centro, nombró a la Dra. Nydia Lara como su Coordinadora. Los objetivos iniciales de la CV fueron diseminar y divulgar en la sociedad industrial y en otros sectores relacionados con la instrumentación, el conocimiento científico y tecnológico generado por los laboratorios de investigación y desarrollo del Centro. Inicialmente, las actividades de esta Coordinación fueron similares a las de una oficina de relaciones públicas, con énfasis en la administración de los primeros proyectos con financiamiento externo, contratados en esa época, los cuales requerían de relaciones y comunicación intensa entre el Centro y las oficinas legales y administrativas de las dos partes. La CV trataba de auxiliar a los investigadores y académicos de la institución

en los asuntos y problemas administrativos, legales y económicos, inherentes a los proyectos.

Hacia noviembre de 1999, un grupo de académicos del extinto CIT, ahora pertenecientes al Instituto de Ingeniería, recibimos la invitación del Dr. Felipe Lara Rosano y de la Dra. Nydia Lara Zavala para transferir nuestras plazas al CI. Se nos planteó, que en una primera etapa estaríamos adscritos a la CV. Después de muchas negociaciones en que participamos con el Consejo Interno del CI, se decidió que nos integráramos al CI. En enero de 2000 llegamos al Centro: José Luis Solleiro Rebolledo, Rosario Castañón, Víctor Morales Lechuga, Silvia Almanza, Hilda Hernández Rojas, Guadalupe Nova Caballero y yo. Unos meses después, la Dra. Lara me nombró Jefe de Proyectos Especiales del CI y me encargó realizar la gestión de diversos proyectos en curso, la mayor parte de ellos responsabilidad del Mtro. José Luis Pérez Silva<sup>†</sup>.

### ***La gestión de los primeros proyectos***

La Enciclopedia de Física fue uno de los primeros proyectos gestionados por la CV, para lo cual realicé una valuación tecnológica ya que se pretendía transferirla a la empresa editorial Pearson y se requería tener una idea del valor de la enciclopedia, ya que constaba de varios volúmenes digitales con cientos o, tal vez, miles de hojas relacionando principios de la física, biografías, historia, animaciones de dispositivos diversos, cuyo funcionamiento se basa en principios físicos y miles de hipervínculos. El tiempo de desarrollo de esta enciclopedia digital, fue probablemente de muchos cientos de horas-hombre, ya que, entre otros, laboraron en ella Antonio Garcés Madrigal, Francisco Cabiedes Contreras y Andrea Miranda Vitela, bajo la guía de José Luís.

Lamentablemente la transferencia tecnológica no pudo efectuarse porque no pudimos obtener todos los permisos de derechos de autor de las miles de fotografías incluidas; muchas ya eran parte del dominio público, pero otras tenían derechos de autor y era indispensable solicitar el permiso de publicación a los autores, era un requisito que planteó Pearson. También tuve que desarrollar diversas acciones para los proyectos realizados por la Sección de Prototipos para el Museo de las Ciencias Universum, entre otros para un generador de burbujas de jabón o pompas de jabón, mediante el cual se explicaba en forma muy lúdica a los alumnos de las escuelas primarias y secundarias que visitaban el museo, la composición requerida para fabricar las burbujas y las distintas fuerzas de tensión requeridas para que una burbuja de jabón no se rompa y tenga una gran flexibilidad. Fue así como conocí al Ing. Eduardo Bernal y a los ingenieros Azur Guadarrama y Raúl Ruvalcaba Morales, integrantes de la Sección de Mantenimiento Electrónico.

### ***La aventura de los proyectos de innovación***

Una nota especial merece el proyecto de Harry Mazal, *Diseño y Desarrollo de Equipos Didácticos*, financiado por el Programa PAIDEC-CONACYT. En mayo del 2000 el CONACyT lo asignó a la empresa y para septiembre se firmó el Convenio de Colaboración correspondiente, con la participación del grupo del Mtro. Pérez Silva<sup>†</sup>; CONACYT aportó el 50% de los fondos requeridos para desarrollar el proyecto y PAIDEC el otro 50%. Para cada aportación, CONACYT requería aprobar el informe respectivo. La empresa comisionó al Ing. Eduardo Martínez, responsable de su Departamento de Producción, para que en el CI llevara a cabo los trabajos requeridos con distintos grupos del Centro para sacar adelante el proyecto. Se le asignó un escritorio en el cubículo que ocupaba la oficina de Vinculación en el 2° piso del Centro. Él nos comentó que cuando

presentó el informe final a CONACYT, algunos miembros de esa institución, adscritos al programa PAIDEC, le señalaron que este proyecto fue uno de los cuatro que terminaron exitosamente, de entre más de 100 presentados a lo largo de los años de existencia del programa. Durante su estancia de alrededor de seis meses, además de terminarse el proyecto, preparamos un par de proyectos para nuevas convocatorias de CONACYT. Pronto aprendimos las primeras lecciones de lo que significa un proyecto de *innovación*.

Hubo resultados importantes en el campo de la Propiedad Industrial. Se registraron dos marcas para “El Maestro Tuercas” y se obtuvo un registro del software de enseñanza “Maestro Tuercas-Control Neumático y Control Hidráulico”, así como de un Diseño Industrial para el Banco de Montaje Universal, ante la Dirección General del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública (SEP). La empresa Harry Mazal obtuvo beneficios económicos, ya que vendieron y entregaron más de 27 sistemas de enseñanza, incluyendo hardware y software y dos tableros para la enseñanza del control neumático al Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP); también realizó acciones de marketing pertinentes, para difundir estos productos tecnológicos a lo largo y a lo ancho de México y Centro y Sudamérica. En este proyecto participó el grupo de multimedios del Dr. Fernando Gamboa Rodríguez<sup>†</sup>, creador del “Maestro Tuercas”; es importante mencionar que en aquel entonces, ante las presiones de la entrega a CONACYT, prefirió llegar al final del proyecto antes de dedicarlo para obtener una promoción a la categoría de investigador, lo que evidenció su liderazgo. El calendario original del proyecto era de dos años, pero se extendió a seis años y el punto de quiebre para que la tecnología llegara a la sociedad, es decir, para la innovación, fue de siete. Iniciaron el proyecto seis académicos del CI, y lo terminaron aproximadamente una veintena del ya nuevo CCADET. Evidentemente los costos directos de desarrollo inicialmente proyectados se extendieron a

más del doble y si bien no ganamos dinero, todos los participantes aprendimos mucho.

### **Un periodo de cambios en el CI**

A principios de 2002, las actividades de la Coordinación de Vinculación se ampliaron para realizar la identificación de oportunidades de proyectos de Investigación y Desarrollo (I&D), la auditoría y promoción de tecnologías y capacidades de la institución, la elaboración y presentación de propuestas técnico-económicas así como la realización de presentaciones y negociaciones comerciales. Se constituyó la Coordinación de Vinculación y Gestión Tecnológica (CVyGT) y en abril de ese año, el Dr. Felipe Lara Rosano me designó Coordinador de Vinculación. Los dos primeros años de la nueva Coordinación fueron dedicados a continuar con la gestión de los proyectos ya en curso y a la preparación de propuestas para nuevas oportunidades de proyectos. Ese mismo año el CI se transformó en el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET).

En 2004 le propuse al Dr. Lara la creación de la Unidad de Propiedad Intelectual (UPI), lo aceptó y se contrató por honorarios a la QFB Iris Hernández Jardines, laborando hasta hoy día en esta Unidad, bajo mi supervisión.

### **La gestación de los primeros proyectos para el Sector Salud**

Las áreas de conocimiento cultivadas en el nuevo CCADET eran: Educación en Ciencia y Tecnología, Medio Ambiente, Energía y Salud. Una de las áreas en las que en la CVyGT del CCADET tuvimos cada vez más actividad, fue en proyectos para el Sector Salud.

En 2003, el Dr. Alejandro Juárez Hernández, Jefe del Departamento de Bioprótesis Cardíacas del Instituto Nacional de Cardiología (INC), visitó distintas dependencias de la UNAM para que lo apoyaran a diseñar y producir una válvula cardíaca mejorada, debido a la alta demanda de este tipo de bioprótesis en México y en Latinoamérica. En esa época CONACYT creó el Fondo Sectorial de Salud. De manera que en estrecha colaboración con el Ingeniero Efraín Sánchez Pérez, Jefe de la Sección Técnica del Departamento de Bioprótesis del INC, preparamos la propuesta técnico-económica para llevar a cabo en el CCADET los siguientes proyectos: 1) Probador electrónico múltiple para válvulas cardíacas, cuyos responsables fueron los Laboratorios de Electrónica y de Micro-máquinas y Mecatrónica; y 2) Máquina para la manufactura de anillos de montaje para las bio-prótesis cardíacas, a cargo de la Sección de Prototipos y del Taller Mecánico del Centro.

Se presentó la propuesta al CONACYT, quien otorgó los fondos para el desarrollo de los proyectos, los cuales concluyeron satisfactoriamente aunque hubo algunos retrasos originados fundamentalmente por el hecho de que en la primera versión del Fondo Sectorial de Salud, los recursos económicos se depositaron en la cuenta del INC y cuando los académicos requerían fondos para la compra de materiales, debían hacer toda una tramitación que debería ser aprobada por el responsable financiero del proyecto, que era el contador central del INC. Por supuesto esta situación generó una serie de atrasos y los académicos bromeaban diciendo que había que pedir permiso y tramitar hasta la compra de un tornillo. Hacia la segunda o tercera versión del Fondo Sectorial de Salud, el CONACYT cambió las reglas de operación y ya firmaba un Convenio con cada institución participante, para asignarle directamente los recursos que requería para sus desarrollos. Naturalmente cada institución participante debía realizar su informe financiero.

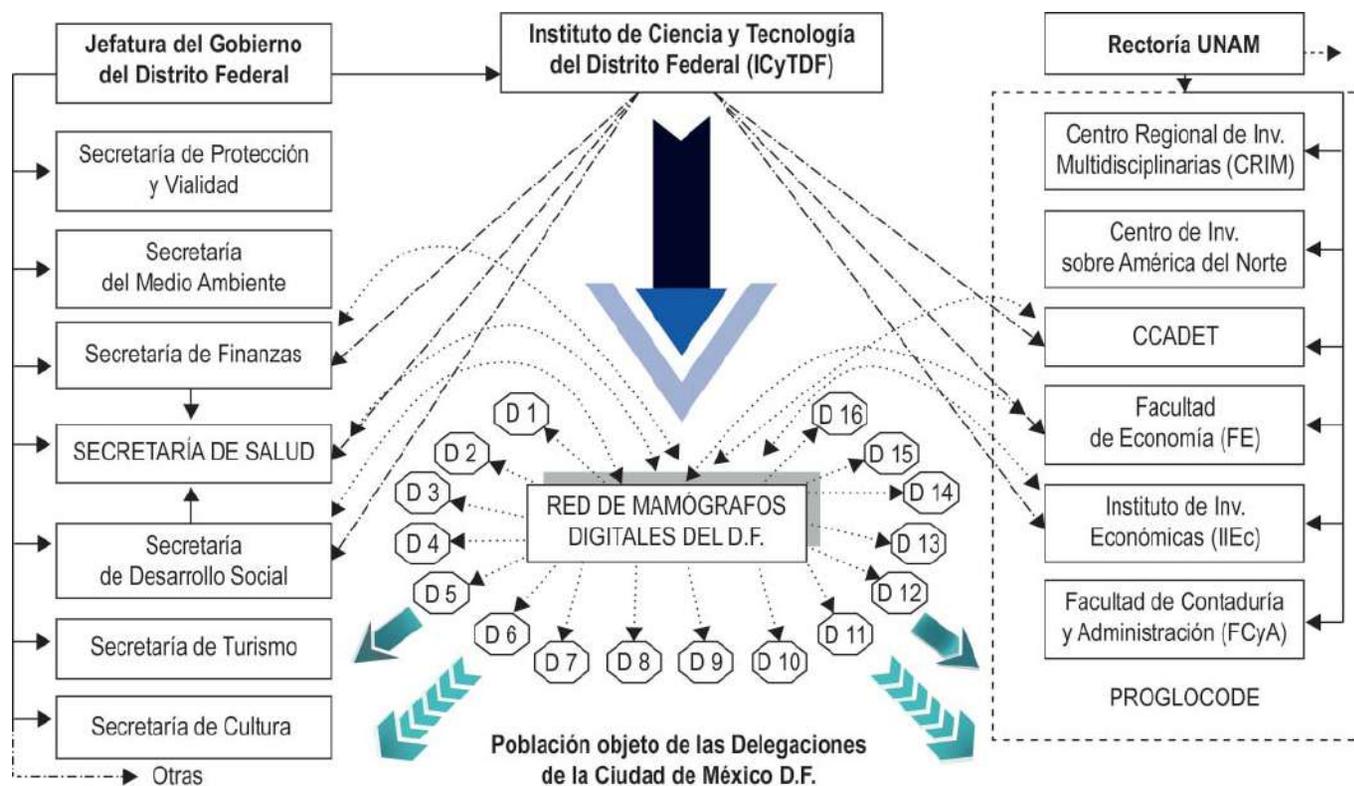
En 2004, el Ing. Efraín Sánchez se acercó al Dr. Roberto Ortega Martínez<sup>†</sup> para preguntarle sobre la posibilidad de desarrollar una máquina láser para cortar el pericardio bovino que se utilizaba para la manufactura de las válvulas cardíacas. Roberto inició una serie de experimentos en los que participó el M. en C. Carlos Jesús Román Moreno, y el Grupo de Óptica solicitó el apoyo del Grupo de Micro-mecánica y Mecatrónica para el desarrollo de la platina móvil, requerida para generar el movimiento automático del pericardio, siguiendo un patrón y geometrías determinados. Ambos grupos académicos del Centro prepararon la propuesta técnico-económica de una “máquina láser de corte automática para pericardio bovino”, que se sometió en la Convocatoria 2004 del Fondo Sectorial de Salud de CONACYT. Se obtuvieron los fondos y dos años después se entregó la máquina al INC.

La producción manual de una válvula toma varios días ya que es un proceso altamente especializado que inicia por la descalcificación del tejido de pericardio, además el corte usando bisturí es muy delicado ya que se debe cuidar de no ir en contra del patrón del tejido, para no debilitar la válvula, el cosido del pericardio al anillo es muy preciso y artesanal. Todo esto debe hacerse por personal especializado en un ambiente limpio y esterilizado. Con la producción manual solo se producían mensualmente 15 válvulas en el INC. Después de la asimilación tecnológica del personal técnico y de algunos ajustes, nos informaron que la producción de válvulas cardíacas del INC aumentó en casi un 100% mensual. Así, con la nueva máquina instalada y en plena operación, se aumentó la producción hasta un promedio de 30 válvulas mensuales, incluyendo todos los procesos de control de calidad. Podemos decir que unas 180 personas al año se han beneficiado con esta aportación tecnológica en lo referente a su salud cardíaca, muchas de ellas inclusive salvando la vida.

A finales de 2007, se creó el Instituto de Ciencia y Tecnología del Gobierno del Distrito Federal (ICYTDF) y a principios de 2008 lanzó sus primeras convocatorias. Uno de los primeros problemas que abordó fue el desarrollo de proyectos que pudieran contribuir con algunas soluciones para la recién declarada epidemia de cáncer de mama en la mujer mexicana. El ICYTDF nos pidió apoyo para realizar un proyecto de la Red de Mastógrafos Digitales del entonces Distrito Federal. El Dr. José Saniger Blesa, entonces Director del CCADET, inició los trabajos de vinculación durante una primera reunión efectuada en las Oficinas de la Secretaría de Salud, en Tlaxcoaque, en el Centro del DF, en el verano del 2008. Para la segunda reunión,

una semana después, acompañé al Dr. Saniger y ahí conocí a la Directora de Salud y Medio Ambiente del ICYTDF, la Dra. Cecilia Bañuelos Barrón, con quien de inmediato iniciamos conversaciones. Se desarrolló una propuesta para llevar a cabo el proyecto de la Red, con un esquema de trabajo participando diversas entidades de la UNAM según se muestra en la siguiente figura.

En julio de 2008 fuimos convocados a una reunión con el Dr. José Armando Ahued, entonces Director de Salud del DF. Nos acompañó el Dr. Fernando Arámbula Cossio del CCADET. Al finalizar la presentación del Dr. Saniger de nuestra propuesta de proyecto, se



Actores y agentes en la gestión del proyecto de la Red de Mastógrafos digitales del GDF. Fuente: Vega-González, y Ruiz Botello, G., (2013)

levantaron todos los médicos asistentes que estaban en la mesa y le aplaudieron; sin embargo, el Dr. Ahued le dijo al Dr. Saniger que lo felicitaban porque ese era el proyecto que ellos querían, pero que las malas noticias eran que ya se lo habían dado a una empresa que les estaba ayudando a construir el Centro de Salud Madrid, para atender la emergencia. Naturalmente a nosotros nunca se nos dijo que se trataba de una asignación directa. Sin embargo no todo estuvo perdido, la semana siguiente a la presentación, la Dra. Esther Orozco Orozco, entonces Directora del ICYTDF se puso en contacto con el Dr. Saniger y le pidió que el CCADET presentara al ICYTDF, por invitación directa, protocolos y propuestas técnico-económicas para desarrollar cinco proyectos de I&D con temas relativos al cáncer de mama, cada uno con un financiamiento requerido de hasta dos millones de pesos. El presupuesto total asignado para este proyecto múltiple fue de diez millones de pesos. Todos los involucrados pensamos que este gesto que tuvo la Directora del ICYTDF fue como una compensación a todo el trabajo de gestión y diseño que se había realizado por los miembros del CCADET para la Red de Mastógrafos Digitales.

El convenio se firmó en octubre de 2008 y los cinco proyectos asignados fueron: 1) Sistema para toma de biopsias para diagnóstico del cáncer de mama (responsable, Dr. Fernando Arámbula), 2) Sistema de tomografía mamaria basado en técnicas foto-térmicas (responsable, Dr. Crescencio García Segundo), 3) Detección de objetos en medios densos para aplicaciones en mamografía (responsable, Dr. Neil Bruce Davidson), 4) Biblioteca de métodos estadísticos apropiados para las investigaciones epidemiológicas (responsable, MIBB Alberto Herrera Becerra), 5) Prototipo de un sistema para el traslado seguro de un mastógrafo digital a bordo de vehículos terrestres (responsables M. en I. Gerardo Ruiz Botello y M. en I. Rigoberto Nava Sandoval). Los prototipos y sistemas resultantes de este proyecto se entregaron al ICYTDF, quien a su vez los entregó a las entidades usuarias correspondientes dentro del Sector Salud.

La relación cultivada con el cuerpo directivo del ICYTDF fue muy exitosa, entre los años 2009 y 2012, año en el que el Instituto desapareció por el cambio de gobierno. En diferentes convocatorias semestrales le fueron asignados al CCADET unos veinticinco proyectos diferentes, casi un proyecto por grupo de investigación del Centro. Me parece bueno resaltar; entre otros, el proyecto “Investigación y desarrollo de concentradores solares para el suministro de energía”, desarrollado en 2010 por el grupo de Computación Neuronal, a cargo del Dr. Ernst Kussul, porque fue el principio de una familia de patentes relativas a los concentradores solares, registradas en México, Estados Unidos y España.

### ***La relación del CCADET con el Hospital General de México***

En 2011, el Rector, Dr. José Narro Robles, inauguró el Seminario de Investigación Interdisciplinaria en Biomedicina (SIIB), con el objetivo de promover la reunión entre investigadores de diferentes áreas académicas para presentar y promover proyectos de investigación, estimulando la vinculación entre diferentes entidades de la UNAM y el sector salud, para acelerar los procesos de innovación, desarrollo de talentos y transferencia de resultados a la sociedad. Posteriormente, el SIIB se transformó en el Seminario de Investigación, en el que algunos académicos del CCADET que participaban permanentemente, establecieron relaciones con diferentes médicos y especialistas de la Facultad de Medicina de la UNAM y del Hospital General de México “Eduardo Liceaga” (HGMEI).

Los acuerdos de colaboración académica se establecieron poco a poco y se especificaron los primeros proyectos de investigación y desarrollo para que los equipos de trabajo multidisciplinarios pudieran contribuir con la solución de algunos problemas médicos. Este fue el antecedente para la creación de la Unidad de

Investigación y Desarrollo Tecnológico (UIDT) del CCADET en el HGMEL. Esta Unidad Foránea se creó por el trabajo conjunto, por parte del HGMEL, del Dr. David Kersenovich, entonces Director de Investigación y actualmente Director del Instituto Nacional de Nutrición “Salvador Zubirán”, asistido por el Dr. Juan Carlos López Alvarenga y el Dr. Francisco P. Navarro Reynoso, entonces Director General. Por parte del CCADET colaboraron el Dr. Crescencio García Segundo del grupo académico de Imagenología y Biofísica Médica, el Dr. José Manuel Saniger Blesa, Director y algunos otros participantes como el M.I. Gerardo Ruíz Botello, quien en esa época era Jefe del Departamento de Instrumentación, así como el Coordinador de Vinculación. Para formalizar este esfuerzo, las partes firmaron un Convenio Específico de Colaboración el 29 de febrero de 2012, con el objeto de establecer la UIDT del CCADET en el HGMEL y empezar el desarrollo de diferentes proyectos conjuntos de I&D.

Inmediatamente se llevaron a cabo los trabajos de asignación y adecuación de espacios y la UIDT se inauguró el 20 de septiembre de 2013. Desde entonces se han firmado tres convenios modificatorios y de prórroga para extender la vigencia del Convenio original y al poco tiempo se inició la contratación de personal. Hoy en día tres académicos del ICAT están adscritos a la UIDT. Se han desarrollado y protocolizado varios proyectos y se han obtenido diversos resultados de formación de recursos humanos y de desarrollo y transferencia de prototipos.

Entre otros resultados, el CCADET firmó en 2017 un convenio de Licenciamiento y transferencia de la tecnología “Proceso de Manufactura para implantes cráneo-faciales de PMMA, usando técnicas de manufactura aditiva”, con la empresa Partes e Implantes Avanzados, la cual fue desarrollada por los miembros del Laboratorio de Manufactura Aditiva MADiT, el Dr. Leopoldo Ruíz Huerta y el Dr. Alberto Caballero Ruíz. En 2018 se otorgó una licencia de uso sin

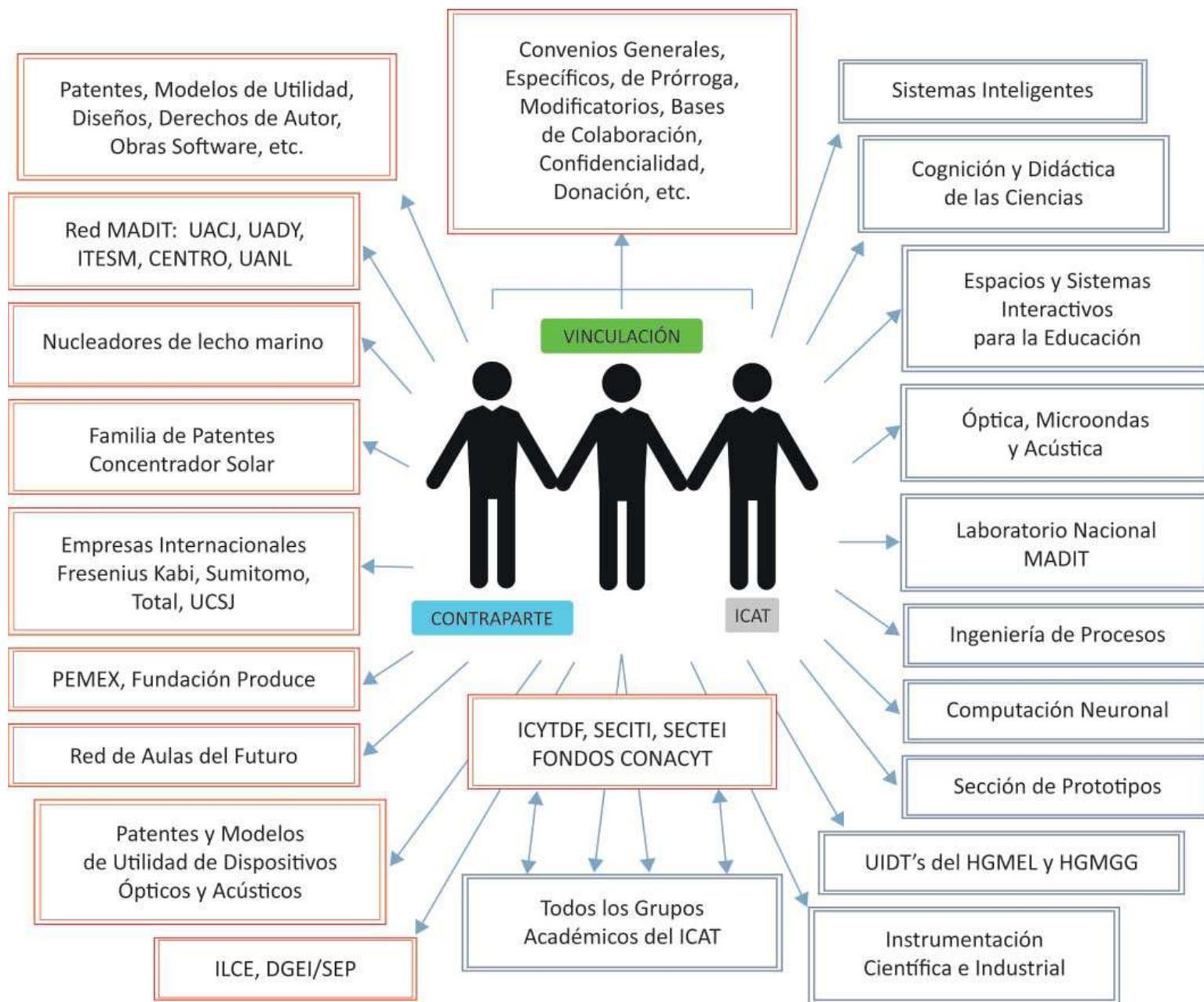
costo a los servicios de patología y de enseñanza del HGMEL, por el Sistema *HepaScan*, desarrollado por la Dra. Celia Sánchez Pérez, para cuantificar la fibrosis del hígado.

A mediados de 2015 se comunicó con nosotros el Dr. Mucio Moreno Portillo, entonces Director General del Hospital General “Manuel Gea González” y nos comentó que estaban a punto de inaugurar la Unidad de Investigación en el Hospital y que invitaba a participar al CCADET instalando una Unidad de Desarrollo Tecnológico en dicha Unidad de Investigación. Así, para septiembre de 2015 se llevaron a cabo varios seminarios entre médicos del hospital y académicos del CCADET y con fecha 7 de octubre de 2015 se llevó a cabo la firma del Convenio de Colaboración entre las partes, con el objeto de establecer una Unidad de Investigación y desarrollo tecnológico de la UNAM, representada por el CCADET en el HGMGG.

### ***La Vinculación de Grupos académicos de otras áreas de aplicación del ICAT***

Desde el año 2000, muchos han sido los “clientes frecuentes” de la actual Secretaría de Vinculación del ICAT, de hecho, tenemos dos tipos de Clientes. Nuestros Clientes Internos son todos los académicos del ICAT que nos solicitan gestión de proyectos y convenios o redacción de patentes y certificados o títulos de propiedad intelectual; Clientes Externos son todas las organizaciones e instituciones con las que el ICAT se relaciona, tanto públicas como privadas, de todos los diferentes sectores de la economía, como se presenta en la siguiente figura.

Un grupo académico del actual ICAT muy interesado en la vinculación y la celebración de Convenios de Colaboración, ha sido el Grupo de Sistemas Inteligentes (SI). Un resumen de algunos de los Convenios con los que la Coordinación de Vinculación ha apoyado a este grupo:



Clientes frecuentes de la Secretaría de Vinculación del ICAT. Fuente: elaboración propia

en 2001 se firmó con Pemex Villahermosa el “Sistema Integral de Simulación Vía Internet” y con la Secretaría de Transporte y Vialidad el desarrollo de “Estrategia Integral de transporte masivo utilizando el paquete EMME/2”; en 2002 el grupo de SI en colaboración con el grupo de Modelado y Simulación de Procesos firmó con PEMEX un convenio para el desarrollo del “Sistema Integral de Simulación de la productividad de pozos vía Internet”; en 2003 nuevamente se firmó con PEMEX el desarrollo de un sistema para la “Integración de Modelos de Productividad de Pozos al Sistema de simulación Xolotl Vía Internet”; y, en 2004 un convenio para desarrollar un “Sistema Informático para la gestión de modelos y procesos de la Ingeniería de Yacimientos”. Entre 2005 y 2008 se firmaron al menos cinco convenios con la Fundación Produce Michoacán, para desarrollar diferentes versiones de la “Red de Inteligencia Artificial para la predicción de plagas y enfermedades en Frutas y Hortalizas del Estado de Michoacán”. Posteriormente, con el advenimiento e instalación de los Fondos Sectoriales y de los Fondos Mixtos de CONACYT, durante la década de 2010 a 2020, apoyamos al grupo de SI con la firma de diversos convenios para CFE, y para ASA, en 2012, para desarrollar el proyecto “Computador Inteligente para la elaboración de mezclas de Bio-Keroseno Parafinico”, FONAVI, entre muchos otros.

### **Convenios de Colaboración con organizaciones internacionales**

Convenios de Colaboración con empresas Internacionales como Total Petrochemical Co. (Texas), Fresenius Kabi Deutschland y Sumitomo, fueron firmados por el Grupo de Ingeniería de Procesos, coordinado por el Dr. Gabriel Ascanio Gasca. En estos convenios se complicó la aprobación jurídica, ya que los términos legales de los instrumentos de acuerdo provenientes de la legislación inglesa son muy diferentes de los usados en la legislación española, en la

cual está basada la legislación mexicana. Para este Grupo también gestionamos el convenio de colaboración con la Universidad del Claustro de Sor Juana, para las pruebas gastronómicas de los complementos alimenticios desarrollados por la Dra. María Soledad Córdova Aguilar.

### **Convenios del grupo de Cognición y Didáctica de las Ciencias con la Dirección de Educación Indígena (DGEI) de la Secretaría de Educación Pública (SEP)**

Se trabajó para la gestación, negociación y firma de la serie de convenios para el desarrollo de unidades y materiales didácticos diversos, que el grupo de Cognición y Didáctica de las Ciencias ha firmado con la DGEI de la SEP a lo largo de muchos años. En 2010 con la SEP Hidalgo; en 2014 con la Secretaría de Educación de Guerrero; en 2015 con los Servicios de Educación Pública Descentralizada del Estado de Sinaloa; en 2017 con la Secretaría de Educación Pública del Estado de Hidalgo. Muchos fueron los resultados obtenidos con el desarrollo de estos proyectos, por ejemplo, se desarrolló una serie de libros en lenguajes y dialectos indígenas, editados por la SEP con tirajes de más de 150,000 ejemplares cada uno. Para este grupo también se gestionaron otros convenios, tales como los firmados con la empresa Entelequium para el desarrollo de un Laboratorio de Mecánica Modular: con la SEP para el desarrollo y pruebas piloto del sistema Laboratorio Escolar de Sensores Automatizados (LESA); y con la Firma Editorial Fernández Editores para la transferencia de tecnología de diversos laboratorios para enseñanza de las ciencias.

Un caso interesante fueron los Convenios de Colaboración firmados en 2004 con el Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE) para el desarrollo de materiales multimedia. Después de varias iteraciones en la revisión jurídica, el Secretario

Jurídico de la CIC nos explicó que debido a los diversos tratados internacionales firmados por México, este tipo de organismos, deben ser considerados casi como una embajada dentro de nuestro país, por lo que su trato jurídico es muy delicado y muchas veces debe ser sancionado inclusive por la Secretaría de Relaciones Exteriores. Por esa razón el proceso de Validación de los Convenios firmados entre el CCADET y el ILCE fue muy largo. En particular, se firmaron proyectos tanto con el grupo de Cognición y Didáctica de las Ciencias, como con el grupo de Espacios y Sistemas Interactivos para la Educación, para el desarrollo y evaluación de materiales multimedia para diferentes materias impartidas en distintos años de primaria, del gran proyecto nacional de la SEP, Enciclomedia.

### ***El proyecto Aula del Futuro y la Red Internacional de Aulas del Futuro***

Desde hace cerca de dos décadas, el grupo académico de Espacios y Sistemas Interactivos para la Educación del ICAT ha venido desarrollando el proyecto de *El Aula del Futuro*. El primer convenio relacionado a este desarrollo tecno-pedagógico, lo firmamos en 2016 con el Instituto Lux, un colegio privado en León, Guanajuato, para desarrollar un escritorio colaborativo e instalarlo en su biblioteca. El mismo año firmamos el primer Convenio de Colaboración General con la Universidad Tecnológica Metropolitana del Estado de Chile (UTEM), cuyo primer responsable fue el Dr. Nicolás Kemper, pero que derivó en el interés por instalar un Aula del Futuro en dicha universidad, firmándose en 2018 un convenio con la UTEM para extender la vigencia, bajo la responsabilidad del Dr. Fernando Gamboa Rodríguez<sup>†</sup>. Con similar propósito se estableció un convenio en 2017 con la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Con el mismo propósito, en 2019 se firmaron Bases de Colaboración Interinstitucional para la instalación de Aulas del Futuro en la Escuela

Nacional de Trabajo Social, en las Facultades de Artes y Diseño, de Psicología, y de Filosofía y Letras, y en la Escuela Nacional Preparatoria No. 7; similarmente en 2020 con los Institutos de Geofísica y de Geología, y el Colegio de Ciencias y Humanidades-Vallejo.

El 8 de noviembre de 2019 se lanzó el proyecto Red de Aulas del Futuro para sentar las bases de colaboración y el intercambio de experiencias entre todas las instituciones nacionales e internacionales que cuentan con un Aula del Futuro y ya han desarrollado experiencias de aprendizaje colaborativo.

### ***El Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva y Digitalización (MADiT)***

Tuvimos intensa actividad de apoyo para los doctores Leopoldo Ruiz y Alberto Caballero, durante la firma de Convenios de Asignación de Recursos otorgados por CONACYT para la creación y establecimiento de este laboratorio, firmándose convenios con las entidades integrantes del mismo. Desde 2014 firmamos Convenios con el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), el Hospital General de México “Eduardo Liceaga” (HGMEL), la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y el Centro de Diseño y Comunicación SC. Posteriormente CONACYT lanzó nuevas convocatorias denominadas “Consolidación de Laboratorios Nacionales”, por lo que en 2017 firmamos convenios con todas las instituciones participantes en el MADiT. Para la convocatoria de Consolidación de 2018, se volvieron a firmar y se agregó a la red a la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ).

A lo largo de veinte años, hemos celebrado decenas de Convenios y Bases de Colaboración Interinstitucional con distintas dependencias

de la UNAM, a solicitud de prácticamente todos los grupos académicos de nuestro Instituto. Por razones de espacio no me es posible nombrarlos a todos, aunque me hubiera gustado hacerlo.

### **Algunos dolores de cabeza**

No todo es miel sobre hojuelas, en el caso de muchos proyectos de I&D, la fase de gestación en que se definen sus especificaciones, suele consumir mucho trabajo y horas hombre en propuestas que nunca llegan a un proyecto exitoso. De hecho, en épocas normales (no de pandemia), el porcentaje de éxito en que se firma un convenio es de entre un 10 y un 20%, de las solicitudes de proyectos realizadas por organizaciones externas. Un caso muy especial es el de las empresas grandes, con recursos económicos y el capital

humano necesario para que desarrollen su tecnología; nos solicitan la cotización de proyectos y salvo el proyecto para cambiar el olor de los cerillos que nos contrató en 2005 la Compañía Cerillera la Central, nunca hemos firmado un solo convenio con ellas, porque paradójicamente, el desarrollo tecnológico universitario siempre se les hace muy caro. Hemos tratado con Peñoles, Coca Cola-FEMSA, IUSA, Aceros de San Luis, Fundación TELMEX y Rossbach, entre otros, quienes se han mostrado muy interesados, pero nunca se consolidaron los proyectos, aunque si consumieron cientos de horas hombre de gestión, tanto de Vinculación, como de los miembros de los Grupos académicos.

Otro gran problema fue el “mercado de la tecnología”, que generaron los Fondos Sectoriales de CONACYT. Desde su concepción, sus convocatorias pusieron a competir a las instituciones de I&D y



Donación de reactivos del Hospital 20 de Noviembre del ISSSTE al CCADET

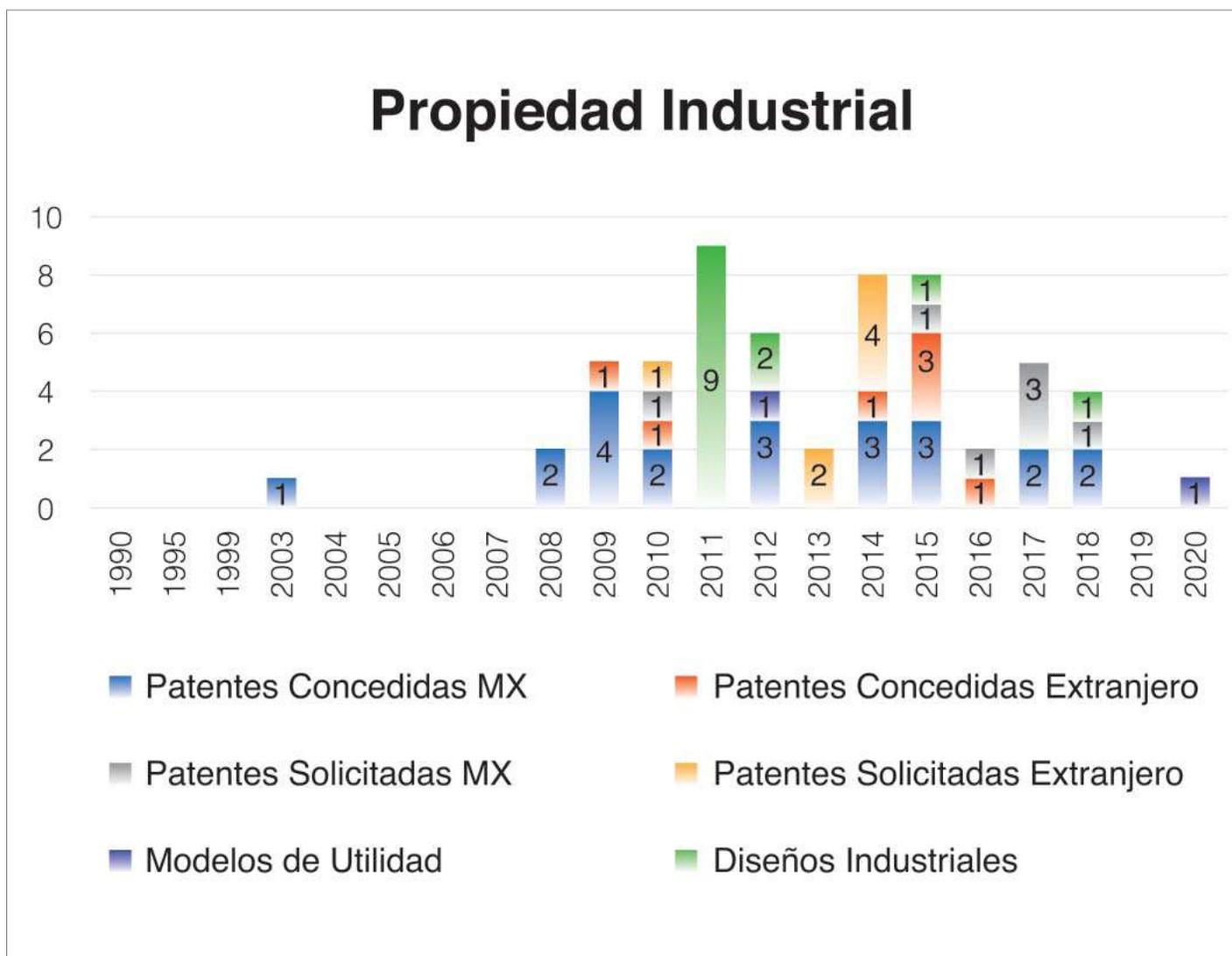
a facultades e instituciones de enseñanza tanto públicas como privadas, para obtener un proyecto. El problema de fondo es que la experiencia nos dice, que la investigación y el desarrollo tecnológico deben realizarse entre equipos de trabajo bien integrados y con la capacidad necesaria y suficiente para llevar a cabo los proyectos. Esto a mi juicio, no debe estar sujeto a regateos económicos ya que no se puede exponer que el “Sujeto de Apoyo” no llegue al resultado deseado, porque el apoyo financiero solicitado en su propuesta económica no fue suficiente para desarrollar el proyecto ya que para ganar castigaban los costos. Esto sucedió cotidianamente desde 2008 hasta mediados de 2019. Hubo centenares de problemas en las Auditorías Financieras. Además, CONACYT nunca tuvo gente suficiente para supervisar el desarrollo y el término de los proyectos; bastaba con entregar manuales y documentos, tesis, artículos, pero ¿y la tecnología? Muy pocos son los resultados que CONACYT hizo públicos en esa época, pero es bien sabido que se asignaron miles de millones de pesos en ese período.

Otro aspecto que nos ha provocado dificultades han sido los Contratos de Donación. Josefina Elizalde Torres, del Grupo de Materiales y Nanotecnología, una tarde en 2008 me dijo que el Hospital 20 de Noviembre del ISSSTE le ofreció la donación de unos reactivos químicos y que se los podían entregar con una carta firmada por el Director del Centro, o bien para evitar burocracias, los podría firmar ella misma. Me di a la tarea de consultar a la Secretaría Jurídica de la CIC y lo primero que me dijeron es que por ningún motivo fuéramos a recibir ninguna donación sin la firma de un instrumento legal, ya que se prestaba a que las empresas que las ofrecen, traten de encubrir problemas contables o adquisiciones corruptas que se descubren durante las auditorías locales o federales. Por ejemplo, hay empresas que le dan donaciones a la UNAM por equipo de cómputo o analítico obsoleto, descompuesto, del cual ya no hay refacciones ni forma de repararlo, y así, descargan el costo de

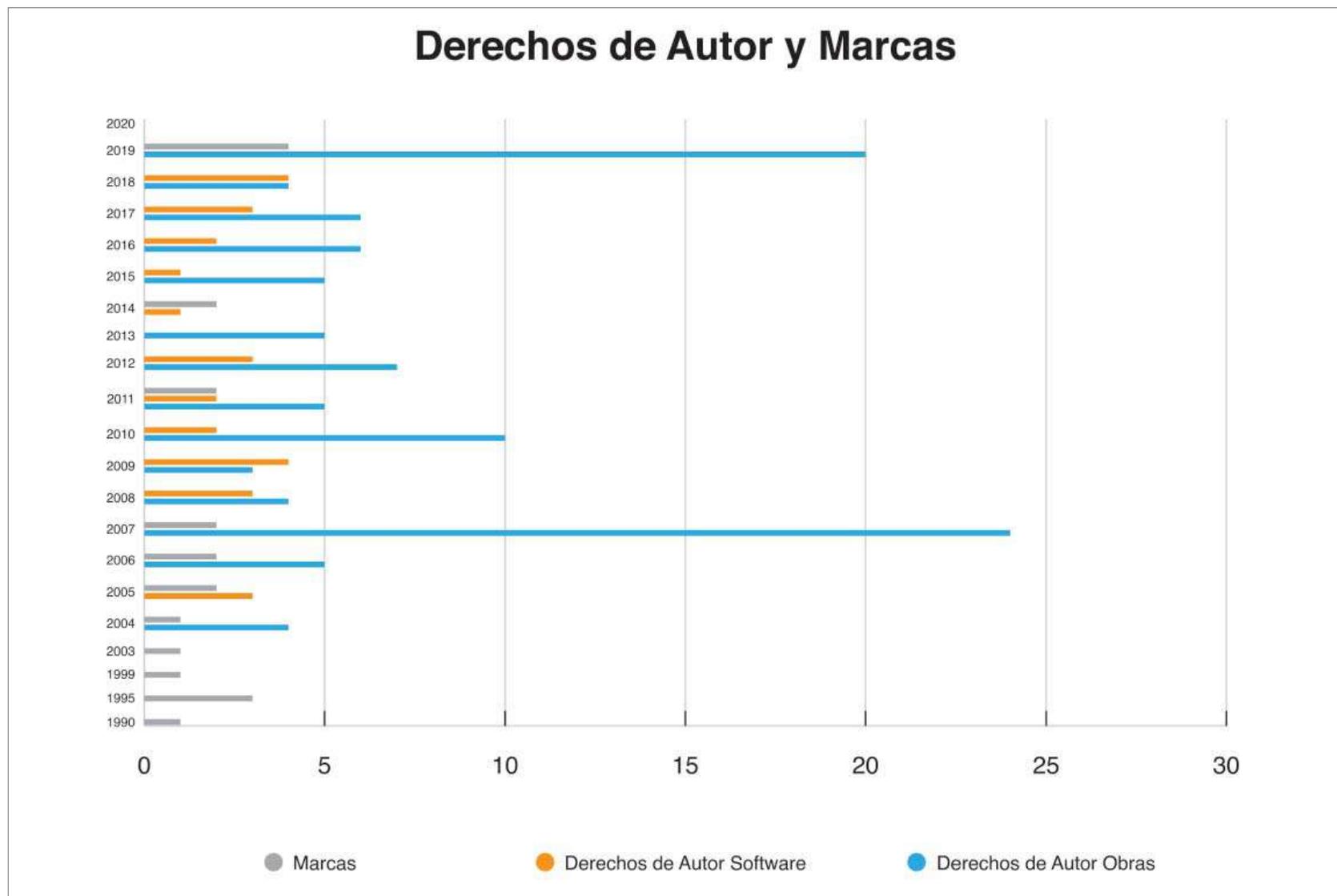
los mismos de su inventario, con lo cual se ven beneficiados y al final, la UNAM no puede usar los equipos y tiene que tirarlos a la basura.

### ***Resultados de la Propiedad Intelectual en el ICAT***

Desde su creación en 2004 y hasta 2008, la Unidad de Propiedad Intelectual organizó principalmente el registro de Derechos de Autor de Software y de Obras, y la actualización de marcas y números de registro ISBN. Desde 2008 coordina la redacción de patentes contratando los servicios de consultores especializados. Las dos siguientes figuras muestran los resultados obtenidos en materia de propiedad industrial y en materia de Derechos de Autor de Obras, Software y Marcas.



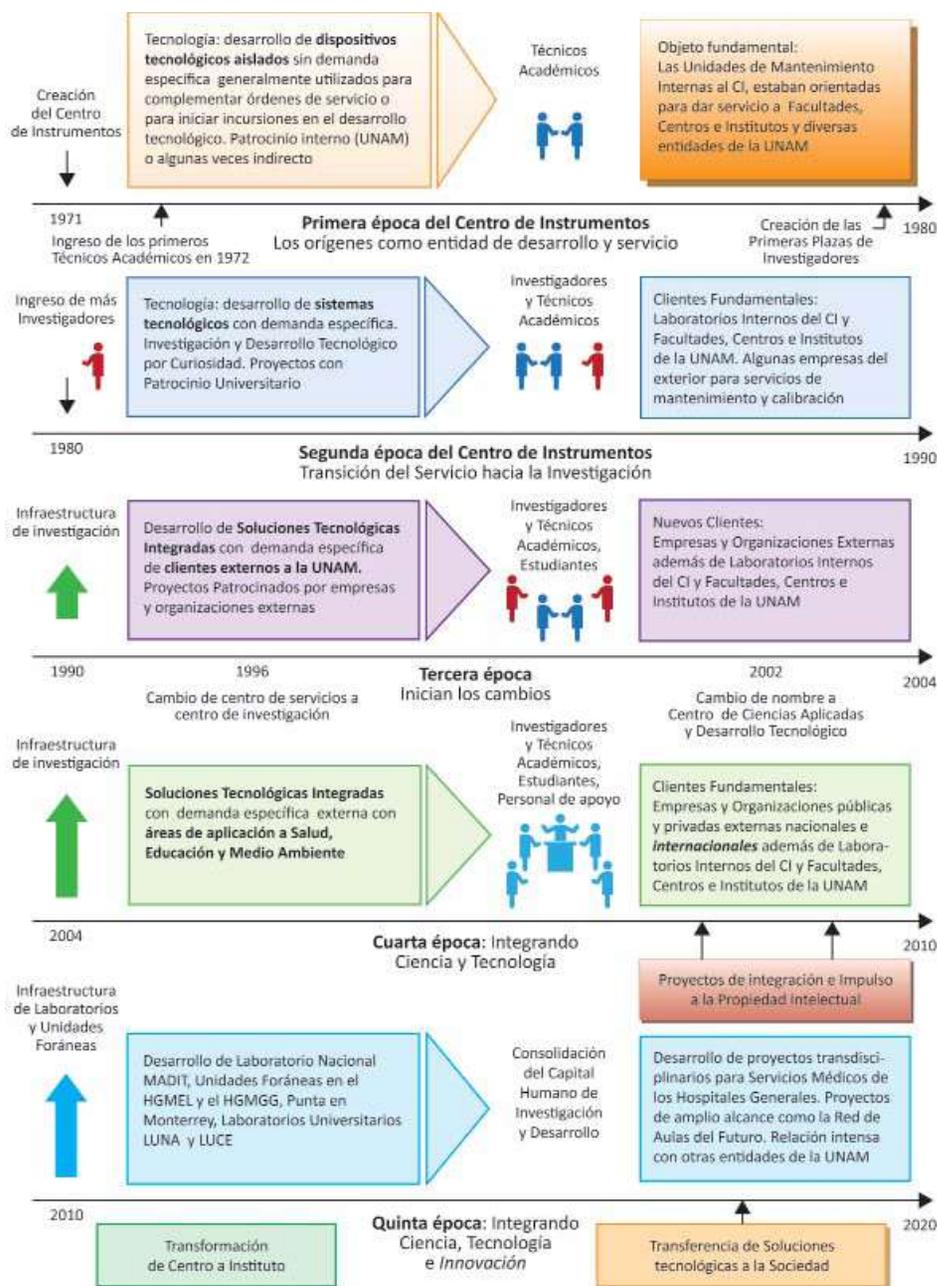
Resultados en materia de propiedad industrial



Resultados en materia de Derechos de Autor y Marcas

A la fecha, el equipo de trabajo de la Secretaría de Vinculación y Gestión Tecnológica está formado por la QFB Iris Hernández Jardines, la Sra. Guadalupe Muñoz Gutiérrez (secretaria) y Luis Roberto Vega González.

Las distintas épocas de Vinculación del CI-CCADET-ICAT, desde su creación, hasta la fecha se muestran en la siguiente figura.



Cinco épocas de Vinculación en el ICAT. Fuente: Modificado de Vega-González (2011)

## El Aula del futuro

Dr. Fernando Gamboa Rodríguez<sup>†</sup>

*“Caminante, no hay camino, se hace camino al andar”*

*Proverbios y cantares (XXIX), Antonio Machado.*

### Antecedentes institucionales

Cuenta la leyenda-urbana-universitaria que fue durante una reunión, con directivos de otras universidades y organismos internacionales, cuando se inquirió al Rector de la UNAM sobre los principales aportes que la *Máxima Casa de Estudios* ofrecía a los problemas del país. Se dice que fue en ese momento, ante el embarazo de una respuesta necesariamente incompleta, cuando el Dr. De la Fuente cayó en cuenta de que aun cuando la Universidad generaba permanentemente propuestas creativas y pertinentes, estos esfuerzos se diluían en miles de proyectos que, al final, resultaban poco visibles y con un impacto moderado.

Nunca sabremos si esto fue cierto, y si es así como nació la idea de establecer en el seno de nuestra Universidad, un programa de proyectos de investigación de tal envergadura y alcance que, sólo pudieran ser llevados a cabo por la UNAM en su conjunto: no por un académico, no por un laboratorio y ni siquiera por una entidad; su planteamiento requeriría, forzosamente, del trabajo transdisciplinario entre ellas. Lo que sí sabemos, es que en 2005 se llevó a cabo el *Primer Congreso sobre la Investigación en las Facultades y Escuelas* (CIFE), en el que se analizaron las grandes líneas de

investigación que se cultivaban en Facultades y Escuelas, y en el que se elaboraron propuestas para impulsarlas.

Consecuencia del CIFE fue la creación del Programa Transdisciplinario en Investigación y Desarrollo para Escuelas y Facultades (PTID-EF), que buscaba:

*“[...]promover y desarrollar macroproyectos con temas de investigación prioritarios para el país, la sociedad y la Universidad, con la participación y convergencia de académicos con probada experiencia y liderazgo y de alumnos que contribuyan a la formación de nuevos especialistas, provenientes de distintas disciplinas en las facultades y escuelas, con la colaboración de académicos de centros e institutos de la UNAM.”*

En el marco del PTID-EF, se definieron cinco macroproyectos: a) Tecnologías para la Universidad de la Información y la Computación; b) Manejo de Ecosistemas y Desarrollo Humano; c) La Ciudad Universitaria y la Energía; d) Diversidad, cultura nacional y democracia en los tiempos de la globalización: las humanidades y las ciencias sociales ante los desafíos del siglo XXI; y e) Nuevas estrategias epidemiológicas, genómicas y proteómicas en salud pública.

<sup>1</sup> Rosaura Ruíz Gutiérrez (2005). *Secretaría de Desarrollo Institucional, Memoria 2005. Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: <http://www.planeacion.unam.mx/unam40/2005/pdf/127-sdi.pdf> Último acceso: 23 de febrero de 2018*

Esta es la coyuntura institucional que permitió que el proyecto “El Aula del Futuro” surgiera: el Macroproyecto de Tecnologías para la Universidad de la Información y la Computación (MTUIC), coordinado por el Dr. Humberto Carrillo Calvet de la Fac. de Ciencias, el cual se organizó en Programas que abarcaban distintos aspectos de la problemática, siendo uno de ellos el de “Tecnologías de la Educación”. Dicho Programa, coordinado por los doctores Felipe Lara Rosano (CCADET) y Francisco Cervantes Pérez (CUAED), no sólo brindó el capital semilla para el proyecto, sino que estableció el marco académico-administrativo necesario para que colegas dispersos en facultades, escuelas, centros e institutos universitarios, pudieran reunirse alrededor de un proyecto de interés común; contarán con el tiempo suficiente para habituarse al nuevo ejercicio multi e interdisciplinario; lograran definir de manera consensuada los objetivos a alcanzar y las metodologías a seguir, y; finalmente, que esta actividad fuera aceptada y validada por el Consejo Técnico o Interno de sus dependencias de origen. Sin estas facilidades excepcionales, el proyecto nunca hubiera podido plantearse con la amplitud y profundidad con las que hoy goza.

### **El Aula del Futuro: Primer planteamiento**

El Aula del Futuro (AdeF) inició sus actividades en 2006, siendo sus coordinadores el Dr. Fernando Gamboa Rodríguez (CCADET, hoy ICAT) y la Dra. Andrea Olmos (FES-Zaragoza), con el siguiente planteamiento:

*“El Aula del Futuro plantea la creación de un Aula-Laboratorio en el que se desarrollen y evalúen las tecnologías y teorías psicopedagógicas que serán de uso corriente en las universidades en los lustros a venir. Se trata de una propuesta audaz e interdisciplinaria en la que expertos en informática, psicopedagogía, comunicación, ergonomía y telecomunicaciones desarrollarán ambientes de aprendizaje y secuencias educativas que integren de manera*

*intensiva tecnologías relacionadas con ambientes colaborativos (presenciales y a distancia), interfaces adaptivas multimodales, realidad aumentada, avatares inteligentes, dispositivos móviles y visualización estereoscópica. El objetivo sin embargo no será únicamente generar herramientas innovadoras de apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje, sino generar los instrumentos que permitan evaluar su impacto.”<sup>2</sup>*

Como puede observarse, desde su inicio el proyecto evita abocarse a la generación de versiones digitales de las herramientas que cotidianamente se utilizaban en el aula universitaria (camino que desde entonces se consideró como una vía falsa), y sí en cambio da atisbos claros de la importancia que tendrán las situaciones educativas innovadoras, el trabajo colaborativo y la evaluación de resultados desde un punto de vista educativo. Estos puntos madurarán y se convertirán eventualmente en el corazón de una propuesta claramente diferenciada e innovadora sobre el uso de tecnología en la educación.

El grupo original fue conformado por 15 académicos: ocho del CCADET, dos de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia (DGDC), uno de la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC, antes DGSCA), uno de la Fac. de Ingeniería, uno de la Fac. de Psicología, uno de la FES-Zaragoza y uno de la FES-Cuautitlán. Por parte del CCADET se contó desde entonces y hasta la fecha con la participación del Dr. Gustavo de la Cruz Martínez, el M. en P. Jesús Ramírez Ortega, la M. en A.M. Ana Libia Eslava Cervantes y el M. en A. Ricardo Castañeda Martínez, y unos años más adelante se integró al proyecto la Dra. Clara Alvarado Zamorano; conformando el actual Grupo Espacios y Sistemas Interactivos para la Educación del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología.

<sup>2</sup> Gamboa-Rodríguez, F., Olmos-Roa, A. (2006). Proyecto El Aula del Futuro, Documento interno.

Como puede observarse, los participantes cubren un amplio rango de disciplinas: tecnologías de la información, pedagogía, psicología, comunicación, diseño industrial, diseño gráfico, música, ergonomía, etc., convirtiéndose en un grupo semilla donde términos como “tecnopedagogía” o “competencias digitales” fueron madurando hasta lograr hoy una definición propia, misma que, junto con otros aportes, ha despertado el interés de la comunidad de especialistas iberoamericanos.

Cuando el macroproyecto llegó a su fin y otras fuentes de financiamiento permitieron continuar con el proyecto, el grupo evolucionó y cambió de integrantes externos al CCADET. No por ello dejamos de reconocer el valor de cada una de las contribuciones que en el tiempo hemos tenido, por parte de los colegas y amigos con los que hemos tenido el honor de colaborar y aprender.

### ***Primera implementación del Aula, sus desarrollos y propuestas***

Los primeros desarrollos del AdeF se hicieron en el espacio que en su momento estuvo asignado al Laboratorio de Interacción Humano-Máquina y Multimedia, en el segundo piso del CCADET; sin embargo, los fondos recibidos del MTUIC permitieron adaptar un espacio en la Planta Baja, donde se instaló su primera versión.

La primera implementación del Aula inició actividades en febrero de 2008. El espacio fue adaptado para albergar a un grupo de cuatro estudiantes y un profesor, y dado que se encontraba en un lugar cerrado, se adaptaron ventanales artificiales que daban a los asistentes la sensación de estar junto a un patio y no en un sótano. Si bien esta configuración no corresponde a un escenario áulico real, sí permitió al grupo centrarse en el estudio de un grupo de estudiantes colaborando, analizando las sutilezas y complejidades de esta actividad.



Integrantes del Grupo Espacios y Sistemas Interactivos para la Educación.  
De izquierda a derecha: Fernando Gamboa, Ricardo Castañeda,  
Gustavo de la Cruz, Ana Libia Eslava, Jesús Ramírez y Clara Alvarado



Imágenes de la primera instalación del Escritorio Colaborativo y de la Superficie Interactiva, en el Laboratorio de Interacción Humano-Máquina y Multimedia, en 2006

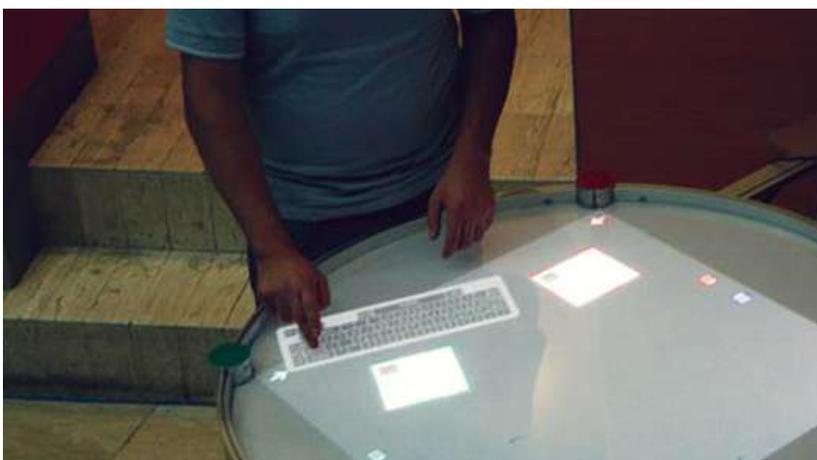


Primera instalación de El Aula del Futuro, en la Planta Baja del CCADET

El aula fue equipada con un pizarrón interactivo y tres tecnologías colaborativas diferentes: un escritorio colaborativo, una superficie interactiva y una pantalla para proyecciones 3D interactivas. Cada una de estas tecnologías permitió desarrollar e implementar actividades colaborativas para estudiantes de diferentes edades.



En el Escritorio Colaborativo se trabajó con niños de nivel preescolar en un ejercicio en que debían colaborar para distribuir 32 animales en un zoológico (El Zoológico), con niños de primaria en el diseño de una casa (Construyamos), con jóvenes de bachillerato y universitarios en el desarrollo de mapas mentales (Editor de Mapas Mentales), etc.

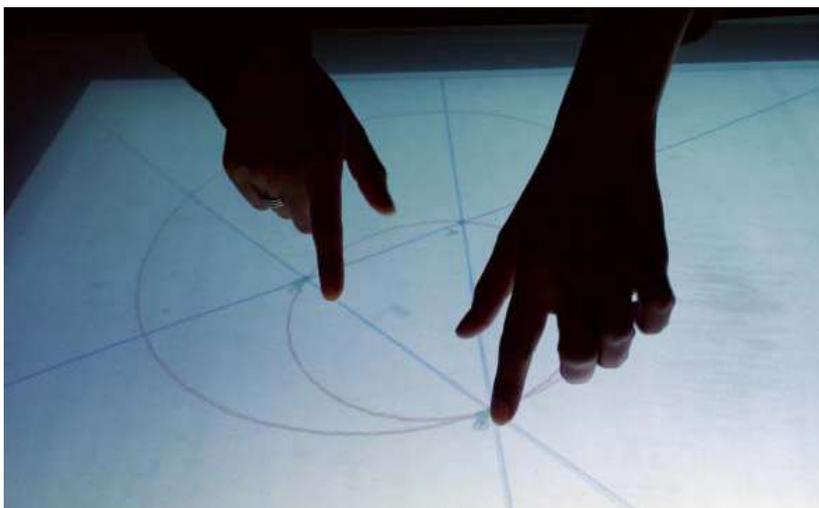
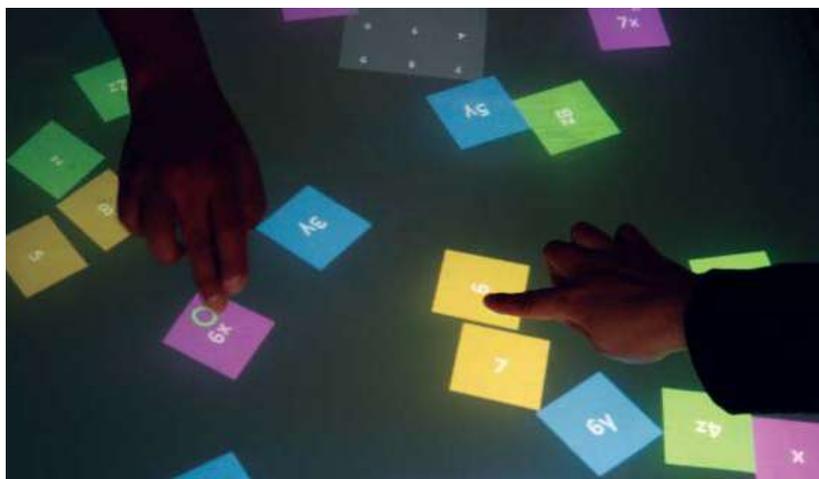


Escritorio colaborativo y superficie interactiva, instaladas en el Aula



Diferentes actividades en el Escritorio Colaborativo

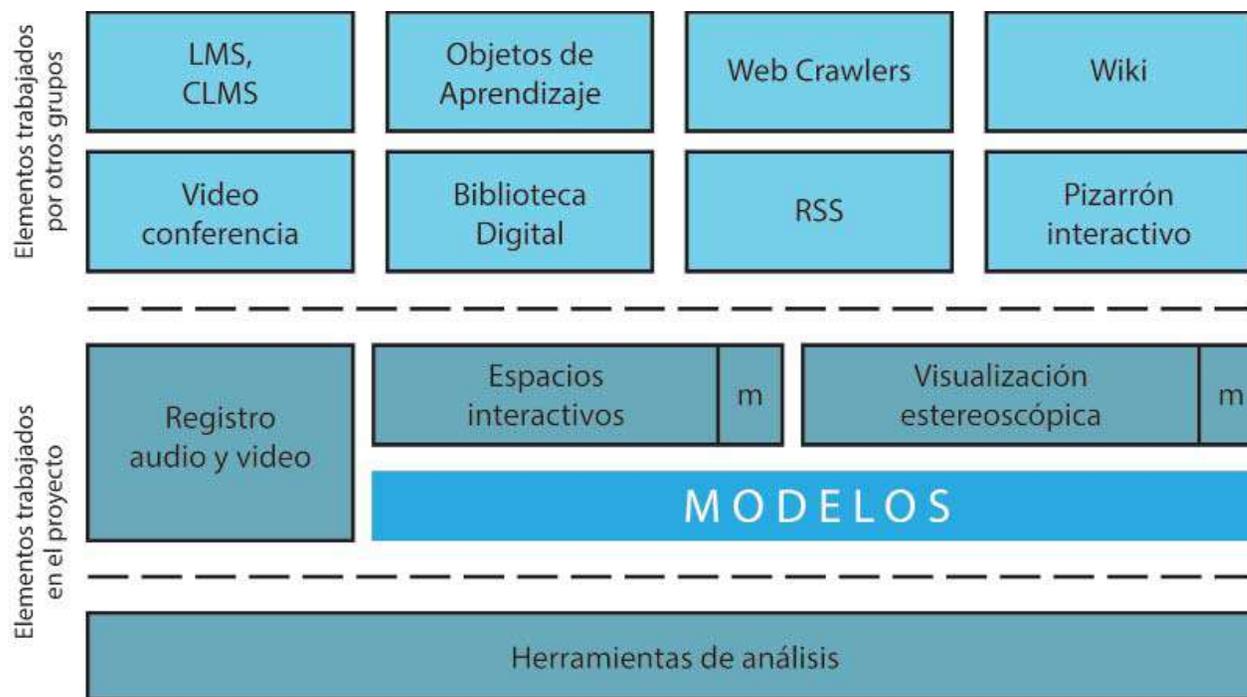
Con la superficie interactiva se desarrolló un simulador para niños de preescolar, que muestra los efectos de la contaminación y la reducción de áreas verdes en el planeta, un sistema para niños de primaria que ayudaba a la comprensión de equivalencia entre fracciones, un sistema de neumática para bachillerato técnico, y un sistema de composición de música electrónica para alumnos de la Escuela Nacional de Música.



Imágenes de diferentes actividades en la Superficie Interactiva

Finalmente, se instaló un sistema de cámaras que permitían grabar las sesiones desde tres puntos de vista diferentes, así como un arreglo de micrófonos y bocinas que permitían tener el registro auditivo de lo discutido por los estudiantes durante la sesión.

Como ya se mencionó, el objetivo en ese primer momento fue implementar un espacio educativo en el que diversos tipos de trabajo colaborativo pudiesen llevarse a cabo, con tecnología y sin ella, para aprender lo más posible sobre este tipo de actividad a partir de la observación de usuarios trabajando. En efecto, ya desde entonces se tenía la presunción de que había muchos trabajos teóricos sobre el trabajo colaborativo, pero no suficientes con sustento empírico, a partir de observaciones con usuarios (como la experiencia nos permitió corroborar). Para ello se propuso un modelo tecnopedagógico en el que nuestras herramientas se complementaban con las generadas por otros grupos, permitiéndonos concentrarnos en el desarrollo de una capa de herramientas de análisis. Esta estrategia de observación y análisis nos permitiría, un par de años más tarde, proponer y sustentar nuestro propio modelo tecnopedagógico para el aprendizaje colaborativo apoyado con TIC.



El diagrama señala las herramientas que producidas y estudiadas por otros grupos (capa superior), así como las tecnologías desarrolladas en el seno del proyecto, incluida una capa de herramientas de análisis (capas media e inferior). Las herramientas de análisis funcionan sobre la información capturada en los modelos de uso e interacción asociados a nuestras herramientas

El proyecto se desarrolló bajo estas condiciones y premisas entre febrero de 2008 y agosto de 2011: aprendiendo sobre el trabajo colaborativo, sus características y necesidades; identificando las características que los espacios colaborativos interactivos deben considerar, y evaluando y refinando las propuestas tecnopedagógicas generadas en el proyecto.

El financiamiento del MTUIC terminó en 2008. Ese mismo año se obtuvieron fondos de: CONACULTA para la creación de “COMA” (Colaboración Musical Aumentada); SEP-SEB para el proyecto

“Superficies aumentadas como apoyo al trabajo colaborativo en el aula: Una nueva propuesta de interacción”, y; se inició el proyecto del rediseño de los laboratorios de ciencias en los bachilleratos universitarios de la UNAM. En 2010 se obtuvo financiamiento del Máster Erasmus Mundus EUROMIME (Ingeniería de medios para la educación) para desarrollar el proyecto “Módulo de gestión de proyectos para el editor de mapas mentales del escritorio colaborativo aumentado”.

### ***El Aula del Futuro evoluciona y se consolida***

En agosto de 2011, el CCADET inauguró el tercer piso de su edificio principal. Por razones estructurales, la nueva planta sólo podía recibir equipamiento “liviano”, lo que convirtió a El Aula del Futuro, con sus mesas, proyectores y computadoras, en un candidato natural para ocupar uno de los nuevos espacios. Así, el Aula se mudó y quedó instalada en un nuevo espacio de 65 m<sup>2</sup>, lo que permitió recibir grupos de 20-25 estudiantes, ampliar el alcance de sus investigaciones y aumentar su impacto dentro y fuera de la Universidad.

Hoy, viendo en retrospectiva, podemos reconocer que el cambio de sede fue un evento definitorio para el proyecto, con consecuencias más amplias y profundas de lo que en su momento se previó. Y es que los cambios principales no vinieron de todo lo que en su momento se propuso como parte de una evolución “planeada”, sino

de todas las situaciones, resultados y reflexiones inesperados que surgieron al recibir grupos más grandes, obligando a los académicos participantes a plantearse nuevas hipótesis, revisar las propuestas y desarrollar nuevas alternativas.

En efecto, el hecho de poder recibir a grupos de alumnos completos facilitó que más profesores vinieran al Aula a dar su clase, o una parte de ella; forzó al grupo a repensar su estrategia de trabajo con los docentes; a detallar sus propuestas alrededor del diseño de espacios flexibles para la educación, permitió instalar varios escritorios colaborativos y diseñar actividades para este escenario; enfrentar las dudas y los cuestionamientos de los profesores, alumnos y responsables de escuelas; etc.

El resultado de haber tenido la oportunidad de crecer en espacio y de haber enfrentado la turbulencia que dicha transición provocó, fue el



El Aula del Futuro, instalada en su nuevo espacio en el 3er piso del edificio principal del CCADET-ICAT

desarrollo de modelos más robustos y más claros, la programación de nuevos espacios colaborativos (ej. el muro colaborativo), el salir del laboratorio y transferir nuestras propuestas a instituciones educativas mexicanas y extranjeras (modelo tecnopedagógico, tecnologías colaborativas y programa de formación docente), el firmar colaboraciones con un número creciente de instituciones educativas, y, por supuesto, el seguir consolidando a El Aula del Futuro como un proyecto líder en la región iberoamericana.

## Conclusiones

Hemos revisado los primeros años de un proyecto que hoy goza de buena aceptación, con un reconocimiento internacional creciente. Prueba de ello son las colaboraciones y transferencias que se han hecho a diversas instituciones educativas en México, Francia y Chile; así como los reconocimientos recibidos por parte de Microsoft Redmond, la OEA, Elsevier, o la UNESCO. Se ha trabajado con la Universidad Tecnológica Metropolitana, de Chile; con la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí de Ecuador, con PEMEX, con el Instituto Lux (de León, Guanajuato), con la Comisión de Derechos Humanos del D. F. y con diversas dependencias de la UNAM (Facultades de Filosofía y Letras, de Psicología, de Artes y Diseño; Escuela Nacional de Trabajo Social; Institutos de Geofísica y Geología; Escuela Nacional Preparatoria No. 7 y Colegio de Ciencias y Humanidades - Vallejo), para iniciar nuevos proyectos de asesoría y transferencia en el diseño de espacios educativos innovadores, enriquecidos con tecnología.

Sin pretender instituir esta experiencia como ejemplo de nada (es bien sabido que siempre hay más de una manera de hacer las cosas), sí creemos oportuno reflexionar sobre los elementos que permitieron a El Aula del Futuro surgir y madurar:

- ♦ Las condiciones excepcionales en las que el proyecto surgió, que permitieron reunir a un grupo interdisciplinario y darle el tiempo suficiente para aprender a escucharse y consensuar sus planteamientos. **Este trabajo inicial, largo y de escasos productos, sentó las bases de lo que posteriormente se convirtió en un proyecto con una visión clara, que hoy permanece vigente.**

- ♦ El implicar a los usuarios desde el inicio del desarrollo de nuestras propuestas, nos permitió evaluar y evolucionar los productos de manera cíclica, hasta contar con tecnología lo suficientemente robusta para salir del laboratorio. A pesar de este proceso, tener la oportunidad de confrontar nuestras ideas con grupos de tamaño más grande, y posteriormente en escuelas, nos hizo nuevamente modificar y replantear buena parte del trabajo realizado. **Las ideas no nacen hechas. Es imprescindible sacar los proyectos de los laboratorios y confrontarlos con escenarios reales; evaluarlos y modificarlos hasta lograr un producto que verdaderamente haga una diferencia.**

- ♦ El apoyo recibido por el CCADET, en un momento en que las ideas que parecían prometedoras, no se transferían a otras instituciones, fue fundamental. El nuevo espacio recibido brindó todo lo que el proyecto necesitaba para consolidar sus propuestas y encontrar su camino fuera de la Universidad. **Los proyectos requieren no sólo de tiempo, sino también del espacio adecuado para florecer.**

- ♦ El proyecto tardó diez años en consolidarse, antes de empezar a transferir sus productos a otras instituciones educativas. Un poco intervino el azar, pero también un proceso de maduración de ideas que no se puede compactar y que parece ineludible en proyectos que plantean soluciones que no siguen las tendencias del momento. **Las innovaciones requieren de tiempo para florecer, y diez años se considera un tiempo promedio.**

La Universidad Nacional es un escenario complejo, en el que no existen caminos únicos ni maneras seguras de llevar a cabo una tarea u de obtener un resultado. Sin embargo, a la luz de lo aprendido en este proyecto, parece conveniente revisar las políticas de producción y evaluación de proyectos y académicos, de modo a permitir que otros proyectos interdisciplinarios, con ideas prometedoras pero inciertas, encuentren su camino. Gracias al CCADET-ICAT y a los directores que han impulsado el proyecto: Dr. Felipe Lara Rosano, Dr. José Manuel Saniger Blesa y Dr. Rodolfo Zanella Specia, por todas las facilidades dadas en estos años, definitivas para que el Aula del Futuro sea hoy una realidad.



## Laboratorios de Ciencias del Bachillerato UNAM

Drs. Fernando Flores Camacho y Fernando Gamboa Rodríguez<sup>†</sup>

Una de las acciones emprendidas por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en años recientes fue la de mejorar el nivel educativo de sus bachilleratos. A iniciativa del Dr. José Narro Robles, Rector de la UNAM (2007-2015), se planteó la transformación de los laboratorios curriculares de ciencias del bachillerato en sus dos subsistemas. Para ello se contemplaron diversas acciones encaminadas al mejoramiento de la infraestructura, a la introducción de nuevas tecnologías, al uso más eficiente de recursos y materiales, pero sobre todo a desarrollar procesos educativos que mejoren de manera relevante la enseñanza experimental de las ciencias en el bachillerato. Para llevar a cabo estas acciones se formuló el proyecto *Laboratorios de Ciencias del Bachillerato UNAM*. Para su realización se convocó a los integrantes del Grupo Cognición y Didáctica de las Ciencias y del Grupo Espacios y Sistemas Interactivos para la Educación, del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET), actualmente Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT), grupos de investigación y desarrollo que por sus características y trayectoria en proyectos e investigaciones en el campo de la educación en ciencias e integración de entornos enriquecidos con tecnologías, se consideró que podían coadyuvar a este relevante proyecto universitario. A estos grupos y por iniciativa del entonces CCADET se sumaron grupos de trabajo de las Facultades de Química y de Ciencias y, de manera sustantiva,

profesores de ambos sistemas del bachillerato. El CCADET fungió como centro del proyecto desarrollando una propuesta educativa, misma que incorporó las tecnologías digitales en las actividades experimentales y proporcionó nuevos elementos didácticos para estar a la vanguardia de la enseñanza de las ciencias en ese nivel educativo. En su marco educativo resaltan las actividades experimentales orientadas hacia los aspectos cognitivos de representación, la multi-representación y conceptualización, así como el favorecimiento de las habilidades para la ciencia en los alumnos, que les permitieran procesos de integración conceptual y de colaboración.

El proyecto se inició con un diagnóstico que abarcó dos vertientes. En una, se analizó y dio cuenta del estado que, en ese momento, guardaban los laboratorios en los planteles, tanto de la Escuela Nacional Preparatoria como del Colegio de Ciencias y Humanidades. Al respecto se encontraron laboratorios antiguos, en mal estado, con instalaciones deterioradas y equipamiento obsoleto. Además, fue notorio que no contaban con medidas de seguridad apropiadas. En la segunda, se hizo un análisis de las formas típicas de enseñanza. En este caso y a pesar de diversos esfuerzos que se han hecho en la Universidad, se observó que prevalece la enseñanza memorística, que las actividades experimentales, en lugar de ser fuente de procesos de aprendizaje y de indagación, siguen siendo solo



Estudiantes de bachillerato  
en un Laboratorio  
de Ciencias del Bachillerato

medios de comprobación y prácticas rígidas. Ambos diagnósticos confirmaron la necesidad de llevar a cabo la transformación de ese estado de estancamiento.

A partir de ambos diagnósticos, se propuso el desarrollo de nuevos laboratorios que incorporaran lo mejor de las TIC y de nuevo equipamiento, así como proporcionar nuevos enfoques educativos correspondientes con las mejores propuestas que la investigación en enseñanza de la ciencia han marcado en los últimos años. En esta propuesta, la incorporación de las tecnologías digitales está en estrecha correspondencia con la propuesta educativa, para lo cual

se establecieron los fundamentos educativos del proyecto que se describen a continuación.

### **Fundamentos Educativos**

El proyecto retomó aspectos relevantes de la investigación en enseñanza de las ciencias que han mostrado sus posibilidades de aplicación y de mejora del aprendizaje de las ciencias, en especial en entornos experimentales<sup>1</sup>. Estos aspectos son:

<sup>1</sup>[www.laboratoriosdeciencias.unam.mx](http://www.laboratoriosdeciencias.unam.mx)

### *Aprendizaje como proceso de transformación conceptual y representacional*

El aprendizaje desde esta perspectiva tiene, entre sus principales consideraciones, las ideas y conocimientos previos de los alumnos (usualmente conocidos como ideas previas o concepciones alternativas), los procesos de representación, es decir las acciones cognitivas que permiten a los alumnos interpretar los procesos naturales, los procesos de argumentación y colaboración que son necesarios para que los alumnos integren su conocimiento y establezcan explicaciones coherentes, la diversidad contextual que incorpore elementos del entorno de los alumnos, las posibilidades de variación en los procesos experimentales como forma usual de los procesos de indagación científica, la multi-representacionalidad y la construcción de relaciones conceptuales como base para la comprensión de los entramados teóricos y de modelos de las teorías científicas.

### *Enseñanza centrada en los alumnos*

Los procesos de enseñanza que ponen al centro al alumno, son en la actualidad compartidos por la mayoría de los países y son la base de propuestas actuales para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Desde luego, también es tema central en los actuales programas de la ENP y CCH e implican procesos didácticos en los que las ideas previas de los alumnos, los procesos indagatorios, los de colaboración entre pares, y los de creatividad son los elementos principales de las acciones y desarrollos educativos.

### *Desarrollo de actitudes indagatorias y habilidades para la ciencia*

Los elementos anteriores no pueden desarrollarse si no se logra en los alumnos un importante cambio en sus actitudes frente al aprendizaje. Es por ello, que el desarrollo de actitudes de indagación y de habilidades cognitivas que se requieren, deben ser una preocupación constante en todas las acciones educativas que se

emprendan y por ello es parte importante de este proyecto, por lo que la incorporación de las TIC se llevó a cabo como un proceso de inmersión en el marco educativo.

### *Exploración experimental con diversos contextos, formas de registro y análisis*

La actividad experimental se plantea de forma que constituya un enriquecimiento para el aprendizaje de los procesos naturales, que es parte del proceso de estructuración conceptual y no como un mero artificio comprobatorio. Así en el proyecto, el laboratorio se concibe y constituye como un lugar de exploración y análisis.

### *Incorporación de las TIC para apoyar los procesos de colaboración, argumentación y análisis*

La introducción de las TIC en los laboratorios, como se ha mencionado, tiene como propósito principal proveer los medios tecnológicos para impulsar la colaboración y la comunicación en los procesos de aprendizaje, favorecer la argumentación entre alumnos y entre alumnos y profesores, contar con más recursos para el registro y análisis de datos, para la comparación de resultados y la obtención de información, por mencionar algunos de los procesos que las TIC favorecen en los procesos educativos. Por ello las TIC son una de las partes centrales de los nuevos laboratorios.

Los elementos educativos descritos son los ejes que orientaron tanto el desarrollo de los procesos didácticos, que se concretaron en cursos y libros para los profesores, como en el diseño y selección de materiales experimentales, tecnologías digitales y funcionamiento e instalaciones de los laboratorios.

## Proceso y desarrollo

El desarrollo del proyecto contempló diversas etapas: El diagnóstico ya mencionado.

Visitas a escuelas en países con altos estándares en la enseñanza de las ciencias a los jóvenes. En particular se visitaron escuelas públicas y privadas en Montreal, Canadá; en el Reino Unido se visitaron escuelas en diversas localidades como Londres, Cambridge Brighton y Peterborough, así como las universidades de Cambridge y Sussex y se tuvo conocimiento de proyectos de transformación escolar como el proyecto Faraday.

Se diseñaron los espacios y mobiliario óptimos para los laboratorios y se construyó un laboratorio prototipo en el CCADET, en él entre otras actividades que pusieron a prueba diversas tecnologías, se trabajó con profesores comisionados por los bachilleratos para la definición de equipo y materiales para las actividades experimentales. También se definieron las normas y equipo de seguridad para los laboratorios.

Como siguiente paso se construyó un laboratorio prototipo en cada escuela (14 laboratorios), en los que se realizaron las pruebas y ajustes necesarios para, poder proseguir a la siguiente etapa.

Se llevó a cabo la etapa de generalización con la construcción de los laboratorios quedando la distribución que se muestra en la siguiente tabla.

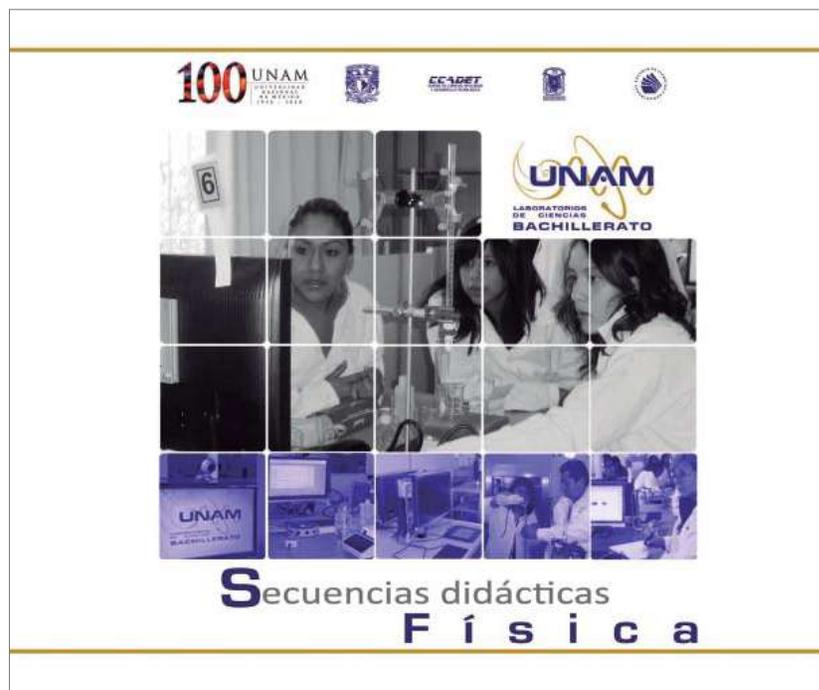
Cabe mencionar que todas las acciones de construcción de los laboratorios y de equipamiento se llevaron a cabo en coordinación con la Dirección General de Obras y Conservación, y la Dirección General de Proveduría.

DISTRIBUCIÓN DE LABORATORIOS POR ESCUELA	
Escuela	Número de Laboratorios
ENP1	6
ENP2	10
ENP3	9
ENP4	6
ENP5	6
ENP6	6
ENP7	6
ENP8	6
ENP9	6
CCH-A	9
CCH-O	9
CCH-N	9
CCH-S	9
CCH-V	9

Distribución de los laboratorios construidos por escuela

Durante la etapa de generalización, el equipo del CCADET, además de participar cotidianamente con las direcciones mencionadas de Obras y Proveduría, estuvo supervisando instalaciones y funcionamiento en todos los planteles.

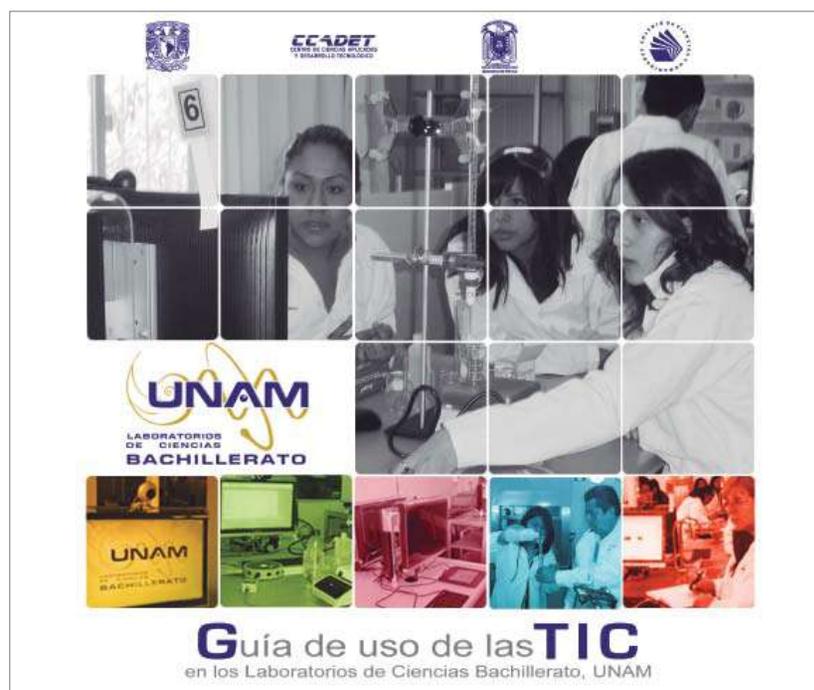
En cuanto a las acciones en el ámbito académico, se desarrollaron e impartieron (en el laboratorio de pruebas) 6 cursos de formación y actualización docente a un total de 180 profesores, y se organizaron visitas al laboratorio de pruebas para mostrar su funcionamiento y recibir opiniones a cerca de 400 profesores. Cabe mencionar que estos cursos y visitas, estuvieron apoyados por profesores



Libros y guías para los profesores de ciencias

comisionados de ambos bachilleratos. También se recibieron visitas de diversas autoridades universitarias y se estuvo siempre en estrecha relación con la Secretaría General de la UNAM.

Para contribuir a la formación docente y a que pudieran apreciarse los procesos educativos y potencialidad de los nuevos laboratorios, el equipo de trabajo del CCADET elaboró tres libros para los profesores; uno por asignatura (Biología, Física y Química). En ellos se ejemplifican secuencias didácticas para mostrar las posibilidades didácticas y la aplicación de los fundamentos educativos del proyecto. Los libros fueron distribuidos a los profesores de ciencias. También, en el CCADET se elaboraron y distribuyeron entre los profesores un conjunto de videos que muestran de manera didáctica y exhaustiva las formas de operación del cómputo de los



laboratorios, la solución de posibles problemas y el funcionamiento del equipo de sensores desarrollado en el CCADET, que permite llevar a cabo mediciones y análisis de datos de diversas actividades experimentales.

Cabe señalar que se organizó un encuentro para los profesores de bachillerato con la participación de expertos internacionales (España, Inglaterra, Canadá y Argentina) en el campo de la enseñanza de las ciencias con tecnología y del cual se derivó la publicación del libro *Las tecnologías digitales en la enseñanza experimental de la ciencia. Fundamentos cognitivos y procesos*, publicado en 2015.

## ***Cómo funcionan y qué aportan los laboratorios***

Los laboratorios están diseñados para que trabajen 32 alumnos, aceptando un máximo de 40. Cada mesa de trabajo cuenta con una torre donde se localiza una pantalla con un protector de acrílico para protegerla de sustancias y accidentes, conexiones para los dispositivos de interacción con las computadoras y conexiones eléctricas reguladas y no reguladas, además de una pequeña tarja.

Cada laboratorio cuenta con una computadora en cada mesa, que se constituye como una herramienta de trabajo más para el profesor y los alumnos; desde el punto de vista del uso de la tecnología en espacios educativos, se diseñó una solución robusta para evitar problemas conocidos en este tipo de entornos como los virus y software malicioso, modificaciones no autorizadas, aplicaciones que dejan de funcionar y recuperación de errores, etc. La tecnología “Reinicie y restaure” fue implantada para proteger la integridad de los equipos de cómputo, permitiendo que los datos permanezcan inalterables a los cambios del usuario, de manera que cualquier modificación hecha por un alumno o profesor, se deshará cuando se reinicie el sistema.

El laboratorio provee diversos programas de cómputo para el uso de alumnos y profesores, lo que les permite realizar simulaciones, obtener y analizar datos de experimentos en tiempo real, escribir reportes, así como acceso a Internet y tener interacción entre ellos en el mismo plantel e incluso de otros planteles. El equipo destinado al profesor incluye un software para el control de los equipos de los alumnos, con el que puede encender, apagar y reiniciar los equipos de los alumnos; monitorear lo que está ocurriendo en cada mesa de trabajo; mostrar en las pantallas de los estudiantes la información que se muestra en el equipo del profesor u de otro equipo de trabajo; enviar y recibir archivos; abrir y cerrar aplicaciones en los equipos

de los estudiantes y bloquear el uso de las computadoras en caso necesario. Todo esto con el fin de que el uso de las TIC esté siempre bajo la supervisión del profesor sin que lo distraiga de su actividad principal, además de brindarle un ambiente adecuado para la discusión y comparación de las observaciones, los resultados y las ideas de los alumnos.

Los laboratorios cuentan con elementos de seguridad como botiquín, campana de extracción de humos, lava ojos de emergencia, extractores, señalización, extintores, arena para incendios, muebles para almacenamiento de sustancias peligrosas, sensores de humo y un sistema de detección de intrusos. Las instalaciones tienen todos los elementos eléctricos para su buen funcionamiento, incluyendo un interruptor de energía eléctrica en caso de alguna contingencia que amerite la suspensión de electricidad.

La arquitectura tecnológica diseñada, además de los aspectos de comunicación señalados tiene las siguientes características: interoperabilidad, escalamiento, administración simple y segura, robustez, seguridad, flexibilidad, adaptabilidad al contexto del laboratorio y al modelo educativo que se impulsa en el proyecto. Se estructuró un software que fomenta la posibilidad de que los alumnos manifiesten puntos de vista y generen argumentos dentro de la clase. Todo lo anterior, es posible de ser compartido de manera síncrona y/o asíncrona entre estudiantes y el profesor.

La red virtual con la que cuentan aísla el tráfico de la red de los laboratorios de la red del plantel por lo que, en conjunto, los servicios y los equipos de los laboratorios forman una red local, que no interfiere con los servicios que ya tenía y proporcionaba la escuela.

Además de los aspectos de infraestructura mencionados, cada laboratorio cuenta con un área de almacén para los materiales

que se usan en las sesiones de trabajo. En este espacio se ubica el gabinete de telecomunicaciones donde se alojan los equipos de los estudiantes, el servidor, un switch y un UPS. Teniendo el material de cómputo aislado de las mesas de trabajo en el gabinete de telecomunicaciones, se protege este material de las sustancias que pudieran dañarlos. La comunicación entre los equipos de estudiante y el servidor es mediante el switch y cableado categoría 6 certificado, garantizando un adecuado acceso a los servicios en la red.

Uno de los aspectos de los nuevos laboratorios es que son espacios que permiten el desarrollo de nuevas formas y estrategias de enseñanza de las ciencias experimentales que elaboren profesores e investigadores en este campo. Las posibilidades que ofrecen las TIC en conjunto con los equipamientos y propuestas didácticas permiten ampliar y diversificar las formas de aproximarse a cada tema y a las posibilidades de cada alumno, al contar con diversas formas de representación, de discusión, de explicitar y compartir ideas, de comunicarse con otros lugares, de tener materiales tanto de trabajo como informativos en todo momento, etc., pero en síntesis podemos decir que aportan un ambiente de enseñanza y de aprendizaje acorde con el contexto educativo y tecnológico actual.

### ***Situación actual de los laboratorios***

Los laboratorios atienden actualmente en la ENP al 50% de sus alumnos y al 20% de los alumnos del CCH. Desde luego que su utilización depende de cada profesor, tanto por sus habilidades para el uso de las TIC como para su comprensión de los actuales enfoques educativos. Esto implica que hay profesores que obtienen un máximo provecho de esa infraestructura y otros que obtienen menos. Sin embargo, los laboratorios han venido a modificar e impulsar una nueva dinámica para la enseñanza de las ciencias lo que se muestra en los cursos que ahora organizan las propias escuelas para entrenar

a nuevos profesores, en reuniones académicas donde presentan sus experiencias y actividades experimentales, en sus presentaciones en congresos y en el desarrollo de actividades y manuales, otros productos académicos relacionados con los laboratorios.

### ***Mejoramiento de la enseñanza de las ciencias***

Toda propuesta educativa, incluida una como ésta que implica infraestructura, requiere de varios años para que pueda evaluarse su impacto en los sistemas educativos. La evaluación del impacto debe contemplar múltiples factores como investigaciones específicas, rendimiento escolar, seguimiento de egresados, desarrollos de nuevas actividades académicas, por citar algunos. En el CCADET hemos llevado a cabo análisis por medio de investigaciones específicas que han abarcado aspectos como: Las formas de uso de las TIC por los profesores; el aprendizaje de temas específicos con profesores que han aplicado el modelo didáctico propuesto; y más reciente y en proceso una investigación sobre su impacto en el aprendizaje comparado con alumnos que no han cursado sus asignaturas en ellos. En todos estos casos y en los avances de la investigación en desarrollo, es claro el efecto positivo en cuanto a mejoramiento en la comprensión de los conceptos científicos en los alumnos, pero también en otros aspectos como sus posibilidades de representación de los procesos naturales que se observa en sus representaciones explícitas, en su habilidad para desarrollar actividades experimentales y para argumentar. Aspectos que están en los fundamentos educativos y que son factibles de cumplir.

A las escuelas les toca ahora dar continuidad y mejorar esta propuesta que el CCADET desarrolló y que, consideramos, aportó al bachillerato de la Universidad nuevos elementos tanto materiales como académicos para el mejoramiento de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

## **Los participantes**

Durante su desarrollo participaron académicos, profesores y alumnos.

Del Grupo de Cognición y Didáctica de la Ciencia participaron: Fernando Flores Camacho (Coordinador del Proyecto), Humberto Albornoz Delgado, Elena Calderón Canales, Héctor Covarrubias Martínez, Leticia Gallegos Cázares, Eduardo Vega Murguía;

Del Grupo Espacios y Sistemas Interactivos para la Educación: Jesús Ramírez Ortega (Corresponsable), Ricardo Castañeda Martínez, Gustavo de la Cruz Martínez, Ana Libia Eslava Cervantes, Fernando Gamboa Rodríguez;

Los profesores del bachillerato que participaron fueron: Natalia Alarcón Vázquez, José Busto Sánchez, Diana Cárdenas González, Margarita Castelán Sánchez, Manuel Cruz Cisneros, Alfredo Herrera Hernández, Carmen Martínez Parra, Silvia López Eslava;

Los estudiantes participantes estuvieron asociados al CCADET y fueron: Alejandro Ávila Reséndiz, Juan Degollado Daza, Martha Fernández Martínez, Néstor Hernández Valentín, Alejandra García Galván, Beatriz García Rivera, Sheila López-Laso, Mariana Ortiz Gómez, Leticia Plasencia Gaspar, David Rodríguez Corral, Irving Medina Larios, Grisel Angélica Pérez Quezada, Arturo Cruz Hernández, Adalberto Blanco Mejía, Alí Tahaí García Arellano, Verónica Abad Martínez, Erika Annabel Martínez Mirón.

# Historia del Laboratorio Nacional MADiT

Drs. Leopoldo Ruiz Huerta y Alberto Caballero Ruiz

Los autores de este texto iniciamos actividades en el entonces Centro de Instrumentos (CI) un 16 de febrero de 1996, realizando actividades ligadas al servicio social bajo la tutela del Ing. Gabriel Ascanio Gasca, en el Departamento de Diseño Mecánico y Construcción de Prototipos (DDMCP). Ambos nos encontrábamos estudiando la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, uno con especialidad en Electrónica y el otro con especialidad en Mecánica. En el CI encontramos las condiciones para aplicar nuestros conocimientos al desarrollo de instrumentación mecánica y electromecánica con diversas orientaciones, desde equipos didácticos que existen todavía en el Museo de las Ciencias UNIVERSUM, centrífugas para el estudio de fenómenos bajo diferentes parámetros de gravedad y singularidades como carriles para evaluar la velocidad de marcha de lagartijas, en función de sus condiciones de incubación. En aquel entonces, el proceso de enseñanza técnica, trabajo en equipo y colaboración que ofreció en su conjunto todo el personal académico y técnico del “taller mecánico” y la administración, desde el Director hasta el personal del almacén, fue invaluable para nuestro desarrollo personal y profesional.

Para el año 1997 iniciamos actividades como personal académico por honorarios, atendiendo actividades de colaboración con el Grupo de Metrología y algunas externas, como con la Casa de Moneda de México.



Algunos integrantes del Departamento de Diseño y Construcción de Prototipos, 1998

En 1998, cuando se encontraba el CI en transformación hacia un centro de investigación, y adicional a nuestros compromisos laborales con el CI, iniciamos nuestros estudios de maestría, primero bajo la tutela de Gabriel Ascanio, quien meses después partió a Canadá para realizar sus estudios de doctorado. Durante 1999 atendimos los proyectos previamente comprometidos por el DDMCP, primero bajo la coordinación de José Sánchez Vizcaino y después de Rigoberto Nava Sandoval, quienes favorecieron nuestro desarrollo profesional. En ese mismo año inició la huelga que representó un gran reto, ya que nos requería de realizar actividades dentro del CI y al mismo tiempo atender clases en sedes alternas al Campus.

El Dr. Ernst Kussul se incorporó al CI en 1998, como especialista en redes neuronales aplicadas al control y desarrollo de microequipo mecánico, particularmente máquinas herramienta. Durante 1999, el entonces Director, Dr. Felipe Lara Rosano, nos propuso colaborar con el Dr. Kussul en el área de Micromecánica, con el fin de desarrollar y consolidar esa línea de trabajo en la dependencia. Esta propuesta la consideramos como una oportunidad para dirigir nuestras actividades académicas, con amplias posibilidades de desarrollo profesional y personal, por lo que decidimos enfocar también nuestro posgrado en esa dirección. A la distancia, recordamos el esfuerzo colocado durante la primera solicitud de proyecto relacionada con micromecánica, presentada ante el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), la cual fue rechazada debido a que los evaluadores dudaron de los avances que se tenían hasta el momento, razón por la cual durante la reconsideración se les hizo llegar un video de la primera micromáquina que se había desarrollado en forma artesanal, ante lo cual no dudaron en aceptar y apoyar la propuesta.

Durante 1999 se crea el Grupo de Micromecánica y Mecatrónica (GMM), al que posteriormente se incorporaron Graciela Velasco y

Tetyana Baydyk, junto con Mario Rodríguez “el Coco”, iniciamos la líneas de trabajo orientadas a procesos de diseño, manufactura, control y desarrollo de micromáquinas y componentes de bajas dimensiones, así como su caracterización y aplicaciones, particularmente al sector médico, donde destacaron los probadores de fatiga acelerada para válvulas protésicas cardiacas y el sistema de corte láser de las valvas que las conforman, todo esto en colaboración con el Instituto Nacional de Cardiología.

Para el año 2005, cuando el CI ya se había convertido en el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET), ambos ya contábamos con el grado de doctor en ingeniería, manteniendo como líneas de trabajo el desarrollo de instrumentación y sistemas mecatrónicos y micromecánicos. Ese mismo año, el Dr. Ernst Kussul, Tetyana Baydyk y Graciela Velasco deciden iniciar un nuevo grupo relacionado directamente con el principal interés y línea de investigación del Dr. Kussul, la computación neuronal, dando lugar a la creación del Grupo con el mismo nombre.

Durante los siguientes cuatro años, el GMM se reinventó, incorporando nuevas tecnologías y desarrollando sus propias líneas de trabajo y aplicaciones. En ese periodo Mario Rodríguez se jubiló y se incorporó Marcos Velázquez.

Durante la administración del Dr. José Saniger Blesa, en el año 2009, nos reunimos académicos de los grupos de Ingeniería de Procesos, Mecánica de Precisión y Metrología, Electrónica, Sección de Desarrollo de Prototipos y el GMM, liderados por este último, para presentar una solicitud a la convocatoria de infraestructura del CONACyT, con el fin de establecer el Laboratorio Nacional de Ingeniería de Diseño y Manufactura Avanzada (LUIDIMA). Dentro del proceso de evaluación del CONACyT, la propuesta avanzó hasta las fases finales donde ambos tuvimos la oportunidad de presentar

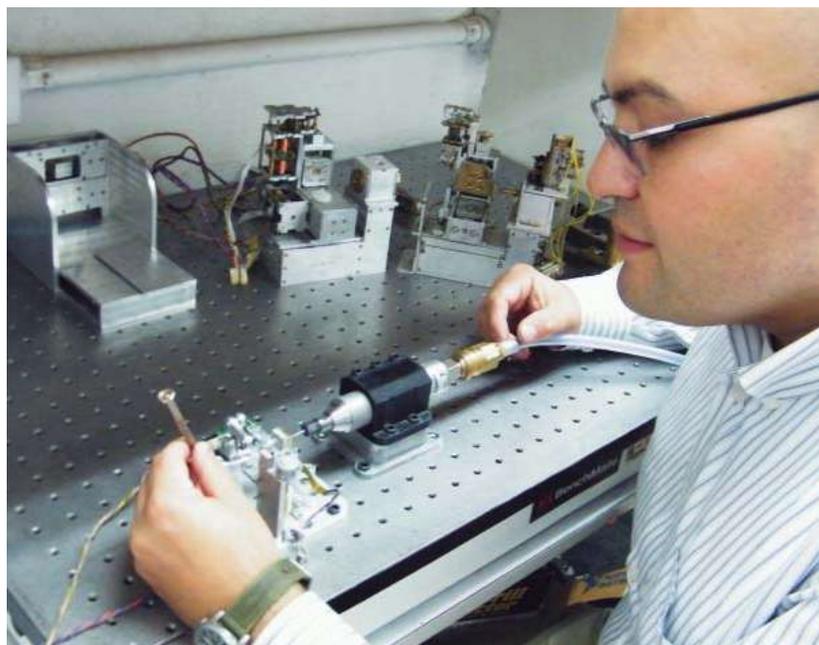


Algunos integrantes del grupo de Micromecánica y Mecatrónica, 2003

la propuesta en forma presencial, ante la comisión de evaluación en las instalaciones del CONACyT. Sin embargo, en los resultados finales la propuesta no fue favorecida.

A pesar de la respuesta desfavorable por parte del CONACyT, la Administración Central de la UNAM, en particular la Rectoría y la Secretaría General, encabezadas en ese entonces por el Dr. José Narro Robles y el Dr. Sergio Manuel Alcocer Martínez de Castro, respectivamente, en 2010 revisaron el proyecto y deciden apoyarlo con recursos económicos que permitieron el inicio de actividades ligadas al diseño y la manufactura avanzada. Al ser una propuesta

apoyada de manera exclusiva con recursos de la UNAM pasó de ser un Laboratorio Nacional a un Laboratorio Universitario, cuyo nombre oficial fue “Laboratorio Universitario de Ingeniería de Diseño y Manufactura Avanzada” (LUIDIMA), con el objetivo principal de ofrecer capacidades intelectuales y de infraestructura única en la UNAM, en temas de diseño mecánico, manufactura, metrología, mecatrónica, entre otras, con el fin de fortalecer la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico atendiendo necesidades del sector académico, público, social y privado. Una de las filosofías del LUIDIMA fue la compra de infraestructura única en la UNAM para atender necesidades nacionales.



Micromáquinas herramienta desarrolladas hasta 2012

De acuerdo a la administración del CCADET, el recurso otorgado por la Rectoría se destinó a diferentes aspectos, entre los que destacan; la actualización de una máquina de medición por coordenadas con la que cuenta el Grupo de Ingeniería de Precisión y Metrología; la compra de tornos de control numérico, una máquina de corte por chorro de agua de 5 ejes y un transformador central, que daba servicio a todo el CCADET, así como obras civiles.

En lo que respecta al impulso a tecnologías de manufactura avanzada, se destinó una parte de la inversión a la compra de dos equipos de manufactura aditiva que utilizan los procesos de manufactura aditiva de extrusión de material y de inyección de material. Uno de los aspectos que permitieron la adquisición de infraestructura fueron las gestiones que realizamos con las compañías, resaltando el uso que se le daría a los equipos para la

formación de recursos humanos y la investigación, lo que concluyó en beneficios (descuentos) por aproximadamente \$500,000.00 dólares.



Primeros equipos de manufactura aditiva que formaron parte del LUIDIMA (2010)

Con los equipos antes mencionados, el GMM integró dentro de sus líneas de trabajo el área de la manufactura aditiva, con una perspectiva del estudio de los procesos y el desarrollo de aplicaciones, así como el apoyo a otras dependencias de la UNAM e instituciones externas, en forma de colaboración en el desarrollo de proyectos y la prestación de servicios. Dentro de los temas que se generaron y potenciaron con la llegada de los equipos está el desarrollo de partes para mecanismos de microposicionamiento empleados en micromáquinas herramienta, el desarrollo de partes para sistemas de microposicionamiento aplicados en sistemas de registro de actividad neuronal en ratas y en el desarrollo de un

proceso para la fabricación de implantes de polimetilmetacrilato (PMMA). Así mismo, se incrementaron las vinculaciones con grupos de investigación y desarrollo tecnológico como el Instituto de Ingeniería y la Facultad de Ingeniería de la propia UNAM, la Universidad Autónoma de Yucatán y el Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga”, entre otros.

La necesidad de caracterización de procesos en el Área de Manufactura Aditiva mediante pruebas no destructivas dio cabida, en el año 2013, a una propuesta que entre otros beneficios, impactaría también a la visualización de ejemplares biológicos, geológicos, de ingeniería, etc., para lo cual consultamos al interior de varias dependencias de la UNAM la aplicación y el uso que podría tener un equipo de tomografía por Rayos “X” de alta resolución. Después de varias reuniones de trabajo, se detectaron las múltiples aplicaciones de estos equipos en áreas como la ingeniería, la geología, la biología, las ciencias del mar, entre otras. Ante este potencial, uno de nosotros participó en la Convocatoria de Infraestructura de CONACyT en ese año, con el fin de adquirir un equipo de Tomografía Computarizada por rayos “X” para el desarrollo de pruebas no destructivas, aplicadas a caracterización de procesos de manufactura aditiva y compartir esta tecnología con otras dependencias de la UNAM y el exterior para apoyar actividades de inspección, estudio de estructuras internas en objetos, restauración, preservación, entre otras. Afortunadamente, el CONACyT apoyó la propuesta y, gracias a un apoyo concurrente por parte de la Coordinación de la Investigación Científica, se adquirió el equipo de tomografía computarizada por rayos “X” de uso industrial, que permite obtener tomografías de alta resolución.

Ya bajo la gestión como Director del Dr. Rodolfo Zanella Specia, en 2014, se sometió al CONACyT una nueva propuesta de infraestructura, con el fin de fortalecer la áreas de Manufactura Aditiva y adquirir equipos de Digitalización 3D, que son importantes



Arribo del equipo de tomografía computarizada al CCADET, 2013

para la caracterización de superficies en objetos. La propuesta fue aprobada por el CONACyT y, con los recursos otorgados, se actualizó el equipo de manufactura aditiva por inyección de material, por uno más eficiente en consumos y con características de color durante la manufactura, así como también operar con mezclas de hasta tres materiales simultáneos en una sola construcción. Otro equipo que se adquirió fue uno de moldeo por vacío que permite la manufactura de piezas con moldes de silicón, para emplear materiales no compatibles con los procesos de manufactura aditiva. Se adquieren equipos de manufactura aditiva de bajo costo para brindar sin costo (cubriendo únicamente los costos de materiales) acceso a los alumnos. Con este apoyo también se adquieren dos equipos de digitalización: uno de ellos basados en láser que permite obtener una precisión de digitalización de hasta 50  $\mu\text{m}$  y otro con

principio de funcionamiento basado en luz, estructura que permite digitalizar superficies con sus propiedades de color.

Con los dos apoyos antes mencionados crecieron las capacidades del laboratorio, que le permitieron participar en proyectos con otras dependencias e instituciones como, por ejemplo: Con el Instituto de Geología se participa en la digitalización de suelos y digitalización de fósiles; se participa en un proyecto de la Escuela Nacional de Restauración y Museografía del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), para restauración de dos campanas que fueron robadas y recuperadas en partes en la población de Montemorelos, en el municipio de Escobedo N.L.; con el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología se participó en la digitalización de huellas de animales prehistóricos, en la comunidad de San Juan Raya en el estado de Puebla; entre muchos otros.

En el año 2014, en la Convocatoria de Laboratorios Nacionales del CONACyT, uno de nosotros (Leopoldo Ruiz) participó como responsable con una nueva propuesta enfocada en Tecnologías de Manufactura Aditiva. Con el fin de darle un carácter nacional al laboratorio se invitaron a diferentes instituciones para participar en el proyecto. Las instituciones participantes fueron el Tecnológico de Monterrey, el Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga” y la Universidad Autónoma de Yucatán. A estas instituciones se sumó el invaluable apoyo de las dependencias UNAM, a saber, los Institutos de Ciencias del Mar y Limnología, Biología e Ingeniería, así como de la Facultad de Ingeniería. Para esta convocatoria, la UNAM aportó todos los concurrentes solicitados por el CONACyT para el desarrollo del proyecto. En abril de ese año, el CONACyT publica los resultados donde el proyecto “Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva, digitalización 3D y Tomografía Computarizada” (MADiT) fue aprobado. Con el apoyo otorgado se incrementó la infraestructura del laboratorio en tecnologías de manufactura aditiva en metales,

biomateriales y resinas fotopolimerizables; así mismo, se adquirió un sistema de cromatografía de gases-masas con polarizador para la caracterización de polímeros.

Durante el año 2016 se participa nuevamente en la convocatoria de Laboratorios Nacionales, en esa ocasión para consolidar el MADiT, y donde aparecen dos figuras diferentes dentro de la convocatoria: instituciones asociadas e instituciones participantes. Las instituciones participantes con fondos concurrentes fueron la UNAM y el Tecnológico de Monterrey. Las instituciones asociadas fueron: el Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga”; la Universidad Autónoma de Yucatán; el CIATEQ-Centro de Tecnología Avanzada, A. C., en Lerma; el INAH a través de su Escuela Nacional de Conservación Restauración y Museografía; y la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. El recurso fue utilizado en la adquisición de equipo de manufactura aditiva con láser para polvos poliméricos. Con esta convocatoria se estableció la sede del Laboratorio Nacional MADiT en las instalaciones del Tecnológico de Monterrey, ubicadas en el Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT), en Apodaca, Nuevo León, con infraestructura en manufactura aditiva con metales, polímeros y resinas fotopolimerizables; así como equipos de caracterización.

En ese año se llevó a cabo la primera Reunión Nacional de Manufactura Aditiva 2016, como un foro abierto a académicos, industriales y público en general, cuyo objetivo fue dar a conocer los proyectos que se estaban desarrollando en diferentes instituciones del ámbito nacional e internacional. El evento se llevó a cabo del 7 al 9 de junio y contó con la participación de 15 ponentes de las siguientes instituciones: Universidad Nacional Autónoma de México, Tecnológico de Monterrey, Universidad Autónoma de Yucatán, Northern Illinois University, Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI), Universidad Autónoma de San Luis Potosí

y las compañías METALSA y FRISA. Los temas tratados en dicha reunión se encaminaron a temas de biomateriales en manufactura aditiva, aplicaciones de manufactura aditiva en el área biomédica, manufactura aditiva con metales y aplicaciones industriales. El evento contó con la participación de 110 asistentes.

En el año 2017, el MADiT participa nuevamente ante el CONACyT por apoyo para la consolidación fase 2. En ese año las instituciones asociadas fueron el Tecnológico de Monterrey quien recibe el 40% de dichos recursos del CONACyT, el Centro de Diseño, Cine y Televisión que recibe del fondo el 14% y la UNAM que recibe el 46% de los recursos del CONACyT. A las instituciones participantes se sumaron la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV)-Querétaro, del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y el Laboratorio Nacional de Proyección Térmica. El recurso se utilizó en la actualización del equipo de Tomografía Computarizada y equipos específicos de ensayos mecánicos para manufactura aditiva.

Ese mismo año, se llevó a cabo la segunda edición de la Reunión Nacional de Manufactura Aditiva 2017. Su principal objetivo fue la de realizar un seminario de entrada libre en las áreas de Manufactura Aditiva, Digitalización 3D y Tomografía Computarizada, dirigido a la comunidad académica, industrial y al público en general, con el fin de compartir con los asistentes los logros y retos en el campo de manufactura aditiva en términos de materiales, procesos y caracterización. Asimismo, se realizaron reuniones de trabajo entre los ponentes del seminario y los miembros del Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva, Digitalización 3D y Tomografía Computarizada, para establecer estrategias para el desarrollo de proyectos conjuntos y formación de recursos humanos. El evento se llevó a cabo del 28 al 30 de marzo, en la Torre de Ingeniería ubicada en la Ciudad Universitaria, CDMX, con la presentación de 17 ponencias

dictadas por académicos especialistas en el área, provenientes de 6 instituciones internacionales: El Central European Institute of Technology, Brno, República Checa; la Fundación PRODINTEC de España; así como la Youngstown State University (en Ohio), la Universidad de Texas (en El Paso, Texas) y la Northern Illinois University (en Illinois), en Estados Unidos. Y de 7 instituciones nacionales: La UNAM a través del ICAT, la Universidad Autónoma de Nuevo León, el CINVESTAV-campus Juriquilla, el Tecnológico de Monterrey, la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y el Centro de Diseño, Cine y Televisión de CDMX. Los temas centrales de las ponencias estuvieron relacionados con temas de biomateriales y procesos de manufactura aditiva, manufactura aditiva en metales, simulación para procesos de manufactura aditiva, normatividad internacional en procesos de manufactura aditiva, caracterización de procesos de manufactura aditiva, entre otros.

Manteniendo su núcleo de instituciones asociadas y participantes, el MADiT ha continuado con su trayectoria de consolidación y reuniones nacionales durante las ediciones 2018 y 2019.

Dentro del impacto de este Laboratorio Nacional MADiT, en sus cortos seis años de formación y tres de operación, tras una amplia y lenta adecuación de espacios e instalaciones, se puede mencionar la transferencia a la industria de un proceso para la manufactura de implantes usando técnicas de manufactura aditiva; el Premio Nacional INAH a la mejor restauración de bienes muebles; Premio Paul Coremans por la restauración de dos campanas del pueblo de Escobedo, Montemorelos, en Nuevo León y ofreciendo a la sociedad mexicana el diseño y proceso de manufactura escalable de una careta de protección para el personal médico, que detonó la manufactura y entrega de más de 18 mil de estos elementos durante la pandemia de SARS-CoV-2 de 2020.



Ponentes y organizadores de la Reunión Nacional de Manufactura Aditiva 2018



Caretas desarrolladas para atender la contingencia SARS-CoV-2 de 2020

El Laboratorio Nacional desarrolla actividades de Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico relacionadas con la interacción material-proceso-aplicación, en temas de manufactura aditiva y en el desarrollo de aplicaciones, que utilicen este tipo de procesos de manufactura. También se está incursionando en el desarrollo de actuadores blandos aplicados al desarrollo de simuladores de sistemas biológicos y sistemas de registro de actividad neuronal en animales pequeños.

En este lapso de tiempo, este Laboratorio como referencia nacional, ha conseguido vincularse con las siguientes instituciones internacionales:

Institución	País	Participación
W. M. Keck Center for 3D Innovation, University of Texas, at El Paso	USA	Caracterización de elementos fabricados de manera aditiva e intercambio de estudiantes
Northern Illinois University	USA	Estrategias y desarrollo de procesos de diseño para manufactura aditiva en metales
Youngstone University	USA	Caracterización de partes y componentes
Ohio State University	USA	Bioaplicaciones y procesos de adhesión en metales
North of Texas University	USA	Procesos de manufactura y digitalización
PRODINTEC	España	Redes de cooperación y mapa de ruta de la manufactura aditiva en los siguientes 15 años
Central European Institute of Technology	República Checa	Deposición de hidrogeles y caracterización de compuestos cerámico-metal
Industrial and regional valorization of FoF Additive Manufacturing projects FoFAM	Países de la Unidad Europea	Mapa de ruta de manufactura aditiva en los siguientes 15 años
The Council for Scientific and Industrial Research (CSIR)	Sudáfrica	Caracterización y estrategias de manufactura aditiva para metales

Durante nuestra trayectoria por la dependencia, siempre hemos tenido presente la formación de recursos humanos, por lo que hemos participado impartiendo clases a nivel licenciatura y maestría. Así mismo, participamos activamente año con año, desde 1998, en el programa de “Jóvenes hacia la investigación”, lo que nos ha permitido experiencias muy gratificantes, sobre todo en los últimos años con los alumnos de las primeras generaciones que ya son profesionistas y que nos han buscado para mantener el contacto con nosotros. También participamos en la dirección de tesis, buscando siempre que el alumno tenga una formación integral en el campo de la ingeniería con proyectos que involucren la conceptualización, el diseño, la fabricación y/o implementación y la evaluación de diferentes dispositivos o técnicas. Lo anterior nos ha permitido formar a más de 50 estudiantes que abarcan los niveles de licenciatura, maestría y doctorado. Otro aspecto muy gratificante y que consideramos un reconocimiento a nuestra trayectoria, son las diversas invitaciones que hemos recibido para impartir conferencias sobre el trabajo que hemos desarrollado y que hemos tenido la oportunidad de presentar en muchos foros a nivel nacional e internacional.

Todos los apoyos económicos recibidos por parte del CONACyT, siempre se vieron respaldados en términos de inversión de capital humano, recursos económicos, legales y de instalaciones que proporcionaronal CCADET, la Coordinación de la Investigación Científica y la Rectoría, así como las autoridades de las instituciones asociadas y participantes.

Para finalizar, queremos externar nuestro más profundo agradecimiento y reconocimiento a todos los participantes que apoyaron desde un inicio el proyecto y aquellos que se sumaron en el camino, así como todo el recurso humano de estudiantes, académicos, personal administrativo y catedráticos, que han sido

parte de nuestro desarrollo desde aquel febrero de 1996, cuando esta aventura inició y que ha permitido que el proyecto nacional que hemos desarrollado tenga un alcance internacional.

# CCADET/ICAT: Oportunidad de aprendizaje, retos y satisfacciones

Lic. Nora Elia Reyes Rocafuerte

## La invitación que me ligó al CCADET

**D**espués de cursar la carrera de Lengua Inglesa en la Facultad de Idiomas de la Universidad Veracruzana (especialización, Traducción), en Xalapa, Veracruz, y de encontrarme laborando como profesora en dicha ciudad, alrededor del mes de mayo de 2007, un conocido en común nos presenta al Dr. Gabriel Ascanio y a mí. En ese tiempo, el Dr. Ascanio, investigador del entonces Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET), fungía como editor asociado de una revista de difusión científica editada por la UNAM, a través del CCADET (cuyo director era el Dr. José Manuel Saniger), llamada *Journal of Applied Research and Technology (JART)*, fungiendo como su editor en jefe el Dr. Felipe Lara Rosano.

JART, revista de acceso abierto, en ese entonces cuatrimestral, desde su creación en 2002 ha editado artículos sobre aplicaciones innovadoras, desarrollo de nuevas tecnologías y soluciones eficientes en las áreas de ingeniería, cómputo e investigación científica. Los trabajos publicados en ella (en aquel tiempo, de manera impresa y digital) describen investigación original, con resultados significativos basados en trabajo experimental, teórico y numérico.

El Dr. Ascanio, al tanto de mi formación, y requiriendo una persona que realizara la corrección de estilo en inglés de los artículos aceptados para publicación en JART, me invita a colaborar con la revista de manera remota, colaboración que da inicio en el verano de ese mismo año 2007.

Mi trabajo consistía en revisar cuidadosamente los trabajos que recibía por correo electrónico de la entonces asistente editorial de JART, Guadalupe Eslava, y regresárselos, ya corregidos, por vía electrónica de nuevo.

Hasta antes de esa colaboración, mi experiencia en traducción y corrección de estilo se había centrado, principalmente, en textos de carácter informativo. Era la primera vez que iba a enfocarme totalmente en textos técnicos, lo cual me causaba el natural nerviosismo que provoca el embarcarse en una nueva empresa, así como el estar consciente de la responsabilidad que implica el trabajar en una revista que ostenta el nombre de la UNAM, la máxima casa de estudios de México. De manera que, a la par de mi labor como docente, llevé a cabo de la manera más concienzuda posible mi labor de corrección de estilo para JART, lo cual requería de mi parte esfuerzo y desvelos para poder cumplir con los compromisos con mis estudiantes, así como con la revista pero, a la

vez, me permitía conocer de manera más profunda el campo de la corrección de estilo de textos científicos. Poco a poco me familiaricé con un coctel de terminología técnica de diversos campos (diversidad que me causaba inquietud al principio de mi colaboración), pero a la postre, a fuerza de práctica y estudio, adquirí experiencia, y con ella, seguridad para realizar mi trabajo. Así se generó en mí el interés por el trabajo editorial junto con conocimiento sobre el proceso editorial de una publicación arbitrada.

Para el verano de 2008, me mudé a la actual Ciudad de México por motivos personales; atrás quedó una vida y la carrera en la docencia. Coincidentemente con esta mudanza, la asistente editorial de JART decide retirarse de la revista a causa de otros compromisos. Como consecuencia de lo anterior, recibo la invitación a tomar el puesto vacante, la cual gustosamente acepto y realizo, aunado a mi trabajo de corrección de estilo de los artículos. Mis nuevas responsabilidades como asistente editorial consistían en mantener contacto con los autores; recibir sus manuscritos; enviarlos a los editores, quienes decidían quién los arbitraría; mandar las invitaciones a dichas personas para evaluación de los trabajos, así como recordatorios de la entrega de los mismos; recibir los refereos; y enviar los manuscritos a formación de galeras (en ese entonces a cargo de las D. G. Yolanda García y Libia Eslava). A medida que conocí más a detalle cada etapa del proceso editorial, empecé a detectar áreas de oportunidad en las mismas y a proponer a los editores nuevas etapas, o giros en ellas, además de ajustes en los procedimientos para optimizarlos; propuestas que los editores amablemente apoyaron, lo cual me aportó más experticia en lo que al trabajo editorial se refiere.

Al paso del tiempo, en 2012, era tal la cantidad de trabajos que la revista recibía y procesaba que hubo necesidad de ampliar la periodicidad, convirtiéndose en una publicación bimestral. Por la misma razón, el equipo de colaboradores (del cual también

formaba parte el maestro Jesús Ramírez, encargado de la impresión de los ejemplares en papel; la licenciada Iris Flores, responsable de los trámites ante CONACyT, entre otros; y la licenciada Rosalba Juárez, *webmaster* del sitio en Internet de JART), creció también. Además, se integran a la estructura organizacional la figura de editor temático (uno para cada una de las áreas que forman parte de JART) y el licenciado Elías Cornejo, convirtiéndose este último en el nuevo asistente editorial de la revista, mientras a mí se me nombra coordinadora del proceso editorial, papel que sigo desempeñando actualmente. A grandes rasgos, esta nueva encomienda involucraba supervisar que cada etapa del proceso editorial se llevara a cabo, estar en constante contacto con las diferentes personas involucradas en las distintas etapas de éste, para que el flujo editorial fuera el adecuado, entre otros. Junto con las nuevas funciones, he seguido realizando la corrección de estilo hasta la fecha.

No han sido pocos los retos que ha enfrentado la revista a lo largo de su historia; sin embargo, el equipo de trabajo continúa reinventándose. Cada logro y cada reto se convierten en aprendizaje; aprendizaje que los miembros del equipo aplican con entrega y dedicación para implementar estrategias y acciones que encaminen hacia nuevos éxitos y soluciones para las áreas de oportunidad, por lo que se puede vislumbrar que JART seguirá en el proceso de mejora y crecimiento constante.

### ***Un giro inesperado, importante y de gran responsabilidad***

Inmersa en mi labor con JART transcurre el tiempo hasta llegar a 2013. Ese año fue de mucha relevancia para el Centro (y aunque yo no lo sabía, también para mí lo sería) ya que se llevaría a cabo la elección del nuevo director de la dependencia. Es así como en diciembre, el Dr. Rodolfo Zanella Specia, hasta ese momento Secretario Académico del CCADET, es designado como nuevo director para el periodo 2013-2017.

En consonancia con las tareas sustantivas de la UNAM, entre las que se encuentra la difusión de la cultura, dentro del plan de desarrollo que el Dr. Zanella propone a la comunidad académica del Centro y a las autoridades universitarias, incluye como una de las prioridades mejorar el posicionamiento del CCADET entre las dependencias de la UNAM, otras universidades y el público en general, mediante la difusión efectiva del conocimiento y los desarrollos tecnológicos producidos en el Centro.

Pero, ¿por qué la Universidad y, en consecuencia, sus dependencias dedicadas a la investigación y/o desarrollo tecnológico, como el antes CCADET, asignan tal importancia a la difusión y divulgación de temas y proyectos relacionados con el quehacer que se lleva a cabo en su interior? Por un lado, porque la misión principal de las universidades es educar. Esa misión conlleva a la responsabilidad, por parte de las instituciones en las que se efectúan actividades relacionadas con ciencia y tecnología, de acercar al público no especializado, de “distribuir” de modo amigable el conocimiento (que en ocasiones se queda encerrado dentro de las paredes de los laboratorios) hacia la comunidad en general, para darles a sus miembros los medios para comprender cómo funciona el mundo, así como en qué forma la ciencia y la tecnología pueden mejorar la vida de la sociedad, e incentivar de esa manera su interés y participación en las áreas STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas).

Otras razones son que esa responsabilidad puede también interpretarse como obligación, pues es la propia sociedad la que financia la actividad científica y de desarrollo tecnológico; por lo anterior, es primordial que conozca los resultados generados en institutos y centros de investigación y/o desarrollo tecnológico para fomentar su apoyo continuo hacia estas actividades. Además, dar a conocer los resultados obtenidos y proyectos de trabajo puede potencialmente atraer desde colaboraciones y recursos humanos

para formar, hasta el interés por vincularse por parte de empresas y otros organismos. Por supuesto, estas son solo algunas de las razones que avalan la importancia de las acciones de difusión y divulgación en una institución.

Debido a lo expuesto líneas arriba, el plan de desarrollo del Dr. Rodolfo Zanella planteó la estrategia de promover la difusión a nivel nacional e internacional del quehacer y conocimiento que se genera en la dependencia, por medio de acciones tales como crear una Unidad de Divulgación de las Actividades Científicas y Tecnológicas del CCADET, que se encargase de aumentar la proyección y visibilidad del Centro al interior de la Universidad y, especialmente, fuera de ella. Las encomiendas de esta unidad serían la de coordinar los esfuerzos de la plantilla académica de la dependencia para difundir al público, en general, las actividades científicas y tecnológicas que se desarrollan en el CCADET, además de divulgar temas relacionados con sus áreas, así como dar a conocer las capacidades y los servicios que prestasen los entonces nuevos Laboratorios Universitarios; coordinar las actividades de esta nueva unidad con la Coordinación de Vinculación (actual Secretaría de Vinculación), a fin de reorganizar los esfuerzos encaminados a la difusión del Centro ante los sectores público y privado, con el objetivo de incrementar los ingresos extraordinarios; reestructurar y actualizar constantemente el sitio *web* de la dependencia, a fin de hacerlo más informativo y convertirlo en una plataforma de difusión de las actividades que se realizan de manera cotidiana en el CCADET; difundir en redes sociales las noticias, eventos y actividades científicas y tecnológicas relevantes efectuadas en el Centro, para fortalecer el posicionamiento de la dependencia ante los sectores mencionados anteriormente; y fomentar la participación de la comunidad académica de la dependencia en los diferentes espacios que tiene disponibles la UNAM en prensa, radio y televisión, para dar a conocer a la sociedad en general los proyectos más relevantes del CCADET.

Adicionalmente, en el plan de desarrollo del Centro, el Dr. Zanella propone que, una vez creada esta coordinación, sería responsabilidad del o la titular, y del cuerpo académico, implementar las acciones planteadas para incrementar el posicionamiento y visibilidad del CCADET. Los indicadores establecidos en dicho documento para evaluar el cumplimiento de este reto serían el número y la calidad de los eventos de difusión y de divulgación realizados anualmente, el número de seguidores de la dependencia en redes sociales, así como la frecuencia con que fuese actualizado el sitio *web* del Centro.

Aunado a los puntos anteriores, dentro del plan de desarrollo se estableció que la creación de la coordinación sería tarea de la Dirección. Es así como el Dr. Zanella, en su carácter de nuevo Director del Centro, me ofrece la oportunidad de estar a cargo de la recién generada unidad, en un inicio llamada Coordinación de Divulgación de las Actividades Científicas y Tecnológicas del CCADET, actualmente nombrada Coordinación de Difusión y Divulgación; oportunidad que después de cavilarla un poco, acepto sintiéndome honrada, agradecida (pues el Dr. Zanella apoya mi petición de llevar a cabo esa encomienda sin abandonar mis compromisos con JART) y con la firme convicción de esforzarme en cumplir mi labor cabal y comprometidamente.

Para lo mencionado anteriormente, pongo manos a la obra prontamente, no sin cierta incertidumbre acerca de lo que este nuevo proyecto laboral traería consigo, pero con entusiasmo. Las vacaciones decembrinas fueron muy útiles para adentrarme en literatura sobre el tema de la difusión y divulgación en las áreas de ciencia y tecnología, lo cual fue de gran utilidad para encuadrarlo, reflexionar sobre ello y aterrizar en acciones a implementar en el inicio, entre las que puedo mencionar la realización de un análisis de las necesidades inmediatas en cuestión de difusión y divulgación del Centro, junto con un *benchmarking* de dependencias firmemente

posicionadas y evaluación de recursos disponibles para la nueva coordinación, entre otras. A partir de ahí, elaboré un plan inicial de trabajo que a lo largo del tiempo, y con la experiencia, capacitación y estudio, ha adquirido robustez.

### **Entonces, ¿Qué hago al interior de la Coordinación de Difusión y Divulgación del antes CCADET, ahora ICAT?**

Entre las actividades que realizo como titular de la Coordinación, se encuentran, por mencionar algunas:

- ♦ Captar y canalizar a Agenda UNAM semanalmente solicitudes de difusión de eventos de índole diversa en los que está involucrado el Instituto;
- ♦ Hacer llegar oportunamente información a medios de comunicación sobre proyectos, resultados de estos, actividades y acontecimientos relevantes relacionados con la comunidad del ICAT, con el objetivo de promover entrevistas que generen notas sobre el Instituto;
- ♦ Fungir como enlace entre medios de comunicación que solicitan entrevistas a personas de la plantilla académica, además de coordinar y dar seguimiento a las mismas;
- ♦ Gestionar coberturas de eventos y acontecimientos importantes en los que está involucrado el Centro;

*Difusión del quehacer de la dependencia:*



Participación en eventos varios, e. j., la 3ra. Feria Multidisciplinaria de Emprendedores

♦ Difundir las actividades de diferente naturaleza, así como acontecimientos importantes del ICAT y su comunidad en redes sociales de la dependencia (Twitter, Facebook, YouTube, Instagram y LinkedIn), por correo al interior del ICAT y a dependencias dentro de la Universidad y otras instituciones, organismos o sociedades;

♦ Planear, organizar y/o coordinar eventos institucionales tales como Jornada de Puertas Abiertas;

*Organización y colaboración en actividades varias:*



Organización de Jornada de Puertas Abiertas anual

**¿CONOCES ESTE GRUPO DEL ICAT?**



**ACÚSTICA Y VIBRACIONES**

Fundado en 1981, es reconocido dentro del campo de su especialidad, tanto en la Ciudad de México, como a nivel nacional e internacional.

El Laboratorio de Acústica y Vibraciones, creado en 1987, cuenta con infraestructura y equipamiento que son únicos en México y en la mayor parte de Latinoamérica.

Líneas de investigación:

- Instrumentación acústica
- Mediciones acústicas
- Procesamiento de señales
- Acústica no lineal
- Acústica musical



Elaboración de material para difusión digital



Organización del concurso para el diseño del logotipo del ICAT



Participación como maestra de ceremonias

- ♦ Planear, organizar y/o coordinar la participación de la dependencia en eventos externos de difusión y divulgación, como pueden ser ferias, exhibiciones, charlas;
- ♦ Planear y gestionar la producción de video y fotografía de eventos, acontecimientos, miembros de la comunidad, infraestructura, entre otros;
- ♦ En ocasiones, registrar fotografías y/o video;
- ♦ Planificar y gestionar la producción, o producir, material digital e impreso para difusión o divulgación, como por ejemplo, *banners*, carteles, imágenes para redes sociales (tales como infografías e ilustraciones), folletería, promocionales (playeras, tazas, separadores) y otro tipo de contenido para redes sociales o página *web*;
- ♦ En coordinación con la Unidad de Cómputo, actualizar el contenido de la página web del ICAT;
- ♦ Traducir al inglés parte del contenido de dicha página;
- ♦ Revisar y corregir el estilo de documentos institucionales;
- ♦ Difundir al interior de la comunidad del Centro, por medio de correo electrónico o colocando carteles recibidos, así como a través de las redes sociales institucionales, eventos y actividades de otras dependencias de la UNAM, o de instituciones u organismos externos;

Divulgación de la ciencia y la tecnología:



Coordinación de la participación de la dependencia en eventos de divulgación: Noche de las Estrellas (IA-UNAM)



Coordinación de la participación de la dependencia en eventos de divulgación: Fiesta de las Ciencias y las Humanidades (DGDC-UNAM)

**Enseñando el cobre**

Dúctil Barato Buen conductor

Maleable Ligero Resiste a la corrosión

Principales usos del cobre

Fuente: Dra. América Vázquez O., Grupo de Sistemas Híbridos y Nanoespectroscopía

Elaboración de infografías.

- ♦ Apoyar a personal académico en actividades en cuya organización participan; y,
- ♦ Coordinar el proceso editorial del *Journal of Applied Research and Technology* (JART), junto con la corrección de estilo de los manuscritos aceptados.

## Avances, retos y futuro de la Coordinación de Difusión y Divulgación

Si bien, como es natural, me enfrento a retos al llevar a cabo mi labor, entre los que se pueden mencionar la limitación de recursos económicos o humanos (lo cual es común no sólo en mi área), las satisfacciones que esta labor me ha aportado han sido mayores. Entre ellas puedo contar la consecución de logros y objetivos, algunos de los cuales mencionaré más adelante; la adquisición de nuevos conocimientos, habilidades y actitudes; el fortalecimiento de algunos con los que ya contaba; y el acercarme y conocer a personas, de diversas áreas del Instituto y la Universidad.

Entre los avances que se han logrado a partir de la creación de la Coordinación de Difusión y Divulgación del ICAT, en 2014, en materia de difusión y divulgación están los relacionados con la aplicación tanto de estrategias de tipo *online* como *offline*.

El énfasis se ha puesto especialmente en estrategias de tipo online enfocadas en redes sociales, por ser este un recurso de costo cero, con un gran potencial de alcance y que tiene una contundente influencia en el posicionamiento de una marca, empresa o institución; dentro de los resultados en motores de búsqueda y en la diseminación de su información. Entre las estrategias de este tipo implementadas por la Coordinación en el Instituto se pueden mencionar la creación de una página institucional en Facebook a partir de una biografía ya existente del entonces CCADET, la cual contaba con 67 seguidores. Fue un gran reto empezar desde cero dicha página institucional en términos de seguidores, contenido y posicionamiento; sin embargo, a la fecha ya tiene 7,079 seguidores, cantidad que sigue aumentando junto con la variedad de contenido y *engagement*, lo cual es muy grato.

Al inicio de la gestión de la Coordinación, el CCADET de aquellos tiempos tenía un perfil en Twitter con nula actividad y una base de aproximadamente 230 seguidores; al igual que con la nueva página institucional en Facebook, se logró darle movimiento e incrementar el número de seguidores cuyo número es de 6,717 actualmente.

Otra acción realizada que ha aportado más visibilidad al quehacer del ahora ICAT, es la apertura del canal oficial de YouTube, una cuenta en LinkedIn, así como un perfil en Instagram, cuya cantidad de seguidores, a paso más lento, pero constante, continúa creciendo. Las estrategias *online* que han coadyuvado a obtener muy buenos resultados en las redes sociales institucionales, de manera general, son el uso, y selección cuidadosa, de palabras claves y *hashtags*, títulos, URLs, llamadas a la acción y etiquetas; la generación de material visual más atractivo con ayuda de herramientas de diseño gratuitas; la invitación para personal académico a colaborar en la generación de contenidos para publicaciones periódicas (a partir de ahí han surgido secciones en redes sociales que han gustado mucho como *Mujeres que hacen Ciencia y Tecnología en el ICAT*, *Cápsulas Electrónicas*, *TBT ICAT en los Medios*, *las y los Graduados ICAT*, *Serie Informativa sobre...y Conoce los Servicios que el ICAT tiene para ti*; el seguimiento, y colaboración, con otras *fanpages* institucionales.

En lo que a estrategias *offline* se refiere, la colaboración y participación constante, en actividades organizadas por otras dependencias de la UNAM, como la Dirección General de Divulgación de la Ciencia (DGDC), el Instituto de Geología, la Facultad de Contaduría y Administración, entre otras, ha generado frutos como el fortalecimiento de la colaboración con éstas, o generación de colaboraciones con nuevos entes y mayor visibilidad del trabajo realizado en el Instituto.

Ciertamente, aún hay mucho camino por recorrer y acciones que se podrían implementar por parte del área al frente de la cual me encuentro, que en ocasiones no es posible llevar a cabo por el modo multitarea en que funciona, con solo un elemento humano, normalmente; no obstante, los logros son visibles y constatan el acierto de su creación. La participación de la plantilla académica y de otras áreas del Instituto cada vez es más fuerte, sin ello no sería posible para la unidad realizar su función. Independientemente de quién se encuentre a cargo, es esa sinergia lo que permite su existencia y operación, así como vislumbrar nuevos, y cada vez más grandes, logros a futuro para la Coordinación de Difusión y Divulgación del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología.

# Algunas reminiscencias del CI/CCADET y la transformación del CCADET en el ICAT

Dr. Rodolfo Zanella

Director CCADET 2013-2018 y actual Director del ICAT

## Mis primeros recuerdos del Centro de Instrumentos

**M**i primera aproximación al entonces Centro de Instrumentos (CI) fue a principios de 1999, cuando siendo estudiante de la Maestría en Ingeniería Química de la Facultad de Química, mi asesor me sugirió cursar la materia de espectroscopía infrarroja y técnicas térmicas que impartía el Dr. José Manuel Saniger Blesa. Así es como llegué por primera vez al entonces Laboratorio de Química de Materiales, con el fin de tomar clases y realizar prácticas relacionadas con la materia.

Posteriormente, al estallar la huelga estudiantil en abril de 1999, dado que la Facultad de Química fue cerrada y el Centro de Instrumentos permanecía abierto, tanto el Dr. Saniger como el Dr. José Ocotlán Flores Flores me dieron la oportunidad de continuar con algunos experimentos de mi tesis de maestría, por lo que durante una buena parte de 1999 y principios del año 2000 continué asistiendo con cierta regularidad al CI, tiempo en el que tuve la oportunidad de conocer y convivir con algunos de sus académicos, principalmente del Laboratorio de Química de Materiales. Ese fue mi primer contacto con el CI.

## Mi incorporación al CCADET y mi vida académica hasta 2013

En septiembre del 2000, fui becado por CONACYT y la *Société Française d'Exportation des Ressources Éducatives* (SFERE) para realizar estudios de doctorado en la Universidad Pierre et Marie Curie en París. Hacia septiembre de 2003, a punto de concluir mis estudios de doctorado, y ante mi deseo de regresar a laborar a México, contacté a tres instituciones para conocer la posibilidad de incorporarme como investigador: al Instituto Mexicano del Petróleo, a la Facultad de Química y al Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET), estos últimos dos pertenecientes a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En el primero y en el último tuve respuestas positivas; en la Facultad de Química me respondieron que en ese momento no era su prioridad fortalecer el área de catálisis heterogénea (que es la disciplina en la que trabajo). Por diferentes circunstancias, que no tiene caso mencionar ahora, me incorporé al CCADET a partir de enero de 2004, primero como investigador posdoctoral; en ese entonces las becas posdoctorales las otorgaba directamente la Coordinación de la Investigación Científica (CIC), con contratos equivalentes al de investigador asociado C, bajo la tutoría del Dr. Saniger Blesa.



Integrantes del Laboratorio de Materiales y Sensores alrededor de 2006 y 2008



En 2006 obtuve una beca en el programa de Repatriación y Retención del CONACYT para continuar laborando en el grupo del Dr. Saniger Blesa y, finalmente, el 1° de marzo de 2006, me incorporé al CCADET formalmente como investigador asociado C, por artículo 51 del Estatuto del Personal Académico (EPA), ocupando la plaza que había liberado el Dr. Gianfranco Bisiacchi Giraldi, luego de su sensible fallecimiento.

No puedo ocultar que, cuando comencé a asistir al ya para entonces CCADET (como menciono líneas arriba en mi época de estudiante aún lo conocí como CI) en más de una ocasión me pregunté ¿Qué es exactamente lo que hacen aquí? Ya como académico en repetidas ocasiones escuché esa misma pregunta de varias personas, muchas veces de universitarios, inclusive en alguna ocasión me la hizo un colega vecino de la CUAED. No puedo ocultar tampoco que, en

más de una ocasión me costó trabajo dar una respuesta sencilla y adecuada. Tardé años en entender y poder explicar adecuadamente qué es lo que hacíamos y sobre todo en entender el valor y la trascendencia de una dependencia como el CCADET.

A partir de marzo de 2006, en que me incorporé al Centro como investigador asociado C, y hasta agosto de 2011, me dediqué exclusivamente a labores típicas de un investigador: investigación, docencia, formación de recursos humanos, difusión, divulgación y, en menor medida, al desarrollo tecnológico. En mayo de 2011 recibí dos noticias, que cambiaron mi estancia en el CCADET de manera significativa: la primera, que el cubículo que ocupaba en el Centro sería destruido pues el espacio que ocupaba sería utilizado como pasillo para acceder al nuevo ascensor que se instalaría en el Centro, como consecuencia de la construcción del tercer nivel en el edificio

principal; y la segunda, que el director del Centro me proponía ser el secretario académico, ya que el Dr. Gabriel Ascanio Gasca, quien entonces desempeñaba dicho cargo, había decidido realizar una estancia sabática. Esos dos sucesos cambiaron por completo mi vida académica en el CCADET/ICAT. De mi oficina en el primer piso, que comenzó a desmantelarse para dar paso al pasillo que ahora conduce al ascensor, me mudé directamente a la oficina de la Secretaría Académica del Centro; desde entonces, he combinado las labores administrativas con las de mi carrera académica, la que he intentado no dejar de lado, en primer lugar, porque me apasiona el tema en el que trabajo y, en segundo, pues tengo claro que la Universidad me contrató para ser investigador, que los cargos académico-administrativos son pasajeros, mientras que la carrera de investigador es permanente y por esa razón es importante no descuidarla.

Siendo secretario académico, ya en 2013, cuando se iniciaba el movimiento al interior del Centro para elegir un nuevo director, una colega muy apreciada se acercó a mí para comentarme que ella y otro grupo de colegas, con quienes posteriormente me entrevisté, querían proponerme como candidato a director del Centro. Inicialmente, decliné la propuesta, pero al final acepté participar, con la promesa de que sería, principalmente, para que hubiera suficientes candidatos internos para el proceso de auscultación y evitar que se nombrara a un director externo, lo que para algunos académicos representaba un posible retroceso en el proceso de consolidación del Centro, ya que existía el riesgo de que áreas de investigación y de desarrollo, que se habían definido en 2007, se dispersaran nuevamente. Dichos eventos probablemente sucedieron hacia finales de septiembre o principios de octubre de 2013. A partir de aceptar la candidatura, todo ocurrió de manera muy rápida; redacté un plan de trabajo con base en lo que yo había detectado como

áreas de oportunidad siendo secretario académico, así como en una serie de cuestionamientos que el Colegio del Personal Académico había solicitado que se abordaran en el documento para proponer la candidatura. Entre esos cuestionamientos se solicitaba que los candidatos manifestaran su opinión sobre la transformación del CCADET en un instituto de investigación, por lo que varias de mis propuestas y acciones estuvieron enfocadas a cumplir con ese sueño, que al parecer había sido largamente anhelado, al menos por una parte de la comunidad académica del CI y, posteriormente, del CCADET.

### ***Mi designación como director del CCADET a partir de diciembre de 2013***

Después de exponer mi proyecto de trabajo ante la comunidad académica del CCADET, el Dr. Carlos Arámburo de la Hoz y el Dr. José Narro Robles, en ese momento Coordinador de la Investigación Científica y Rector de la UNAM, respectivamente, el viernes 6 de diciembre de 2013 recibí, por la tarde/noche, la llamada del Dr. Arámburo comunicándome que había sido designado Director del CCADET para el periodo 2013-2017. Fue así como, después de asimilar la sorpresa e incluso la zozobra de lo que vendría, durante las vacaciones de invierno de 2013, comencé a delinear acciones para cumplir el plan de trabajo que había propuesto a la comunidad académica del Centro y a las autoridades universitarias, teniendo muy presente el compromiso que había realizado con la comunidad de evaluar la posibilidad de transformar al CCADET en un instituto de investigación. Así ha sido como, con el apoyo de la comunidad académica, y sobre todo con su esfuerzo y dedicación, de 2014 a la fecha se han obtenido importantes logros, entre ellos la tan anhelada transformación a Instituto, de los que hablaré líneas abajo.



Toma de posesión como director, el 8 de diciembre de 2013, en la fotografía aparecen José Manuel Saniger Blesa, Carlos Arámburo de la Hoz y Rodolfo Zanella Specia

### ***Los logros más importantes del CCADET/ICAT en el periodo 2014-2021***

De 2014 a la fecha, tiempo en que he tenido el privilegio de estar al frente del CCADET, y luego del ICAT, la comunidad académica ha mostrado una gran solidez y madurez académica, además de la apertura para llegar a acuerdos y discutir franca y abiertamente los temas que han causado polémica. A continuación, describiré los logros más importantes que se han tenido en el CCADET/ICAT a partir de 2014 que, es importante recalcar, son logros de toda

la comunidad, incluyendo académicos, estudiantes y del resto del personal (de confianza y de base) del Instituto, quienes han trabajado de manera comprometida y entusiasta.

El logro más importante, desde mi punto de vista, fue la transformación del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico en el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, ya que le confirió un estatus definitivo y permanente al Instituto dentro de la Universidad, además de que lo convierte en el referente en sus campos de estudio dentro de la misma.

El proceso de discusión, definición, toma de acuerdos y redacción del documento para ser presentado ante el Coordinador de la Investigación Científica se realizó a lo largo de 2016. Para ello, después de haber planteado a la comunidad académica la posibilidad real de la transformación del CCADET en un instituto de investigación, se crearon tres comisiones de discusión y análisis para tratar diferentes temas, a saber: el marco conceptual y el nombre del instituto, la estructura organizacional y el plan de desarrollo. Estas comisiones estuvieron conformadas por 21 académicos, en las que participaron los miembros del Consejo Interno y distinguidos académicos del CCADET, que fueron propuestos y convocados por el propio Consejo Interno. Cada una de las comisiones se reunió entre seis y ocho ocasiones de manera individual; se realizaron cuatro reuniones generales en las que participó la totalidad de los miembros de las comisiones y cinco reuniones plenarias a las que fue convocada la totalidad de los miembros de la comunidad académica, ya sea para presentar las conclusiones parciales o finales de las comisiones, escuchar sus puntos de vista o recibir

retroalimentación de su parte. De este ejercicio surgió el documento que fue avalado por el Consejo Interno del CCADET el 14 de diciembre de 2016 y que posteriormente, durante 2017 y el primer trimestre de 2018, fue presentado para su evaluación por las diferentes comisiones, que se mencionan líneas abajo. En mi opinión, dicho ejercicio de reflexión y de discusión al interior de la comunidad le dio una gran fortaleza y solidez al documento presentado, tanto al interior del Centro como hacia el exterior. Prueba de ello es que ninguno de los órganos colegiados que revisaron el documento hizo correcciones de fondo y realmente la mayoría de los comentarios recibidos fueron felicitaciones y, en algunos casos, cuestionamientos sobre la razón por la que se había esperado tanto tiempo en presentar la solicitud de transformación a instituto.

El documento de transformación fue analizado y aprobado por unanimidad por los siguientes comisiones y órganos colegiados: el Consejo Técnico de la Investigación Científica (CTIC), el Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico-Matemáticas



Aprobación de la transformación del CCADET en el ICAT por parte del Consejo Universitario el 22 de marzo de 2018. Fuente: Gaceta UNAM

y de las Ingenierías, el Consejo Académico del Área de las Ciencias Biológicas, Químicas y de la Salud, la Comisión de Trabajo Académico, la Comisión de Legislación Universitaria, ambas del Consejo Universitario y, finalmente, por el pleno del Consejo Universitario del 22 de marzo de 2018.

En los documentos de creación del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, se menciona que la Misión, Visión y Objetivos del ICAT serían los siguientes:

### Misión

Realizar investigación, desarrollo tecnológico, formación de profesionistas y difusión en los campos de:

- ◆ la instrumentación científica e industrial,
- ◆ las micro y nanotecnologías,
- ◆ las tecnologías fotónicas,
- ◆ las tecnologías de la información, y
- ◆ la educación en ciencia y tecnología.

Todo ello, con un enfoque multi e interdisciplinario, integrando las actividades de investigación y desarrollo tecnológico y buscando aplicar el conocimiento generado a la solución de problemas relevantes de nuestro entorno.

### Visión

Ser una entidad académica con reconocimiento nacional e internacional por:

- ◆ la calidad de sus investigaciones y el impacto de sus desarrollos tecnológicos;
- ◆ su compromiso con la formación de profesionistas de alta calidad, promoviendo un enfoque interdisciplinario;
- ◆ su actividad promotora de la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico, a través de proyectos multidisciplinarios e interdisciplinarios, con impacto en la solución de problemas

nacionales y globales; y

- ◆ su capacidad para vincularse con los sectores público, privado y social.

### Objetivos

- ❖ Realizar investigación, desarrollo tecnológico y formación de profesionistas de alta calidad en los campos de conocimiento enunciados en la Misión, para contribuir a la generación de conocimiento de frontera y a la solución de problemas de interés nacional.
- ❖ Promover entre sus académicos y estudiantes el trabajo interdisciplinario y orientado a la solución de problemas.
- ❖ Contribuir a la promoción del desarrollo tecnológico al interior de la UNAM mediante colaboraciones académicas con las entidades afines.
- ❖ Vincularse con los diferentes sectores de la sociedad para contribuir a la innovación tecnológica nacional.
- ❖ Proporcionar consultoría educativa, técnica y científica.
- ❖ Difundir y divulgar los conocimientos que genere el Instituto utilizando los medios de mayor calidad e impacto.<sup>1</sup>

Asimismo, se menciona que los campos del conocimiento en los que se enfocarían los esfuerzos académicos del instituto serían instrumentación científica e industrial, micro y nanotecnología, tecnologías fotónicas, tecnologías de la información y la enseñanza de la ciencia y tecnología. Por otra parte, las áreas prioritarias de aplicación del conocimiento generado serían salud, educación, medio ambiente y energía.

<sup>1</sup>Propuesta de Transformación del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico en el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT).

En lo que se refiere a la estructura organizacional, el Instituto contaría con cuatro secretarías: Académica, Administrativa, Técnica y de Vinculación y Gestión Tecnológica, así como con cuatro departamentos: Instrumentación Científica e Industrial; Micro y Nanotecnología; Óptica, Microondas y Acústica; Tecnologías de la Información y Procesos Educativos, así como varias coordinaciones, secciones y unidades de apoyo, ya sea de índole académico o administrativo.

A partir del segundo trimestre de 2018, el Instituto comenzó a funcionar con esta nueva estructura organizacional; desde entonces, se han realizado una serie de acciones de corte académico y administrativo para poner en práctica las propuestas del plan de trabajo para la creación del ICAT, siendo la más reciente la aprobación

por parte del CTIC, el pasado 12 de marzo de 2020, del Reglamento Interno del ICAT, lo que da certidumbre y propicia una mejor organización de los estructuras académicas, administrativas, las funciones del director, de los secretarios, los jefes de departamento académicos y administrativos, los jefes de las coordinaciones, unidades y secciones académicas o administrativas, así como de los diferentes procesos de designación y elección que se llevan a cabo al interior del Instituto, entre otros.

Con todas estas acciones, y con la participación decidida y entusiasta de su personal, tanto académico como administrativo, y de sus estudiantes, el ICAT se encamina a consolidarse como un referente en los campos del conocimiento que cultiva para seguir afianzando sus logros, que han sido numerosos y muy variados a lo largo de su



El ICAT en 2019

historia, y para alcanzar metas que generen nuevos logros que, sin duda, serán en beneficio de la sociedad mexicana.

Además de la transformación del CCADET en el ICAT, entre 2014 y 2021 ha habido otros logros importantes en el instituto, que aunados a los muchos y de muy diversa naturaleza que existían previamente, contribuyeron a que el expediente para la transformación del CCADET en el ICAT fuera sólido y bien fundamentado. Entre los logros en el periodo comprendido entre 2014 y el primer semestre de 2021 del CCADET/ICAT podrían destacarse los siguientes:

- La transferencia de *El Aula del Futuro* y el lanzamiento de la *Red Internacional de Aulas del Futuro*. Este es un proyecto interdisciplinario que propone y estudia el diseño de espacios educativos enriquecidos con tecnología (ver contribución de Fernando Gamboa<sup>†</sup> en esta misma obra). La pregunta educativa que trata de responder este proyecto es “¿Qué nuevas dinámicas se quieren propiciar en los alumnos a través de la integración de tecnología al aula y con qué fin?”, lo que ha llevado a los participantes a desarrollar propuestas de tecnología educativa innovadoras, con un impacto importante en los ámbitos nacional e internacional. El conocimiento adquirido en el proyecto ha permitido al ICAT participar en iniciativas de gran envergadura, tanto a nivel nacional como internacional, entre ellas la Red de Aulas del Futuro, en la que participan varias entidades de la UNAM; la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco; la Comisión de Derechos Humanos de la Ciudad de México; el Instituto Lux de León, Guanajuato (México); la Universidad de Poitiers (Francia); y la Universidad Tecnológica Metropolitana (Chile). La Red pone en comunicación a cerca de 1000 profesores que han seguido los programas de formación desarrollados en el ICAT e incluye una red de investigación, a la que se suman el *Open*

*Education Consortium* (EUA), la Universidad de la Rioja (España), el Tecnológico de Monterrey, la Universidad de Guadalajara, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (las tres en México) y la Universidad de Poitiers, anteriormente mencionada. Estos proyectos fueron liderados por el Dr. Fernando Gamboa Rodríguez<sup>†</sup> y ahora continuados por el grupo académico de Espacios y Sistemas Educativos para la Educación del Instituto.

- La consolidación de la Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico (UIDT) del ICAT en el Hospital General de México (HGM) “Dr. Eduardo Liceaga”, inaugurada en septiembre de 2013, como resultado del convenio de colaboración firmado por la UNAM y el HGM. El equipo multidisciplinario de esta unidad trabaja en varios proyectos de investigación ya protocolizados, y en otros más que se encuentran en proceso de protocolización.



El Aula del Futuro



Visita del Rector  
Enrique L. Graue a El Aula del Futuro en 2017



Ceremonia para el lanzamiento de la Red  
de Aulas del Futuro en noviembre de 2019

La labor de la Unidad ha generado un incremento del número de académicos del ICAT, que dedica una parte significativa de su trabajo a proyectos con la UIDT y un aumento de la visibilidad del trabajo del Instituto en el ámbito del HGM y de la salud, lo que ha generado un gran dinamismo en los trabajos que se realizan en colaboración entre el ICAT y el HGM.

- La creación y consolidación de la Coordinación de Difusión y Divulgación, que tiene como funciones la difusión y divulgación del conocimiento científico y tecnológico generado en el Instituto. La creación de esta Coordinación ha posicionado a la difusión y la divulgación como una actividad continua y de importancia entre los académicos del Instituto, lo que ha incrementado el número de acciones de difusión y de divulgación que se llevan a cabo, así como la cantidad y calidad de los eventos en los que participan los académicos del ICAT.

- La creación en 2014 del Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva y Digital (MADiT), que se ha convertido en un laboratorio líder en su campo en México y que cuenta con varios equipos de manufactura aditiva para polímeros termoplásticos, resinas fotopolimerizables, *vacuum* casting para resinas, impresión en metal, biomateriales; escáneres 3D, un equipo de manufactura aditiva por estereolitografía y un tomógrafo industrial computarizado, entre otros. Ha participado en proyectos relacionados con la preservación y restauración de patrimonio cultural, el desarrollo de sistemas estructurados para vuelos por globo, el desarrollo de instrumentación para sistemas aerodinámicos, así como proyectos relacionados con salud, como el desarrollo de implantes craneofaciales y aplicadores para braquiterapia y el de insumos para la protección del personal de salud, por mencionar algunos.



Algunas actividades en la UIDT en el Hospital General de México.  
Cortesía Enoch Gutiérrez con la colaboración de los miembros de la UIDT-HGM



Algunas acciones de divulgación al Interior del ICAT y fuera de él



Instalaciones del MADiT y visita inaugural del mismo por autoridades de la UNAM y del CONACYT

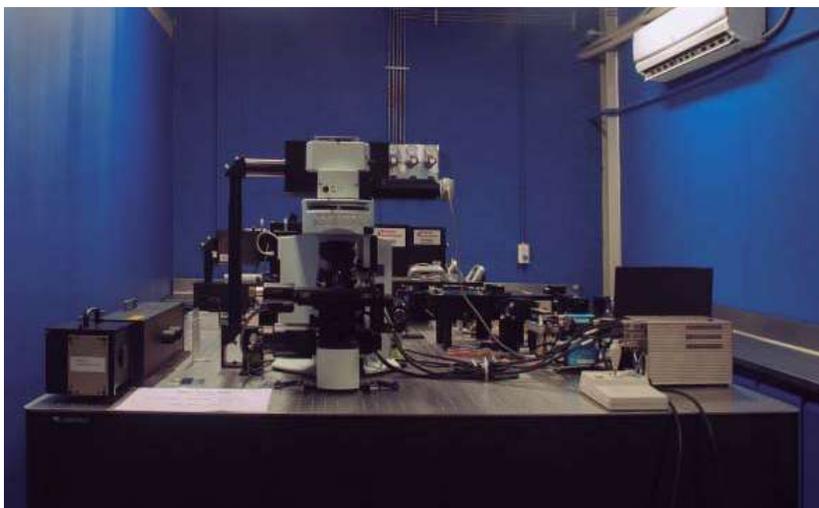


- La consolidación y fortalecimiento del Laboratorio Universitario de Caracterización Espectroscópica (LUCE) y del Laboratorio Universitario de Nanotecnología Ambiental (LUNA), creados entre 2012 y 2013 por iniciativa del Dr. José Manuel Saniger Blesa, entonces director del CCADET. Estos laboratorios tienen como objetivo apoyar el desarrollo científico y tecnológico, la docencia, la formación de recursos humanos de alta calidad y a la industria nacional mediante la prestación de servicios altamente especializados en sus áreas de especialidad. Durante este periodo, han prestado centenas de servicios especializados a grupos de investigación (incluyendo estudiantes, investigadores, profesores y técnicos académicos) de la UNAM, así como a otras instituciones y empresas del sector público y privado del país.

- El establecimiento de una Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico (UIDT) del ICAT en el Hospital General “Dr. Manuel Gea González”. En octubre de 2015 se firmó un convenio para

la creación de una nueva UIDT en dicho hospital, en la que hasta ahora se han realizado diferentes proyectos tales como el desarrollo de trócares para cirugía endoscópica, un sistema de visión por computadora para la evaluación de destrezas en cirugía, el desarrollo de suplementos proteicos para pacientes con obesidad sometidos a cirugía bariátrica, la medición de presión en conductos gástricos, el desarrollo de equipo de protección para médicos y enfermeras durante la emergencia sanitaria causada por el virus SARS-CoV-2, entre otros.

- El otorgamiento de alrededor de 15 patentes en México, Estados Unidos y Europa a favor de la UNAM; la transferencia de un proceso de manufactura para producir moldes para craneoplastia a la empresa Partes e Implantes Avanzados S. A. de C. V; la transferencia de tecnología del sistema *HepaScan*, que es útil para la detección del grado de fibrosis en hígado, al Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga”; además, actualmente se encuentra



Los Laboratorios Universitarios y alguna de su infraestructura. La Dra. Esther Mata operando uno de los equipos.

en proceso la transferencia de un dispositivo polimérico mejorado para toma de muestras infecciosas a una empresa mexicana. Asimismo, se creó la empresa de base tecnológica BlepsVision S.A. de C.V., *spin-off* surgida del ICAT, que con el apoyo del CONACYT pretende la comercialización de un topógrafo corneal portátil desarrollado en el Instituto. De igual modo, en el año 2019 se logró el lanzamiento a la estratósfera, por parte de la NASA, del módulo de carga útil EMIDSS-1 (*Experimental Module for Iterative Design for Satellite Subsystems*, versión 1), resultado de una colaboración entre el ICAT y el Centro de Desarrollo Aeroespacial (CDA) del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

- El grupo académico de Cognición y Didáctica de las Ciencias mantuvo una estrecha colaboración y vinculación con la Dirección General de Educación Indígena (DGEI) de la SEP, hasta finales de 2018, para el diseño, desarrollo y evaluación de una propuesta educativa y de materiales que promueven el aprendizaje de las ciencias en comunidades indígenas y migrantes. La propuesta educativa quedó plasmada en la producción de los libros de la serie *Ciencias Tecnologías y Narrativas de las Culturas Indígenas y Migrantes*, en dos bloques temáticos: *Colores y Sombras* y *Seres Vivos y Astronomía*. La serie cuenta con cuadernos para el alumno y libros para los docentes. Esta serie ha sido publicada por la Secretaría de Educación Pública (SEP) para todas las comunidades indígenas y migrantes del país.

- En el periodo 2014-2019 se ha observado un incremento en el número de artículos publicados, en el factor de impacto de las revistas en las que se publican dichos artículos, en el número de citas recibidas anualmente, en el número de cursos impartidos, en el número de tesis concluidas en todos los niveles académicos, en el número de actividades de difusión y de divulgación, lo que ha

estado acompañado de una importante renovación de la plantilla académica del instituto.

- El otorgamiento del Premio Universidad Nacional 2016 al Dr. Ernst Kussul, en el área de Innovación Tecnológica y Diseño Industrial, así como el otorgamiento de este mismo premio, pero en el área de Docencia en Ciencias Exactas, al Dr. José Rufino Díaz Uribe en 2019.

- Recientemente, varios grupos de investigación han trabajado, con gran éxito, en el desarrollo de insumos para atender la emergencia sanitaria causada por el virus SARS-COV-2, que causa la enfermedad COVID-19. Entre estos insumos se encuentran hisopos desarrollados por impresión 3D, oxímetros y caretas de protección. Además de que un grupo trabaja en el estudio para determinar el riesgo de la presencia de dicho virus en aguas residuales y uno más en el desarrollo de pruebas rápidas para la detección de dicho virus.

Cabe aclarar que, la lista de logros que se presenta líneas arriba para el periodo 2014-2021 no es extensiva, hay sin duda otros logros que han fortalecido al Instituto y han coadyuvado a su desarrollo y engrandecimiento; sin embargo, por cuestiones de espacio y brevedad solo se mencionan los más significativos.



Algunos desarrollos del ICAT: Hepascan, TOCO, implantes craneofaciales y módulo de carga útil EMIDSS-1



Materiales educativos para comunidades indígenas y migrantes desarrollados en el ICAT



Algunos miembros de la comunidad del ICAT en abril de 2019

# Antecedentes Históricos

Por: Clara Alvarado Zamorano

---

---

1971

---

---

❖ El 15 de diciembre, por acuerdo del Rector de la UNAM, Dr. Pablo González Casanova, se crea el Centro de Instrumentos (CI), como un centro de servicios, del que derivan el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) y el actual Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT). Queda adscrito al Subsistema de la Investigación Científica de la UNAM. Su creación es promovida por el Dr. Fernando Alba Andrade, Coordinador de la Investigación Científica.

## ***El 15 de diciembre se crea el Centro de Instrumentos***

Circular del Secretario General  
de la UNAM sobre el Acuerdo de Creación del CI

CIRCULAR Núm. 65  
Ciudad Universitaria, a 15 de diciembre de 1971.



SECRETARIA GENERAL

A los Directores de Facultades,  
Escuelas e Institutos, Directores Generales,  
Coordinadores y Jefes de Departamento de  
esta Universidad  
Presente

Envío a usted, para su conocimiento, el acuerdo de la  
creación del Centro de Instrumentos de la U.N.A.M.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
EL SECRETARIO GENERAL,

*el arroyo p. y ad...*  
Quím. Manuel Madrazo Gorgondeal.

---

# 1972

---

❖ En enero, el M. en C. Sergio Reyes Luján es designado primer Director del CI, permaneciendo en el cargo hasta el 15 de marzo de 1974.

❖ El CI se localiza inicialmente en unos cubículos del noveno piso de la Torre de Ciencias, actualmente Torre II de Humanidades, en Ciudad Universitaria.

❖ En febrero, el Rector somete a consideración del H. Consejo Universitario, el proyecto del Estatuto del Sistema de Universidad Abierta (SUA) de la UNAM, indicándose la colaboración del CI con el SUA.

❖ Se establece contratar al personal académico únicamente como técnicos académicos, ya que el CI es creado como un centro de servicios.

❖ Se conforma el Departamento de Mantenimiento para prestar servicios especializados en las áreas de Óptica, Electromecánica y Electrónica, a una amplia gama de instrumentos y equipos científicos y de enseñanza, tales como microscopios ópticos, balanzas analíticas, autoclaves, tránsitos, grabadoras de cinta, proyectores de cine y de transparencias, principalmente propiedad de la UNAM. El Ing. Amado Santiago Bachellé es nombrado Jefe de este Departamento.

❖ Se crean el Departamento de Diseño y Desarrollo (Mecánico y Electrónico), y el de Producción, para contribuir a resolver las carencias y elevados costos del equipo e instrumental científico y didáctico que adquiere la UNAM. Entre los primeros equipos

diseñados y contruidos se encuentran un reactor catalítico y una unidad refrigeradora especial, para la división de Estudios Superiores de la Facultad de Química; así como una cámara con humedad controlada para el Instituto de Biología.

❖ Con fecha 1° de agosto se contrata a los primeros técnicos académicos del CI, los Fís. José Luis Pérez Silva y Javier Sierra Vázquez.

❖ En septiembre, el CI se traslada a la planta baja del entonces Centro de Investigaciones en Materiales (actual Instituto de Investigaciones en Materiales), en el Circuito Exterior de Ciudad Universitaria, donde permanece hasta finales de 1974.

❖ A petición de la Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior (ANUIES), a través del Programa Nacional de Formación de Profesores, se establece un proyecto de colaboración para el desarrollo en el CI de un laboratorio modular de Física, a nivel medio superior que, a través de la Sociedad Mexicana de Física, sirviese para impartir cursos a profesores de Física de todo el país.

❖ A finales del año, el personal del CI lo integran 12 técnicos académicos especialistas en electrónica, mecánica y física, a nivel profesional, así como 8 obreros especializados en los talleres de mecánica, electrónica, montaje y carpintería; además de empleados administrativos.

***El CI se localiza en el 9° piso  
de la Torre de Ciencias***

# 1973

❖ Se establece el Departamento de Asesoría e Información Técnica, con su Biblioteca, para apoyar a la comunidad universitaria en la adquisición, instalación y manejo de equipo científico y técnico, así como en la tramitación de patentes. El Ing. Amado Santiago Bachellé lo encabeza.

❖ En junio se lleva a cabo en Orizaba, Ver., la V Feria de Ciencias durante el Congreso de la Sociedad Mexicana de Física, en la cual ya se exhibe parte del equipo que se diseña y construye en el CI. El principal promotor de la Feria, que desde 1969 organiza la Facultad de Ciencias, con la colaboración del CI, es el Dr. Luis Estrada, en ese entonces Jefe del Departamento de Ciencias de la Dirección General de Difusión Cultural y posteriormente miembro del personal académico del CI.

❖ Se elabora el inventario (proyecto INVENTARIO 1972-1973) de 13 817 equipos científicos y técnicos de Institutos, Centros, Facultades y Escuelas de la UNAM, con el patrocinio del CONACYT, para evaluar el estado físico y uso de equipos y aparatos para docencia, investigación y difusión cultural de las dependencias ubicadas en Ciudad Universitaria y determinar la necesidad de adquisición de nuevo equipo, haciéndose recomendaciones para su mejor aprovechamiento. Además, se elabora un calendario de mantenimiento y reparación de instrumentos y equipos, a fin de optimizar su uso y evitar duplicidades con el propósito de lograr importantes ahorros económicos.

❖ Con el patrocinio del CONACYT se elaboró el Diagnóstico de los Laboratorios y Talleres de Ciencias del Sistema de Enseñanza Media Superior.

❖ Se inicia la construcción de las instalaciones propias del CI en su sede actual, en el Circuito Exterior de Ciudad Universitaria.

❖ A finales del año laboran en el CI alrededor de 40 personas, entre personal académico y administrativo.



El M. en C. Héctor Domínguez (izquierda) y el M. en C. Sergio Reyes Luján (derecha) en la exhibición de equipo diseñado y fabricado en el CI

# 1974

❖ El 16 de marzo, toma posesión como Director, el Ing. Héctor del Castillo González, por acuerdo del Rector Dr. Guillermo Soberón Acevedo. Ocupa el cargo hasta el 18 de enero de 1981.

❖ El Conacyt otorga una beca por dos años al Fís. Manuel Estévez Kubli para estudiar la maestría en Ciencias, en el Departamento de Física de la Universidad de California, campus Santa Bárbara, en la modalidad de instrumentación científica; siendo el primer académico que sale al extranjero a realizar estudios de posgrado.

❖ Bajo la supervisión del CI se inicia la valoración de más de 700 000 bienes dados de baja del activo fijo del Patrimonio Universitario.

❖ Se informa que en el CI se han reparado más de mil equipos científicos.

❖ Se realizan los estudios técnicos, en coordinación con el Comité Unificador de Frecuencia de la Comisión Federal de Electricidad, para el Cambio de Frecuencia del suministro de energía eléctrica en Ciudad Universitaria. El Rector, Dr. Guillermo Soberón Acevedo, nombra al Ing. del Castillo, Director del CI, y al Ing. Guillermo Aguilar C., Secretario General de la Facultad de Ingeniería, como representantes de la UNAM ante dicho comité.

❖ En el último trimestre del año, el CI se traslada a sus propias y actuales instalaciones, en el Circuito Exterior de la Ciudad Universitaria, junto a la Coordinación de la Universidad Abierta y de la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico.

❖ Bajo el patrocinio del CONACyT, se elabora la Tipificación de un Laboratorio para la Enseñanza Experimental de Química (1973-1974) y la Tipificación de un Laboratorio para la Enseñanza Experimental de Biología (1973-1974), bajo la coordinación de los M. en C. María Eugenia Orozco y Luis Bojórquez, ambos profesores de la Facultad de Ciencias. Ambos proyectos consisten en el desarrollo de actividades y materiales didácticos.



Edificio original de dos niveles del Centro de Instrumentos

**En el CI se han reparado  
más de mil equipos científicos**

## 1975

❖ Con fecha 1° de enero se otorga a Clara Alvarado Zamorano, el nombramiento de primer técnico académico definitivo de género femenino del CI, luego de ser becaria CONACYT en el CI durante dos años.

❖ El 30 de enero, el Dr. Guillermo Soberón Acevedo, Rector de la UNAM, inaugura las instalaciones definitivas del CI. El edificio principal consta de dos pisos. Al acto inaugural también asistieron el Dr. Agustín Ayala Castañares, Coordinador de la Investigación Científica, y otras autoridades universitarias.



Acto inaugural de las instalaciones definitivas del CI, con la presencia del Rector de la UNAM

❖ El CI y la Facultad de Ingeniería, en colaboración con el Comité Unificador de Frecuencia de la Comisión Federal de Electricidad, coordinan el Cambio de frecuencia del suministro de energía eléctrica, de 50 a 60 Hz, en el segundo semestre del año, con lo cual se obtiene una red más grande y estable en el suministro eléctrico dentro de Ciudad Universitaria.

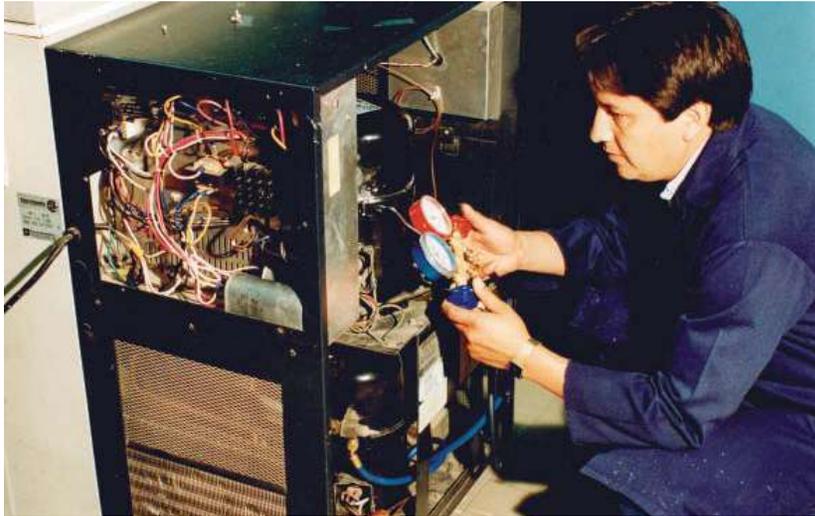
## 1976

❖ Da inicio la participación del CI en el Programa de Colaboración Académica Interuniversitaria, creado en 1975 para desarrollar y consolidar la infraestructura académica de las universidades estatales. De marzo a junio, físicos, ingenieros y maestros mecánicos, electricistas y ópticos, impartieron cursos y seminarios destinados al mantenimiento preventivo y correctivo de microscopios ópticos, niveles geodésicos, autoclaves, agitadores, fuentes de poder, grabadoras, etc., a técnicos de las Universidades Autónomas de Aguascalientes, Coahuila y Puebla, así como de las de Guadalajara y Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

❖ Se inicia la adquisición de equipos y componentes cada vez más especializados, con el propósito de formar recursos humanos y de iniciar desarrollos tecnológicos basados en microprocesadores.

❖ Se crea el Laboratorio de Ingeniería de Producto para posibilitar la transferencia tecnológica de los productos desarrollados en el CI, a los sectores público y privado. Como Responsable se designa al M. en C. José Luis Pérez Silva.

❖ En agosto se lleva a cabo en las instalaciones del CI "La Feria de Ciencias 76", organizada conjuntamente con la Dirección General de Difusión Cultural de la UNAM.



José Luz Berrocal reparando un ultracongelador

---

## 1977

---

- ❖ Finaliza el Cambio de Frecuencia de 50 a 60 Hz, de alrededor de 7 000 equipos eléctricos y electrónicos de la UNAM, que coordinó el CI.
- ❖ Se informa que en el CI se han reparado alrededor de 2400 equipos y se han diseñado 190 equipos diferentes, la mayoría para la enseñanza de la Física, entre los que destacan una computadora analógica, una microcomputadora, y fuentes de poder, así como rieles de aire e instrumentos para laboratorios escolares de Biología.



El Sr. Mario Rodríguez, de mantenimiento óptico

---

## 1978

---

- ❖ En marzo, se ratifica al Ing. Héctor del Castillo González como Director del CI para un segundo período.
- ❖ Se crea el Grupo de Óptica, parte del cual apoya posteriormente la creación del Centro de Investigaciones en Óptica (CIO), funcionando actualmente en León, Guanajuato, así como en el estado de Aguascalientes. El grupo de quienes permanecen en el CI no logran consolidarlo y desaparece paulatinamente.
- ❖ Se amplía el taller mecánico con aproximadamente quinientos metros cuadrados.

❖ Se elabora el "Inventario 78", que realmente finalizó en 1979, proyecto de la Secretaría Técnica, mediante el cual se captura la información de las principales características de los equipos científico-técnicos de las dependencias ubicadas en Ciudad Universitaria y en la zona metropolitana; se incluyeron los 4 planteles de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales, los 5 del Colegio de Ciencias y Humanidades y las 9 de la Escuela Nacional Preparatoria. Estudiantes de carreras de Biología, Física, Ingeniería y Química realizaron su servicio social, colaborando en este proyecto con personal designado para asesorarlos en cada plantel. Se inventariaron alrededor de 22 500 equipos y la captura en computadora la llevó a cabo personal del Centro de Servicios de Cómputo - Pitágoras, de la propia UNAM.



Portada del informe técnico del proyecto "Inventario 78"

❖ En el informe técnico del "Inventario 78", se presenta el que parece ser el primer logotipo del Centro; es la fuente más antigua donde aparece (y con la que se cuenta). El último año en que se exhibe es en 1992, de acuerdo a las portadas de los informes anuales del Centro.



Logotipo más antiguo del CI con el que se cuenta

---

1979

---

❖ En abril, en la ex Hacienda de Galindo, Querétaro, durante el Segundo Encuentro de Representantes de las Instituciones de Educación Superior, integrantes del Programa de Colaboración Académica Interuniversitaria (PCAI), se acuerda propiciar la creación de Centros Regionales de Instrumentación, para resolver los problemas que las universidades estatales tienen en sus laboratorios de enseñanza e investigación, con respecto a selección, compra y manejo de equipos; servicios de mantenimiento y calibración de los aparatos; e incluso, diseño y construcción de equipo científico y didáctico. Al CI se le nombra la instancia coordinadora de esta acción.

❖ Inicia actividades el Departamento de Ingeniería, que dos años más tarde se convierte en el Departamento de Enseñanza Experimental de las Ciencias. El M. en C. José Luis Pérez Silva es designado Jefe del Departamento.



El M. en C. José Luis Pérez Silva

❖ Se construye el tercer nivel del edificio principal del CI.



Vistas panorámicas del edificio principal ya con el tercer nivel

❖ Se crea el área de Instrumentación para Biotecnología con un proyecto sobre un controlador de fermentadores, para el Instituto de Investigaciones Biomédicas.

❖ El 17 de septiembre, como parte de los festejos conmemorativos del Cincuentenario de la Autonomía Universitaria, el Rector Dr. Guillermo Soberón, inaugura las nuevas instalaciones del Observatorio Astronómico Nacional, en San Pedro Mártir, Baja California, a cargo de la UNAM. El diseño de su telescopio reflector principal de 2.12 m de diámetro, estuvo a cargo del Instituto de Astronomía, en especial del Ing. José de la Herrán, quién en 1985 se incorporó al CI como parte del personal de la Sección de Metrología del CI; en la fabricación del telescopio participó activamente personal del Centro, así como en el diseño y fabricación del sistema analógico, de los equipos de potencia y de los sistemas eléctricos emergentes.



Gabriel Corkidi, Armando Solar, Manuel Estévez y José de la Herrán en un convivio

## 1980

❖ Con fecha 14 de marzo de 1980, la revista *Instrumentación y Desarrollo*, de la Sociedad Mexicana de Instrumentación, A. C., es inscrita en el Registro Público de Personas Morales Civiles. La revista es la antecesora de las revistas *Instrumentation & Development* y *Journal of Applied Research and Technology* (JART).

❖ Se llevan a cabo las pruebas oficiales de funcionamiento del Concentrador Inteligente de Terminales, para resolver el problema de saturación de líneas de comunicación de la Red de Teleproceso de la UNAM. Su prototipo se desarrolla en forma conjunta por el CI y el Centro de Servicios de Cómputo.

❖ Con apoyo del CONACyT, se crea el 18 de abril el Centro de Investigaciones en Óptica, A. C., en León, Guanajuato, a partir de un grupo de especialistas en Óptica que durante varios meses laboraron en las instalaciones del CI.

❖ Se publica el primer artículo de un académico con adscripción al Centro de Instrumentos: Ricardo R. Boullosa y Héctor Riveros R. (1980). Determinación de la relación entre la velocidad de propagación de una onda en una cuerda y su masa y tensión. *Revista Mexicana de Física*, 26(3), 403-412.

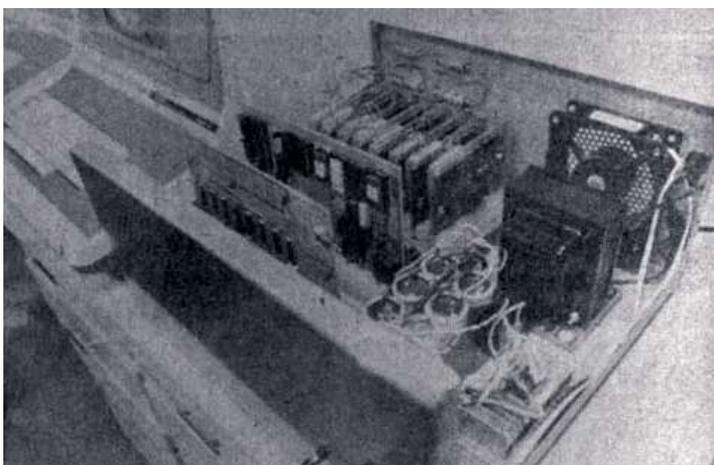
❖ El 3 de septiembre, el Dr. Agustín Ayala-Castañares, Coordinador de la Investigación Científica de la UNAM, inaugura el Primer Simposio sobre Instrumentación, en la Unidad de Seminarios “Doctor Ignacio Chávez”, organizado por el Instituto de Física y el CI, en colaboración con la Sociedad Mexicana de Instrumentación, el Instituto de Investigaciones en Materiales, el Instituto en

Matemáticas Aplicadas y Sistemas, y la Facultad de Ingeniería. Por primera ocasión se realiza un evento dedicado íntegramente a esta especialidad, para promover la investigación y capacitación relacionadas con la aplicación de ciencias e ingenierías en el diseño, desarrollo y transferencia de tecnología en los diversos campos de la instrumentación.

❖ Se establece oficialmente el Programa de Servicio Social y Prácticas Profesionales, con Clara Alvarado Zamorano como Responsable.

❖ Se construye el anexo al edificio principal del Centro y se reacondicionan los Laboratorios de Control y de Acústica.

## ***Se construye el anexo al edificio principal del Centro***



Prototipo del Concentrador Inteligente de Terminales y pruebas oficiales de su funcionamiento

---

# 1981

---

- ❖ El 20 de enero toma posesión como Director del CI, el M. en C. Héctor A. Domínguez Álvarez, en presencia del Dr. Jaime Martuscelli, Coordinador de la Investigación Científica y siendo Rector de la UNAM el Dr. Octavio Rivero Serrano. Sustituye al Ing. Héctor del Castillo, quien es nombrado Director General de Proveeduría.
- ❖ A inicios del año, el CI cuenta con cinco departamentos: Diseño, Ingeniería, Producción, Mantenimiento y Asesoría.
- ❖ Se publica el primer número de la revista *Instrumentación y Desarrollo*, en colaboración con la Sociedad Mexicana de Instrumentación, A. C. y con el apoyo del CONACYT.
- ❖ Con fecha 1° de julio aparece en la revista *Optics Communications*, el primer artículo indizado publicado en el campo de la Óptica, con adscripción al Centro de Instrumentos: Rodríguez, G., Ortiz, L. and Moreno, M. (1981). White light pseudocolour density encoding by clear-raster *Optics Communications*, 38(1), 10-16.
- ❖ El recién nombrado Departamento de Diseño y Desarrollo define áreas académicas específicas para optimizar el uso de recursos y aumentar la trascendencia de la labor académica. Se inicia la consolidación de los Laboratorios de Microprocesadores, de Instrumentación Óptica y el de Acústica Aplicada. Adicionalmente cuenta con los de Electrónica y Mecánica. Poco tiempo después, el desarrollo de un contador automático de trazas nucleares propicia el desarrollo del Laboratorio de instrumentación Optoelectrónica. Como Jefe del Departamento se designa al M. en C. Javier Sierra Vázquez.
- ❖ El Departamento de Ingeniería se transforma en el Departamento de Enseñanza Experimental de las Ciencias. Se designa al M. en C. José Luis Pérez Silva como Jefe del Departamento.
- ❖ El 26 de junio, el M. en C. Ricardo Ruiz Boullosa se convierte en el primer investigador definitivo adscrito al CI, luego de ser Técnico Académico y retornar tras la obtención de su maestría en el *Institute of Sound and Vibration Research*, de la University of Southampton, en Inglaterra. Asimismo, se crea el Laboratorio de Acústica.
- ❖ Se integra el "Acervo de Instructivos de Operación y Servicio de Equipos y Aparatos", empleados en actividades de docencia, investigación y difusión cultural, el cual llega a contar con 2 340 ejemplares diferentes, los cuales se ponen a disposición de las dependencias universitarias y de instituciones educativas y del sector salud.
- ❖ El CONACYT concede un apoyo importante para la creación del Laboratorio de Metrología.
- ❖ El 14 de octubre, el Fís. Valentín Medina Gándara, Secretario Técnico del CI, notifica al personal académico, de la presentación del Boletín No. 1 de Adquisiciones Recientes de la Biblioteca del CI.

**Se publica el primer  
número de la revista  
*Instrumentación y Desarrollo***

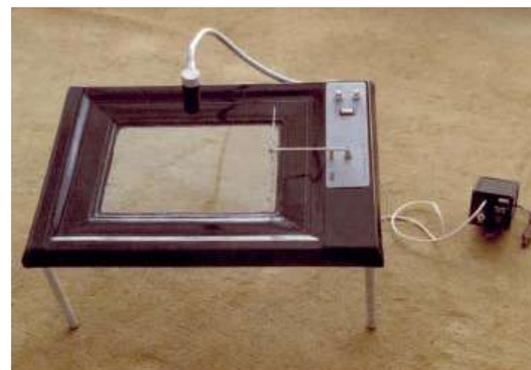
# 1982

❖ Se intensifica la interacción con el sector industrial, a través de visitas al CI de empresarios, para explorar la viabilidad de producir en serie algunos de los diseños desarrollados.

❖ En el CI se diseñan aparatos para investigación tales como un medidor de pH, con la mayoría de sus elementos electrónicos de fabricación nacional; un fermentador de 25 litros de capacidad; fotocolorímetros; aparatos para manipular cápsulas radioactivas; oxigenadores de sangre, baños de temperatura controlada, agitadores magnéticos; además diferentes equipos dedicados a la enseñanza, en particular, de la Física, como las fuentes de poder FP-LAB-1 y FP-LAB-2, un generador de funciones GF-DOI, un voltímetro, una cuba de ondas con sus accesorios, un riel sin fricción y una caja de equipo para la enseñanza de la Óptica.



Sistema de fermentación



Cuba de ondas



Láser

❖ Se colabora con la Dirección Nacional de Normas, de la entonces Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, en la estructuración de los Sistemas Nacionales de Calibración y de Acreditamiento de Laboratorios de Prueba.

❖ El 8 de octubre se presenta a la comunidad universitaria, a través del Programa Universitario de Cómputo, la microcomputadora MP9-I, la primera diseñada y desarrollada en el CI, específicamente para la enseñanza en computación y programación de procesos.

Representa el inicio de transferencias tecnológicas por parte de la UNAM a una compañía nacional para su producción industrial.



Microcomputadora MP9-I, la primera diseñada y desarrollada en el CI

❖ Inicia actividades el Laboratorio de Metrología Dimensional, con el apoyo del CONACyT. Al Ing. Gerardo Ruiz Botello se le designa como Responsable.

❖ El CI estructura su programa de desarrollo como centro de servicios, en torno a los servicios de mantenimiento preventivo y correctivo; al diseño y desarrollo de instrumentación biomédica, acústica, optoelectrónica, oceanográfica y microcomputadoras; a la construcción de telescopios “Géminis 600”; y al diseño y construcción de prototipos de equipos para tareas de investigación y docencia.

❖ Se instala la estación portátil receptora de señales de satélite “SatCom III-R”, que transmite canales comerciales extranjeros de televisión.



Sistema de fermentadores con controladores

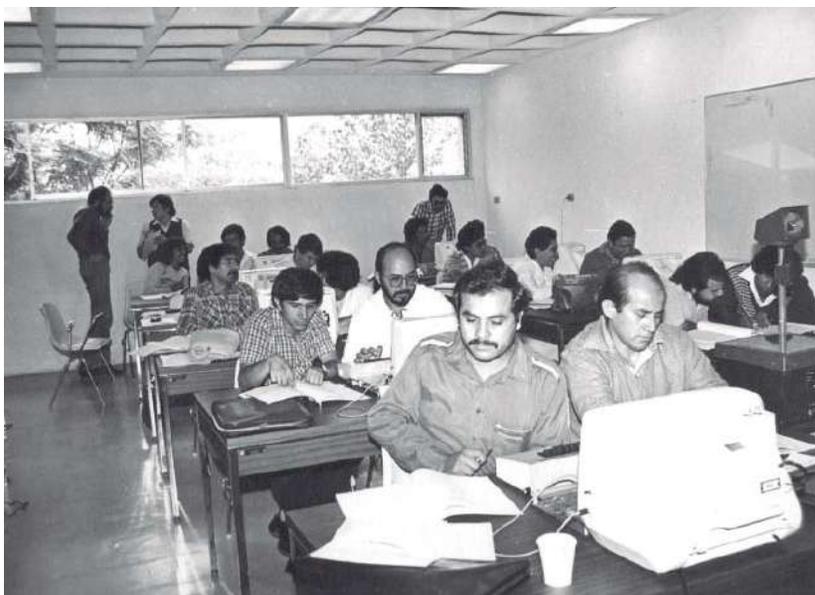
❖ El Laboratorio de Cognición, Cibernética y Aprendizaje de la Ciencia surge a partir del Departamento de Enseñanza Experimental de las Ciencias, para contribuir al mejoramiento de la enseñanza de la ciencia, con el desarrollo de equipo y materiales didácticos.



Equipos y materiales para la enseñanza de las ciencias

❖ Desaparece el Laboratorio de Ingeniería de Producto en virtud de cambios estructurales en el CI.

❖ Inicia formalmente una serie de 40 cursos-taller de 1982 a 1990, de 25 h durante una semana, impartidos por personal académico y técnico en las instalaciones del Departamento de Mantenimiento. Dirigido a personal de universidades estatales y de instituciones del sector salud, a cargo del funcionamiento de equipo para investigación y enseñanza, con el fin de realizar el mantenimiento preventivo y correctivo, para diferentes equipos, así como su ajuste y calibración. Para Microscopios Ópticos y Balanzas (en 25 ocasiones, 3 académicos y 3-5 técnicos especializados, para 333 participantes); para Sistemas de Refrigeración y Ultracongeladores (en 9 ocasiones, 2 académicos y 2 becarios, para 90 participantes); sobre Microprocesadores (en 6 ocasiones, 3 académicos, para 97 participantes) y algunos otros.



Curso sobre microprocesadores

❖ La Sociedad Mexicana de Instrumentación y el CI, con la colaboración de la Coordinación de la Investigación Científica, del Instituto de Investigaciones en Materiales y del Instituto de Física, organizan el II Simposio de Instrumentación, efectuado del 11 al 13 de octubre, en el Centro Vacacional del IMSS en Oaxtepec, Morelos. Se realizan dos mesas redondas, una sobre “El Mantenimiento de Equipos y Aparatos” y otra sobre “El Panorama de la Instrumentación en México.”

❖ Se acondiciona el salón de cursos.

❖ Se amplía el Taller Mecánico del Departamento de Producción, ubicándose en él las Secciones de Óptica y Electromecánica, así como la recepción y la jefatura del Departamento de Mantenimiento. El Taller cuenta con un grupo de mecánicos capacitados en trabajos de precisión y posee la maquinaria para, por ejemplo, fabricar pequeñas series de equipo didáctico, moldes para inyección de plástico y engranes. Sus amplias instalaciones hacen de este taller uno de los mejores de la UNAM.

***Se amplia el taller mecánico***

# 1983

❖ A principios del año se ponen en servicio las nuevas instalaciones del Departamento de Mantenimiento, pasando de 423 a 964 m<sup>2</sup>.

❖ Se crea el Laboratorio de Imágenes y Visión, por convenio con el Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez", para desarrollar un analizador de radiografías por procesamiento digital de imágenes. Lo encabeza el Dr. Gabriel Corkidi.

❖ El 27 de septiembre se firma el primer Convenio de Transferencia de Tecnología que celebra el CI con una empresa privada. El objeto de esta transferencia fue la fabricación de cuatro voltímetros digitales: dos para corriente alterna y dos para corriente directa, con despliegue luminoso y de cristal líquido. La empresa receptora de esta tecnología fue "Aparatos e Instrumentos FAG, S.A. de C.V."

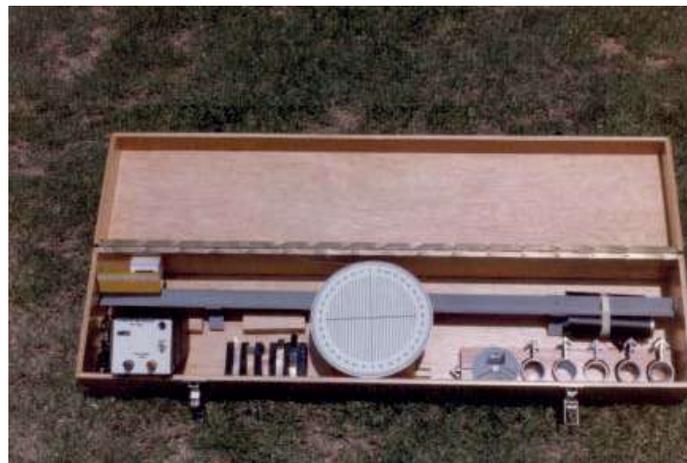
❖ Se reproducen y venden a dependencias de la UNAM y a diversas instituciones educativas nacionales, 50 unidades de la caja de equipo para la enseñanza de la óptica a nivel medio superior, diseñada en el CI.

❖ Culmina el diseño de un auxiliar auditivo tipo caja, solicitado por el Instituto de la Comunicación Humana de la Secretaría de Salubridad y Asistencia. El prototipo cumple ampliamente con las características técnicas de los auxiliares de importación, a un costo notablemente inferior. Se efectúan en forma exitosa sus primeras pruebas clínicas y se negocia su transferencia.

❖ Se acuerda con el Hospital Infantil de México "Federico Gómez" un programa de colaboración, para el mantenimiento de su equipo y para la formación y capacitación de personal en el área.

❖ A finales del año se crea la Sección de Electrónica del Departamento de Producción.

❖ En una ceremonia celebrada el 15 de diciembre, al Ing. José Antonio Ruiz de la Herrán, Técnico Académico Titular "C", de tiempo completo, se le otorga el Premio Nacional de Ciencias y Artes 1983, correspondiente al Campo V. Tecnología y Diseño. El Premio le fue entregado por el Presidente de México, Lic. Miguel de la Madrid Hurtado.



Caja de Óptica para enseñanza a nivel medio superior



Auxiliar auditivo tipo caja



Mantenimiento de equipo electromecánico

# 1984

❖ El Departamento de Asesoría e Información se reestructura y da origen a la Sección de Información Técnica, a la cual queda incorporada la Biblioteca del propio Centro.

❖ El 14 de mayo se entrega a la Universidad de Guanajuato el Telescopio Géminis 550, tipo reflector, de 55 cm de diámetro en su espejo primario, para su Observatorio Astronómico. El diseño y la fabricación de la parte mecánica los realizó el CI, la parte óptica estuvo a cargo del Instituto de Astronomía.

❖ El 1° de agosto se firma el contrato de transferencia de tecnología entre la Comisión Federal de Electricidad y la UNAM, correspondiente al diseño de un Multímetro Digital Portátil, de 3 ½ dígitos, con despliegue de cristal líquido.

❖ El 6 de septiembre, el Consejo Técnico de la Investigación Científica aprueba el Reglamento Interno del CI.

❖ Se establece el Coloquio del Centro de Instrumentos, semanal, para fomentar la divulgación de los proyectos que desarrolla el personal académico.

❖ Se firma el Convenio General de Colaboración entre la Secretaría de Salubridad y Asistencia y la UNAM, para el mantenimiento de equipo médico y de investigación, y formación y capacitación de personal en el área, del Hospital Infantil de México “Dr. Federico Gómez”, del Instituto Nacional de Nutrición “Salvador Zubirán”, y del “Instituto Nacional de Pediatría”; así como para el diseño, construcción y evaluación de un prototipo básico para captura,

almacenamiento y despliegue de imágenes radiológicas bajo control de una microcomputadora, para el Instituto Nacional de Cardiología.

❖ El Laboratorio de Metrología se convierte en la Sección de Metrología, con el propósito de diseñar y fabricar una máquina de medición por tres coordenadas, como parte del desarrollo tecnológico para ofrecer servicios al sector productivo y formar recursos humanos en el área. Es resultado del proyecto Fortalecimiento del Laboratorio de Metrología Dimensional del CI, siendo uno de los primeros laboratorios acreditados por la Dirección General de Normas de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI).

❖ Con Carl Zeiss de México, S.A. se acuerda un programa de capacitación, que permite al CI ofrecer el mantenimiento preventivo y correctivo de los microscopios electrónicos de esta marca, modelos EM-9 y EM-10, existentes en varias dependencias de la UNAM.

❖ Del 24 al 26 de septiembre se efectúa el III Simposio de Instrumentación, en la Unidad de Seminarios “Doctor Ignacio Chávez” y en el auditorio del Jardín Botánico del Instituto de Biología, en CU, organizado por el CI y la Sociedad Mexicana de Instrumentación.

❖ A finales del año se concreta un convenio con el Centro Ecológico de Sonora para la construcción de un telescopio de la serie Sagitario, el cual se entrega en agosto de 1985.

---

# 1985

---

❖ El 11 de enero se ratifica al M. en C. Héctor Domínguez como Director del CI para un segundo período, en presencia del Dr. Jaime Martuscelli, Coordinador de la Investigación Científica. Ocupa el cargo hasta el 15 de septiembre de ese año, al ser designado Coordinador de Planeación y Presupuesto de la UNAM.

❖ Se informa que se han realizado dos transferencias tecnológicas importantes: la de un voltímetro digital de cristal líquido para medir corriente alterna y directa, a una empresa privada; y la de un multímetro digital portátil, a la Comisión Federal de Electricidad. Ambos aparatos únicamente se adquirirían mediante su importación.

❖ Se firma un convenio entre la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico, la Facultad de Ingeniería y el CI, para el rediseño y construcción de un concentrador para la Red de Teleproceso de la UNAM.



Concentradores para la Red de Teleproceso de la UNAM

❖ La considerable carga de trabajo de la Sección de Electrónica del Departamento de Producción amerita su reubicación en un espacio físico más adecuado para cumplir con sus funciones.

❖ El CI orienta sus actividades de investigación hacia las ciencias aplicadas y la tecnología avanzada, estableciendo para ello laboratorios en los campos de acústica y vibraciones, fotónica, materiales y sensores, tecnologías de la información y gestión del conocimiento, electrónica, tecnologías avanzadas para la producción y educación científica.

❖ En mayo se establecen convenios de colaboración con el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), para la determinación de las propiedades acústicas de instrumentos musicales, y con la Secretaría de Salud (particularmente con el Instituto Nacional de Pediatría y el Hospital General de México), para reparación de su equipo y capacitación de su personal en el área de mantenimiento preventivo y correctivo.

❖ Inicia actividades el Área de Materiales y Sensores, con el Dr. José Manuel Saniger Blesa como Responsable.

❖ Se efectúa la entrega oficial a la empresa Bacardí y Cía., del desarrollo de tecnología no convencional para la producción a nivel de planta piloto de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, como inóculo para la elaboración industrial de alcohol. Fue desarrollado por académicos del CI, de la Facultad de Química y del Centro de Investigación sobre Ingeniería Genética y Biotecnología.

❖ Durante una visita al CI del Rector, Dr. Jorge Carpizo y del Dr. Arcadio Poveda, Coordinador de la Investigación Científica, se menciona que el personal académico lo integran 58 miembros y se informa que los ingresos extraordinarios se han incrementado en forma notoria.

❖ El Laboratorio de Imágenes gana el Premio de Ingeniería Biomédica 1985 por crear un analizador de radiografías por procesamiento digital de imágenes, surgido de un convenio con el Instituto Nacional de Cardiología.

❖ Se formaliza la investigación y el desarrollo tecnológico en el área de la educación en ciencias experimentales, mediante un convenio con la Secretaría de Educación Pública para desarrollar un proyecto integrado de Ciencias Naturales, como apoyo al Libro de Texto Gratuito, para producir materiales didácticos y realizar investigación referente a la enseñanza a nivel primaria, en especial para el 6° grado. Se producen 75 paquetes de prueba para aplicarse a nivel nacional.

❖ El 27 de septiembre toma posesión el M. en C. Manuel Estévez Kubli, como Director del CI, durante el Rectorado del Dr. Jorge Carpizo McGregor, cargo que desempeña hasta el 6 de diciembre de 1989.



Toma de posesión del M. en C. Manuel Estévez Kubli como Director

❖ En septiembre se inicia la construcción del edificio independiente del Laboratorio de Acústica Aplicada, con una cámara anecoica, una reverberante, un par de cámaras de transmisión y laboratorios de medición asociados.



Fases iniciales de la construcción del Laboratorio de Acústica

---

# 1986

---

❖ Ante la trágica situación que provocó el sismo con una intensidad de 8.17 grados de magnitud en la escala de Richter, del jueves 19 de septiembre de 1985 en nuestro país y, en particular, en la Ciudad de México, personal tanto académico como administrativo del CI participó mediante brigadas en numerosas y diversas acciones a partir de ese mismo día, en labores de ayuda y reconstrucción. Gran parte de las acciones se coordinaron con el Centro Médico de CU y diversas dependencias del Subsistema de la Investigación Científica.

❖ El 13 de diciembre, la Comisión del Mérito Universitario del Consejo Universitario, a propuesta del Rector de la UNAM, crea el Estímulo Especial "Alejandro Medina", como un incentivo para los técnicos académicos del CI. Instituido en honor del notable ingeniero y físico universitario, pionero de la computación en México e impulsor del área de electrónica y de la física nuclear; además de fundador del Laboratorio de Cibernética de la Facultad de Ciencias. Se ha otorgado a José Luis Pérez Silva (1985), Roberto Ortega Martínez (1990 y 1991), Gabriel Ascanio Gasca (1992), Arturo Nogueira Jiménez (1993), Santiago Jesús Pérez Ruíz (1995), José Sánchez Vizcaíno (1996 y 1997), Sergio Quintana Thierry (1998), Sergio Padilla Olvera (1999), Miguel Ángel Bañuelos Saucedo (2000), Rosalba Castañeda Guzmán (2002), Manuel Campos García (2004), Josefina Elizalde Torres (2005, 2006 y 2007), Clara Rosa María Alvarado Zamorano (2009, 2010 y 2011), Sergio Padilla Ortega (2012 y 2014), María Soledad Córdova Aguilar (2016, 2017 y 2018), Norma Angélica Sánchez Flores (2019 y 2020).

❖ Por primera vez, dos miembros del personal académico (Ricardo Ruiz Boullosa y Roberto Ortega Martínez) son designados integrantes del Sistema Nacional de Investigadores, en el Área de Ingeniería y Tecnología; y el Dr. Rufino Díaz Uribe en el Área de Ciencias Sociales y Humanidades.

❖ La Sociedad Astronómica de México otorga la medalla de reconocimiento "Luis E. León" a un miembro del personal.

❖ Se formaliza la creación de la Sección de Cómputo del Departamento de Mantenimiento, con lo cual este departamento se conforma por las Secciones de Electromecánica, de Electrónica, de Óptica y de Cómputo.

❖ El CONACYT aprueba la iniciativa de incorporar al Laboratorio de Metrología la actividad de calibración de patrones longitudinales, permitiéndole al Laboratorio ser el primero en el país con capacidad para realizar dicha actividad, misma que se reconoce oficialmente en 1992.

❖ Se entrega al Centro Ecológico de Sonora un telescopio Géminis, de 400 mm de espejo primario y un Géminis 600 a la Universidad de Guadalajara, con óptica diseñada y construida por el Instituto de Astronomía y por el Centro de Investigaciones en Óptica.

❖ En el IV Simposio de Instrumentación, organizado por el CI y la Sociedad Mexicana de Instrumentación, del 1 al 3 de octubre, en México, D.F., se presentan 54 trabajos ante 110 asistentes.

❖ Se formaliza el Programa de Prestación del Servicio Social y Prácticas Profesionales en el CI, nombrándose a Clara Alvarado Zamorano como Coordinadora del mismo.

❖ El "Acervo de Instructivos de Operación y Servicio de Equipos y Aparatos Utilizados en Investigación, Docencia y Difusión Cultural", cuya integración se inicia en 1980 y finaliza en 1986, cuenta con 2531 instructivos. Lo coordina el CI y la Dirección General de Servicios de Cómputo para la Administración se encarga del sistema de cómputo correspondiente. El listado de manuales contenía información de la marca y modelo de cada equipo; el idioma; si era manual de mantenimiento preventivo, correctivo o de operación; y si contenía diagramas eléctricos o mecánicos. Usualmente se ofrecía el servicio de fotocopiado del manual o manuales, al costo, pero en ocasiones se donaban las fotocopias, sobre todo a universidades estatales.



Ejemplar del Acervo de Instructivos de Operación y Servicio de Equipos y Aparatos Utilizados en Investigación, Docencia y Difusión Cultural

❖ El 10 de diciembre se conmemora el XV Aniversario de la fundación del CI, en ceremonia presidida por el Rector, Dr. Jorge Carpizo, el Dr. Arcadio Poveda, Coordinador de la Investigación Científica y el M. en C. Manuel Estévez Kubli, Director del Centro. Se cuenta con la presencia de ex-Directores del CI (M. en C. Sergio Reyes Luján, Subsecretario de Ecología de la SEDUE; Ing. Héctor del Castillo González y M. en C. Héctor Domínguez Álvarez, Coordinador de Planeación, Presupuesto y Estudios Administrativos de la UNAM), así como del Dr. Fernando de Alba Andrade, Coordinador de la Investigación Científica al crearse el CI y motor fundamental para esta acción. Se menciona que, a través del diseño, construcción y mantenimiento de equipo especializado, se apoya el avance de áreas como Biotecnología, Enseñanza de las Ciencias, Astronomía y Oceanografía. Al término de la ceremonia se lleva a cabo la declaratoria inaugural del Primer Simposio Interno del Centro de Instrumentos y de la "Exposición de aparatos históricos".

**Se conmemora  
el XV Aniversario  
de la creación del CI**

# 1987

❖ Se establece un convenio con la compañía IBM de México, para que en la recién creada Sección de Mantenimiento de Equipo de Cómputo se ensamblen y aprueben 2 000 microcomputadoras PC.

❖ Se crea la Sección de Acústica Aplicada y Vibraciones, contemplando tres proyectos de investigación en medición de ruido urbano, asesorías científico-tecnológicas y supervisión de la construcción y acondicionamiento del Laboratorio de Acústica del propio Centro. Como Responsable se designa al M. en C. Ricardo Ruiz Boullosa.

❖ En septiembre, la Dirección General de Normas de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, autoriza oficialmente al Laboratorio de Metrología, para realizar servicios de calibración y verificación de instrumentos de medición longitudinal y angular, con lo cual se integra al Sistema Nacional de Calibración, como parte del Sistema Metrológico Nacional. En esta Sección se desarrolla la primera máquina de coordenadas de fabricación nacional.

❖ Telescopios de 600 mm diseñados y construidos en el CI, se instalan en la Casa Tlalpan, la Sociedad Astronómica de México, en universidades de Tabasco, Zacatecas, Guanajuato y Guadalajara, y otro es para el Gobierno del Estado de Sonora.

❖ Por primera vez en México, se diseña y construye un analizador enzimático para medir la concentración de glucosa en sangre, con un costo de más o menos el 10% de lo que costaría uno importado.

**DIRECCION GENERAL DE NORMAS**  
**SISTEMA NACIONAL DE CALIBRACION**

CERTIFICADO DE AUTORIZACION No. 13-7

OTORGADO A:  
LABORATORIO DE METROLOGIA DEL CENTRO DE INSTRUMENTOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

RECONOCIENDO SU CAPACIDAD Y AUTORIZANDOLO PARA REALIZAR CALIBRACIONES EN EL AREA DE DIMENSIONAL.

- CALIBRACION DE MAQUINAS DE MEDIR ERRORES DE DIVISION DE ESCALAS CILINDRICAS.  
- MEDICIONES EN DIMENSIONES CILINDRICAS CON MAQUINAS DE MEDIR LOS ERRORES DE DIVISION.

MAGNITUD	RANGO	INCERTIDUMBRE
CALIBRACION DE MAQUINAS DE MEDIR ERRORES DE DIVISION DE ESCALAS CILINDRICAS:		
- VARIACION DE DIAMETRO O DIVISION	300"	$\pm 1''$
MEDICIONES EN DIMENSIONES CILINDRICAS CON MAQUINAS DE MEDIR ERRORES DE DIVISION:		
- VARIACION DE DIAMETRO	DIAMETRO DE PUNTO DE 25 a 812 mm	$\pm 4''$ hasta 0.6 250m $\pm 5''$ hasta 0.6 250m $\pm 3''$ hasta 0.6 250m
- VARIACION DE PUNTO	DIAMETRO DE PUNTO DE 0.25 a 20mm	$\pm 5''$
- VARIACION DE DIAMETRO	DIAMETRO DE PUNTO DE 25 a 315mm	$\pm 5''$
- CONCENTRICIDAD DEL PUNTO ANGUL	DIAMETRO DE 0.25 a 20mm	$\pm 5''$

PERSONAL RESPONSABLE

DIRECTOR DEL LABORATORIO  
GERARDO RUIZ BOTELLO  
NOMBRE

RESPONSABLE TECNICO  
ASISTENTE PARA SANGRE  
JOSÉ EMILIO SOTILLO  
NOMBRE

FECHA DE EMISION: 18 DE SEPTIEMBRE DE 1987

ESTE CERTIFICADO DE AUTORIZACION TIENE VALIDEZ DURANTE 1003 A 1005 A PARTIR DE LA FECHA DE EMISION.

MEXCO, D.F., A 15 DE SEPTIEMBRE DE 1987

POR EL SISTEMA NACIONAL DE CALIBRACION EL DIRECTOR GENERAL DE NORMAS

DR. CONVENIO BARRANCO

Figura 3. Certificado de Autorización Otorgado al Laboratorio de Metrología del Centro de Instrumentos.

Certificado de Autorización de Calibración otorgado por la Dirección General de Normas al Laboratorio de Metrología

# 1988

❖ El Departamento de Producción se transforma en el Departamento de Diseño Mecánico y Construcción de Prototipos, para desarrollar prototipos para la investigación científica, sobre todo con respecto a la parte mecánica de los mismos, procurando realizar un trabajo multidisciplinario con otras áreas del CI.

❖ Inicia actividades la Unidad de Cómputo, con el propósito de brindar apoyo al personal académico y administrativo, en el desarrollo de sus actividades.

❖ Se crea el Laboratorio de Óptica Aplicada, por iniciativa del M. en C. Roberto Ortega Martínez. Este grupo se orienta al desarrollo de nuevos instrumentos, a técnicas de medición y análisis, y al estudio y caracterización física de materiales para su uso en nuevas tecnologías.

❖ Se termina y entrega el edificio independiente del Laboratorio de Acústica Aplicada, que cuenta con cámaras anecoica, reverberante y de transmisión, así como cubículos y laboratorios auxiliares. Su personal académico realiza proyectos en áreas como acústica de la guitarra, propiedades de absorción acústica de materiales, acústica de recintos. Se constituye al mismo tiempo la Sección de Acústica y Vibraciones del CI, bajo la coordinación del M. en C. Ricardo Ruiz Boullosa.

❖ Se crea el Estímulo Especial "José Ruiz de la Herrán" para los técnicos académicos de la dependencia, en honor del autor de más de un centenar de desarrollos tecnológicos, como el diseño

y supervisión del telescopio, el edificio y la base del Observatorio de San Pedro Mártir, B.C., distinguido con el Premio Nacional de Ciencias y Artes en Tecnología y Diseño en 1983, con la Medalla "Luis G. León" de la Sociedad Astronómica de México, y miembro del Consejo Consultivo de Ciencias de la Presidencia de la República. Se le ha otorgado a José Saniger Blesa (1988), Rigoberto Nava Sandoval (1990-1991), Antonio Pérez López [1992-1993], Sergio Padilla Olvera (1994 y 1996), David Palomino Merino (1998), Josefina Elizalde Torres (1999-2000), Sergio Quintana Thierry (2002-2003), Benjamín Valera Orozco (2005 y 2006), Humberto Albornoz Delgado (2008 y 2009), Benjamín Valera Orozco (2010), Humberto Albornoz Delgado (2012), Juan Ricardo Damián Zamacona (2014), Leopoldo Ruiz Huerta (2016 y 2017).



Edificio terminado del Laboratorio de Acústica

❖ Se crea el Estímulo Especial "Fernando Alba Andrade" para los técnicos académicos de la dependencia, instituido en honor al investigador emérito, quien ha realizado una importante labor en el área de instrumentación y energía nuclear. Presidente de las delegaciones de México en reuniones de la Conferencia General del Organismo Internacional de Energía Atómica, Presidente de la Academia de la Investigación Científica y distinguido en 1969 con el Premio Nacional de Ciencias. Se le ha otorgado a Antonio Castruita Vargas (1988), Leticia Gallegos Cázares (1990), Cecilia Delgado Briseño (1991 y 1992), Santiago Jesús Pérez Ruiz (1993), Arturo Nogueira (1994), Josefina Elizalde Torres (1995 y 1996), Alberto Herrera Becerra (1998, 1999 y 2000), Miguel Ángel Bañuelos Saucedo (2002 y 2003), Alejandro Padrón Godínez (2005 y 2006), José Sánchez Vizcaíno (2008), Juan Ricardo Damián Zamacona [2010, 2011 y 2012], Luis Ochoa Toledo (2014, 2016 y 2017).

❖ La Coordinación de la Investigación Científica concede apoyo para la creación del Laboratorio de Medición en Tres Coordenadas de la Sección de Metrología del CI, con una máquina Carl Zeiss de aplicación académica e industrial.

❖ Se entregan diez respiradores al Hospital 20 de Noviembre y otros al ISSSTE, a la Facultad de Medicina de la UNAM y a la Universidad de Guadalajara.

❖ El V Simposio de Instrumentación, organizado por el CI, la Sociedad Mexicana de Instrumentación, la Universidad Autónoma de Querétaro y el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro, se lleva a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Querétaro y del Archivo Histórico del Estado, en la ciudad de Querétaro, Qro., los días 5, 6 y 7 de octubre, con un total de 82 ponencias.



Participantes del V Simposio de Instrumentación, en Querétaro

❖ El Ing. José de la Herrán es electo Presidente de la Sociedad Astronómica de México, A. C. y Vicepresidente de la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica.

## ***Se crea el Estímulo Especial "Fernando Alba Andrade"***

# 1989

- ❖ Se informa que durante el año anterior se dieron 3 127 servicios de mantenimiento a equipos de 85 dependencias de la universidad y 167 servicios externos al sector salud, entidades gubernamentales y descentralizadas, así como instituciones educativas públicas y privadas.
- ❖ Como resultado de ampliación presupuestal concedida al Centro, se apoya con diversos equipos especializados a las áreas de Óptica Aplicada, Química de Materiales y Procesamiento de Imágenes, así como a la Sección de Acústica y al Departamento de Diseño Mecánico y Construcción de Prototipos.
- ❖ Se construye, acondiciona y pone en operación con instalaciones especiales, el Laboratorio de Medición en Tres Coordenadas, anexo del Laboratorio de Metrología, en donde se instala una máquina Carl Zeiss de medición por tres coordenadas, de aplicación académica e industrial.
- ❖ Se lleva a cabo el III Simposio Interno del Centro, donde se presentan más de 40 trabajos por parte de su personal académico, sus estudiantes y colaboradores de otras dependencias.
- ❖ El Ing. José de la Herrán pasa a formar parte del Consejo Consultivo de Ciencias de la Presidencia de la República y del Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, así como Jurado de los Premios Nacionales de Ciencias y Artes, de la Distinción para Jóvenes Académicos de la UNAM, del Concurso de Fotografía Científica y del Premio a la Mujer Científica Mexicana.
- ❖ El Área de Materiales y Sensores se crea a partir de un proyecto de desarrollo tecnológico conjunto con el Instituto de Física, cuyo objetivo fue el montaje de una planta de laboratorio para separación isotópica de uranio por ultracentrifugación. Al término del proyecto se cuenta en el CI con un laboratorio y equipos especializados para el manejo de flúor gaseoso y se desarrollan procesos de transformación de hexafluoruro a óxido de uranio. El Dr. José Manuel Saniger Blesa es designado su Coordinador.
- ❖ Se crea el Laboratorio de Electrónica.
- ❖ Dentro del primer Programa de Apoyos a Proyectos de Investigación Internos de la UNAM (denominado PAPIID), que incluía proyectos de docencia, se inicia el proyecto del Keratopógrafo Láser, del Laboratorio de Óptica Aplicada, con los Drs. Raúl Suárez Sánchez y Enrique L. Graue Wichers.
- ❖ Se remodela el Laboratorio de Óptica con objeto de ampliar sus posibilidades de experimentación.
- ❖ En octubre, el Dr. Juan Ramón de la Fuente, Coordinador de la Investigación Científica, y el Director del CI, en presencia del Ing. de la Herrán, a quien se debe la mayor parte de los aparatos en exhibición, inauguran la muestra histórica y didáctica "Cien años de instrumentación: una muestra histórica y didáctica". Se exhiben un reloj de catedral, máquinas de calcular totalmente mecánicas, microscopios ópticos, telégrafos, etc.
- ❖ El 7 de diciembre, el Dr. Claudio Firmani Clementi asume la Dirección del CI, durante dos períodos (hasta el 11 de diciembre de 1997), siendo Rector el Dr. José Sarukhán Kermez y Coordinador de la Investigación Científica, el Dr. Juan Ramón de la Fuente.



Muestra de instrumentos antiguos



El Dr. Claudio Firmani Clementi al asumir la Dirección del CI



El Dr. José Sarukhán, Rector de la UNAM, acompañado del M. en C. Héctor Domínguez, el Dr. Claudio Firmani, una persona no identificada, el Ing. Héctor del Castillo y el M. en C. Manuel Estévez



Personal del Centro de Instrumentos

---

# 1990

---

❖ En enero se crea la Unidad de Digitalización y Procesamiento de Imágenes (UDIPI) para aplicaciones biomédicas, a través de un convenio con los Laboratorios BIOCOT, de Francia, que permite a la Unidad consolidarse como uno de los laboratorios más completos de investigación aplicada en el área biomédica. Los Drs. Jorge Alberto Márquez Flores y Gabriel Corkidi son sus primeros integrantes.

❖ A partir de junio se pone en operación el Laboratorio de Detectores, orientado hacia el diseño, construcción y pruebas de los detectores de imágenes Mepsicrón.

❖ Se diseña y construye, conjuntamente con el Instituto de Ingeniería, un compresor rotatorio de aire, el cual comprime aire puro para utilizarlo en las industrias alimentaria y farmacéutica.

❖ Se firman convenios de intercambio académico con la URSS, el CONACyT, el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía, con el Instituto Nacional de Cardiología y con el Instituto de Oftalmología "Fundación Conde de Valenciana".

❖ Se dota de cubículos y laboratorios al Área de Química de Materiales.

❖ Se crea el Estímulo Especial "Marcos Mazari", establecido en honor del investigador emérito que obtuvo en 1962 el Premio de la Academia de la Investigación Científica, en 1980 el Premio Nacional de Ciencias y Artes en Tecnología y Diseño, protagonista del nacimiento y desarrollo de la física experimental y nuclear en México, además de colaborador activo en la obra civil de la Ciudad

Universitaria. Se le otorgó al M. en C. Manuel Estévez Kubli (1990), José Sánchez Vizcaíno (1992 y 1994), Rigoberto Nava Sandoval (1996 y 1997), José Castillo Hernández (1999, 2000 y 2001), Rigoberto Nava Sandoval (2004), Sergio Padilla Olvera (2005, 2006 y 2007), Antonio Pérez López [2009, 2010 y 2011), Alejandro Padrón Godínez (2012 y 2014), Alberto Caballero Ruiz (2016, 2017 y 2018).

❖ El VI Congreso Nacional de Instrumentación se lleva a cabo en Guanajuato, Gto., del 5 al 7 de septiembre, en colaboración con la Sociedad Mexicana de Instrumentación y la Universidad de Guanajuato. Este congreso tiene como antecedente la celebración de cinco simposios de instrumentación, el primero de los cuales se celebró en septiembre de 1980, cambiando su denominación a congresos nacionales de instrumentación.

## ***Se crea el Estímulo Especial "Marcos Mazari"***

---

## 1991

---

❖ Dentro de los eventos organizados con motivo del Vigésimo Aniversario del CI, se celebra un ciclo de diez Conferencias Magistrales sobre grandes proyectos de la Universidad, dictadas por el Subsecretario de Ecología de la SEDUE, el Secretario General de la UNAM y directores de Institutos y Centros del Sistema de la Investigación Científica.

❖ Se organiza el IV Simposio Interno del CI, en el cual se presentan 49 trabajos por parte del personal académico, estudiantes adscritos e invitados.

❖ En el Coloquio del CI se presentan 42 conferencias sobre diversos tópicos del quehacer científico y cultural por parte de diversos especialistas del propio CI, de otras dependencias de la UNAM e incluso de otras instituciones.

❖ En abril se pone en marcha el Laboratorio de Microsatélites, orientado al desarrollo, diseño, construcción y pruebas de instrumentación espacial, en especial del microsatélite UNAMSAT-1, para detectar con qué frecuencia se precipitan los meteoritos en nuestro planeta y como enlace entre estaciones sismológicas, mareográficas y vulcanológicas de la UNAM ubicadas en diversas entidades del país, bajo los auspicios del Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE).

❖ Se instala la Red ETHERNET con fibra óptica, para enlazar diversos laboratorios de la dependencia con sus similares a nivel internacional.

❖ Conjuntamente con la empresa mexicana FAGSA, se diseña y fabrica un equipo para radiodifusión en amplitud modulada, de 50 mil watts de potencia, el cual transmitió la señal de Radio UNAM durante un mes, en sus pruebas de operación formal.

❖ Mediante diversos apoyos y recursos propios, el CI dota de equipo especializado a sus unidades académicas, destacando el láser de Niodimio–YAG para el Laboratorio de Óptica Aplicada, patrones longitudinales del grado de mayor exactitud para la Sección de Metrología, un espectrómetro de masas para el Laboratorio de Detectores y una termobalanza para el Área de Química de Materiales.

---

## 1992

---

❖ En diferentes fechas, la Comisión de Ciencia y Tecnología de la Cámara de Diputados, una delegación de la Secretaría de Educación Pública encabezada por el Secretario del ramo y un grupo de industriales presidido por el Director General de Nacional Financiera, visitan el CI. Estas visitas contaron con la presencia del Sr. Rector y funcionarios universitarios.

❖ Se acondiciona el nuevo Auditorio del CI, con capacidad para 100 personas e instalaciones para proyecciones audiovisuales.

❖ Dos miembros del personal académico reciben el Premio de la Metodología Científica 1992, otorgado por la Sociedad Mexicana de Oftalmología.

- ❖ Inicia actividades el Laboratorio de Ingeniería Neuronal, teniendo su origen en un Seminario sobre redes neuronales artificiales, organizado por el CI y la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería. Por labor conjunta de ambas dependencias, se crean las Maestrías en Redes Neuronales y en Ingeniería Informática –Opción Neurocomputación, del Posgrado de Ingeniería.
- ❖ Como resultado de la colaboración del CI con la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, se establece el Laboratorio de Neurocomputación y Neurocontrol, como parte integral del Laboratorio de Electrónica de la Secretaría Técnica del CI. Este laboratorio fue el primero de su clase, creado en la UNAM, en el marco del Programa de Posgrado en Neuroelectrónica, a partir del mes de septiembre, con un grupo de 15 estudiantes. En este laboratorio se diseñaron y analizaron diversos modelos de neurona artificial electrónica.
- ❖ Se crea la Coordinación de Docencia y Formación de Recursos Humanos, como resultado de la participación del CI en los nuevos programas de posgrado en Ciencias Físicas y en Ingeniería.
- ❖ En colaboración con el Instituto de Geofísica, se imparte, en el CI, el curso "*Fundamentals of Stochastic Processes and Random Vibration with Applications*", por parte del Dr. Julius Solnes de la Universidad de Islandia, en Reikiavik. Es uno de los primeros cursos impartidos en el CI por un especialista extranjero.
- ❖ El Sistema Nacional de Calibración de la Dirección General de Normas, de la Secretaría de Comercio, acredita al Laboratorio de Metrología para calibrar patrones longitudinales y mesas divisoras de ángulo, posibilitando que expida certificados de calibración de dichos patrones, con respaldo oficial y convirtiéndose en el único autorizado en el país para ello.
- ❖ El VII Congreso Nacional de Instrumentación, se lleva a cabo en Xalapa, Ver., del 7 al 9 de octubre, en colaboración con la Sociedad Mexicana de Instrumentación y la Universidad Veracruzana, con la presentación de 12 conferencias magistrales dictadas por expertos nacionales y extranjeros y más de 50 carteles sobre diversos temas de instrumentación.
- ❖ A través de sus diferentes departamentos, se trabaja en las siguientes líneas de investigación y desarrollo: Sección de Acústica Aplicada, Unidad de Digitalización y Procesamiento de Imágenes, Área de Química de Materiales, Área de Óptica Aplicada, Departamento de Diseño Mecánico y Construcción de Prototipos, Sección de Metrología, Departamento de Enseñanza Experimental de las Ciencias, Sección de Electrónica Automática y Control, y Área de Instrumentación Espacial.
- ❖ La planta académica la constituyen 9 investigadores y 42 técnicos académicos.
- ❖ En el transcurso del año, por primera vez, dentro del programa Jóvenes hacia la Investigación, promovido por la Coordinación de la Investigación Científica, se atienden 11 visitas guiadas con un total de 220 alumnos.
- ❖ Durante el año se firman convenios de intercambio y colaboración académica con el Instituto de Fisiología Celular, la Facultad de Ciencias, el Instituto de Investigaciones Sociales y el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades, fundamentalmente para la reparación de equipo científico y de cómputo; y con el Hospital de Cardiología "Luis Méndez" del Centro Médico Nacional-Siglo XXI, para investigación de la irradiación láser sobre tejido cardíaco.

# 1993

❖ Se llevan a cabo las transferencias de tecnología del Laboratorio de Ciencias Experimentales para Primaria a la empresa Fernández Editores, S.A., y la de Ayuda Auditiva que se hizo a la Secretaría de Salud.

❖ Se realiza del 6 al 8 de octubre, el VIII Congreso Nacional de Instrumentación, en la ciudad de Zacatecas, Zac., en colaboración con la Sociedad Mexicana de Instrumentación y la Universidad Autónoma de Zacatecas. Se presentaron 60 trabajos y participaron 200 académicos. Se elaboraron las correspondientes memorias.

❖ A la Sociedad Mexicana de Instrumentación se le apoya en la edición de la revista *Instrumentación y Desarrollo*.

❖ Con la Sociedad Mexicana de Física se colabora para la organización XXXVI Congreso Nacional de Física, celebrado en Acapulco, Gro.

❖ Se colabora con el Centro Latinoamericano de Física (CLAF) en la organización de la III Escuela y Taller en Fotónica, y del IV Encuentro Latinoamericano de Láseres, Óptica y sus Aplicaciones, celebrado en Oaxtepec, Mor.

❖ Se participa en la creación de la opción de Ingeniería Informática, del Posgrado de Ingeniería.

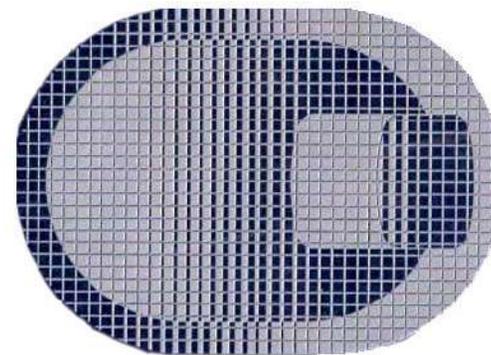
❖ En el Laboratorio de Procesamiento Digital de Imágenes se crea un sistema computarizado para el análisis automatizado del endotelio corneal humano, a transferirse al Instituto de Oftalmología Fundación Conde de Valenciana.

❖ El 10 de diciembre, el Dr. Claudio Firmani Clementi asume por segundo período la Dirección del CI, para el periodo 1993-1997.

❖ A partir del Informe 1993 del CI aparece nuevo logotipo, siendo 1998 su último año vigente (de acuerdo a las portadas de los Informes Anuales del Centro).



Inauguración y Conferencia del VIII Congreso Nacional de Instrumentación, en Zacatecas



Logotipo del CI a partir de 1993

## 1994

- ❖ Se desarrolla el Laboratorio de Ciencias Naturales por computadora LABSIS, para los niveles de bachillerato y licenciatura. Por encargo de la Secretaría General de la UNAM.
- ❖ El Laboratorio de Medición en Tres Coordenadas de la Sección de Metrología del CI, se reconoce oficialmente como el único con capacidad de calibrar instrumentos en México.
- ❖ Se renueva el acreditamiento SNC-No.D-11 para el Laboratorio de Metrología, otorgado por la Dirección General de Normas de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI).
- ❖ En junio, el Rector Sarukhán abandera el primer satélite de manufactura mexicana, el UNAMSAT-I, cuya estructura se desarrolló en el CI con el apoyo del Instituto de Física y bajo el auspicio del Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE). El satélite tiene por objetivo el estudio estadístico de las trayectorias de impacto de los meteoritos en la atmósfera terrestre.
- ❖ El IX Congreso Nacional de Instrumentación se efectúa en Cancún, Q. Roo, del 27 al 30 de septiembre, presentándose 8 conferencias magistrales dictadas por especialistas nacionales y extranjeros, así como 85 trabajos, con una asistencia de 250 participantes. Se colaboró con la Sociedad Mexicana de Instrumentación, en su organización y en la edición de sus memorias.
- ❖ El Dr. Gabriel Corkidi, en colaboración con un grupo multidisciplinario de la UNAM, se hizo acreedor al Premio CANIFARMA 94 otorgado por la Cámara Nacional de la Industria

Farmacéutica, por el diseño de un aparato que, mediante el procesamiento digital de imágenes, calcula automáticamente la división celular, cuyo índice permite evaluar, por ejemplo, el efecto de nuevos medicamentos en el tratamiento del cáncer por medio de la quimioterapia.

- ❖ Se inicia la edición de la revista *Instrumentation & Development* con el volumen 3, número 4, de la anteriormente denominada *Instrumentación y Desarrollo*. La revista contribuye a la difusión de la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico en instrumentación y sus disciplinas afines. Desde 1994 la revista aparece publicada completamente en inglés, a fin de ampliar su alcance y difusión, con la participación de autores y árbitros de otras nacionalidades.

## 1995

- ❖ El 28 de marzo se lanza el Satélite UNAMSAT-1, desde una base militar en Plasestsk, Rusia, pero una falla en el IV estadio del Start 1 ruso lo destruyó y malogró su lanzamiento.
- ❖ En abril se establece el Laboratorio de Microondas, para apoyar el proyecto del satélite UNAM-SAT.
- ❖ Se crea la Unidad de Servicios de Cómputo y Telecomunicaciones, como una unidad independiente, incorporando paulatinamente las tareas que en la actualidad desarrolla.
- ❖ El Laboratorio de Neurocomputación y Neurocontrol se crea a partir de que el Laboratorio de Modelado de Procesos/Computación

Adaptable un esfuerzo con el Laboratorio de Electrónica, para proponer una línea de investigación tecnológica en ingeniería neuronal, con el objetivo de desarrollar y analizar modelos neuronales electrónicos.

❖ El 30 de octubre se da a conocer que al Dr. Gabriel Corkidi Blanco se le otorga el Reconocimiento “Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos 1995”, en el área de Innovación Tecnológica y Diseño Industrial, así como el “Premio Grupo Carso en Trasplantes de Órganos”.

❖ El X Congreso Nacional de Instrumentación se lleva a cabo en la Universidad Veracruzana, en Xalapa, Veracruz, del 26 al 29 de septiembre. Se presentaron 17 conferencias magistrales dictadas por especialistas nacionales y extranjeros, así como 94 trabajos, con una asistencia de 300 participantes, provenientes de 20 diferentes instituciones. Se colaboró con la Sociedad Mexicana de Instrumentación, en la edición de sus memorias.

❖ El Grupo DIDATEC adquiere los derechos para comercializar equipo didáctico (mesa de aire, riel de aire, banco de óptica, bobina de inducción y marco de fuerzas), diseñado en el Departamento de Enseñanza Experimental de las Ciencias, para apoyar la enseñanza de la Física en los niveles medio y medio superior.

❖ El laboratorio de Óptica para niños “Opti-cubos”, desarrollado en el Departamento de Enseñanza Experimental de las Ciencias, gana en diciembre el primer lugar del Primer Concurso de Diseño Industrial, organizado por el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y el Centro de Investigaciones de Diseño Industrial (CIDI).

❖ El CI en esta época está conformado por la Sección de Acústica; el Área de Óptica; la Unidad de Digitalización y Procesamiento de

Imágenes; el Área de Materiales y Sensores; la sección de Electrónica y su área de Redes Neuronales; los Laboratorios de instrumentación Espacial; la sección de Metrología; el Departamento de Diseño Mecánico y Construcción de Prototipos; el Departamento de Enseñanza Experimental de las Ciencias; el Departamento de Mantenimiento (con sus Secciones de Cómputo, Electrónica, Óptica y Electromecánica); además de la Biblioteca y la Unidad de Cómputo.

❖ La plantilla de personal académico la integran 60 investigadores y técnicos académicos, en su mayoría egresados de carreras de Ingeniería y Ciencias.



Dr. Gabriel Corkidi Blanco, ganador del Reconocimiento “Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos 1995”

# 1996

❖ El CI conmemora su XXV aniversario en ceremonia presidida por el Rector, Dr. José Sarukhán, el Coordinador de la Investigación Científica, Dr. Gerardo Suárez Reynoso, el Director del Centro, Dr. Claudio Firmani, así como tres exDirectores del CI (Ing. Héctor del Castillo, M. en C. Héctor Domínguez y M. en C. Manuel Estévez). Para conmemorar este acontecimiento se coloca la primera piedra del edificio de tres pisos en que se alojará la biblioteca, en un terreno de 900 metros cuadrados, para dotar al CI de mayor espacio. Se cuenta con recursos del Programa UNAM-BID-Quinto Centenario.



Colocación de la 1ª piedra del edificio de la biblioteca del CI por el Dr. José Sarukhán, Rector de la UNAM

❖ En su sesión del 30 de abril, el Consejo Universitario acordó la incorporación del CI al Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico-Matemáticas y de las Ingenierías (CAAFMI), sobre la base de contar con una masa crítica de investigadores, llevar a cabo funciones de investigación bien definidas y contribuir a la formación de personal académico de alto nivel, convirtiéndose así en un centro de investigación y desarrollo tecnológico en lugar de uno de servicios.

❖ El CI, conjuntamente con otros Institutos del Subsistema de la Investigación Científica y la Facultad de Ciencias, continúa los trabajos tendientes a la implantación del Posgrado de Ciencias Físicas, bajo los lineamientos del Nuevo Reglamento de Posgrado de la UNAM, aprobado por el Consejo Universitario en 1995. Además, fortalece sus actividades de desarrollo, apoyo y servicio, mediante la incorporación de especialistas y la superación académica de sus miembros.

❖ El 7 de septiembre, el equipo de monitoreo instalado en el CI registra la primera señal del satélite UNAMSAT-B, fabricado en su totalidad por mexicanos. Se lanzó el día 5 en el cohete Cosmos Polyot, desde el cosmódromo de la base militar rusa de Plesetks. "Viva México" fue el primer mensaje recibido el día 8. En el cosmódromo se destacaron los trabajos de torneado y maquinado del satélite, realizados en el taller del Centro. El proyecto del satélite es responsabilidad del Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE), ubicado temporalmente en el primer piso del CI.

❖ El M. en C. José Luis Pérez Silva se hizo acreedor al "Reconocimiento Académico Magisterial", otorgado por la Fundación Arturo Rosenblueth.

❖ A partir de octubre, debido a exitosas colaboraciones académicas y planes académicos conjuntos con el Instituto de Biotecnología de la UNAM, el Laboratorio de Imágenes y Visión tiene una sede en el Instituto de Biotecnología, dentro del polo de desarrollo de Cuernavaca, Morelos.

❖ En noviembre, al Dr. Rufino Díaz Uribe se le otorga el Reconocimiento "Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos 1996", en el área de Docencia en Ciencias Exactas.



Dr. Rufino Díaz Uribe, ganador del Reconocimiento "Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos 1996"

❖ Se realiza el XI Congreso Nacional de Instrumentación, en Morelia, Michoacán, del 1 al 4 de octubre. Se presentan 15 conferencias magistrales dictadas por especialistas nacionales y extranjeros, así como 125 trabajos, con una asistencia de 300 participantes, provenientes de 25 diferentes instituciones. Se colabora con la Sociedad Mexicana de Instrumentación en la edición de las memorias correspondientes.

❖ Durante la presentación ante el rector, Dr. Francisco Barnés de Castro, del cuarto informe de labores de su segundo período, el Dr. Firmani expresa que el CI ha realizado un gran esfuerzo para reestructurarse e iniciar el proceso para convertirse en instituto. Además recuerda que en los últimos ocho años se han firmado convenios de transferencia de tecnología con las empresas: BIOCUM de Francia, para la digitalización y procesamiento de imágenes; DIBYASA, S. A., para la fabricación de bombas de tornillos; Fernández Editores, S. A. , para el desarrollo del laboratorio de ciencias experimentales para primaria; Visión Internacional, S. A., para el prototipo de un retroproyector; DIDATEC, S. A., para equipo didáctico destinado a la enseñanza de la Física en nivel medio superior. Además, con la Secretaría de Salud, para ayuda auditiva.

❖ La planta académica la integran 15 investigadores y 51 técnicos académicos.

## ***El CI se reestructura***

# 1997

- ❖ Se crea la Unidad de Gestión de Proyectos
- ❖ El CI se integra como entidad académica participante en el programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Físicas.
- ❖ Se establece una unidad foránea del Laboratorio de Imágenes y Visión dentro del Instituto de Biotecnología de la propia UNAM, en Cuernavaca, Mor., encabezada por el Dr. Gabriel Corkidi.
- ❖ Del 30 de septiembre al 3 de octubre se lleva a cabo el XII Congreso Nacional de Instrumentación, en San Luis Potosí, S.L.P., en colaboración con la Sociedad Mexicana de Instrumentación (Miembro de IMEKO) y la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- ❖ En noviembre, por Acuerdo del Rector, Dr. Barnés de Castro, se cancela el Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE) y se integran en el CI, los esfuerzos académicos de investigación científica y desarrollo tecnológico hasta ahora conducidos en ese Programa.
- ❖ El 12 de diciembre, el Dr. Felipe Lara Rosano toma posesión como Director del CI, en presencia del Dr. Francisco Bolívar Zapata, Coordinador de la Investigación Científica. Permanece en el cargo durante dos períodos hasta el 11 de diciembre de 2005.

## Felipe Lara dirigirá el Centro de Instrumentos para el periodo 1997-2001

**E**l doctor Felipe Lara Rosano fue designado por el rector Francisco Barnés de Castro director del Centro de Instrumentos (CI) para el periodo 1997-2001, en sustitución del doctor Claudio Firmani Clementi.

En la ceremonia de toma de posesión, realizada el 12 de diciembre en el auditorio del CI, el coordinador de la Investigación Científica, doctor Francisco Bolívar Zapata, en representación del rector Barnés de Castro, indicó que ese centro tiene múltiples tareas que realizar.

El centro, agregó, se encuentra en una etapa "en la que em-

pleo del centro, así como en encontrar la forma de sumar los esfuerzos alrededor de la misión y de los propósitos de esta dependencia".

Asimismo, el doctor Bolívar Zapata reconoció la labor desempeñada por el doctor Claudio Firmani a lo largo de ocho años al frente de ese centro, "en los que se ha consolidado como una dependencia universitaria en la que se impulsa la investigación, el desarrollo de tecnología y la formación de recursos humanos".

**Trayectoria Profesional**



do fue designado coordinador del Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías.

**Felipe Lara y Francisco Bolívar Zapata.**

Toma de posesión del Dr. Felipe Lara Rosano como Director del CI

## El CI participa en el Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Físicas

# 1998

❖ En enero se establece el Laboratorio de Cibernética Aplicada, con un enfoque multidisciplinario.

❖ El Consejo Interno aprueba el Nuevo Proyecto de Reglamento Interno del CI, en el cual se establece la redefinición de la misión del CI: Realizar investigación aplicada y desarrollo tecnológico en instrumentación y disciplinas afines; contribuir al mejoramiento del aprendizaje de la ciencia y la técnica; brindar asesoría y servicios técnicos de alta especialización; participar directamente en la formación de científicos, ingenieros y otros profesionistas; y, coadyuvar a la difusión de estas disciplinas. Se establece la diferenciación entre los técnicos académicos que son Ingenieros de Desarrollo y los técnicos académicos de apoyo. Se instituye la figura de Coordinador de Laboratorio cuya función principal es supervisar la calidad del trabajo de investigación y desarrollo.

❖ Se incluye en el Reglamento Interno la posibilidad del establecimiento de Unidades Foráneas del CI. Se redefine la misión del CI y reorganiza su estructura, revaluando su papel en el desarrollo tecnológico, incluyendo un Programa de Desarrollo Tecnológico e Ingeniería. Se definen cinco Laboratorios de Investigación, ocho Laboratorios de Desarrollo Tecnológico e Ingeniería y dos Laboratorios de Asesoría y Servicios. Se institucionaliza la actividad de Gestión de Proyectos para mejorar y agilizar la gestión académica y administrativa de los proyectos de investigación y desarrollo, a través del nuevo Reglamento de Gestión de Proyectos de Investigación y Desarrollo. Incluye la participación de “estudiantes asociados” en proyectos de investigación.

❖ El Dr. Felipe Lara Rosano recibe la distinción *Outstanding Scholarly Contribution Award in Cybernetics* 1998, otorgada por The International Institute for Advanced Studies in Systems Research and Cybernetics (IIAS).



El Dr. Felipe Lara Rosano

❖ Inician las Opciones Técnicas en Mantenimiento a Equipo de Cómputo, Electrónico y de Refrigeración, para la formación de técnicos especializados en los CCH-Sur y CCH-Oriente, bajo la gestoría del M. en P. Jesús Ramírez Ortega.

❖ Se instituye la Coordinación de Docencia, para facilitar la participación del personal académico en actividades docentes en las Facultades de Ciencias e Ingeniería y se crea la Sala de Cómputo para los estudiantes asociados del CI.

❖ Se crea la Coordinación de Vinculación del CI.

❖ La Unidad de Servicios Editoriales se crea para la revisión de estilo en inglés de los trabajos enviados a publicación.

- ❖ A partir del Departamento de Enseñanza Experimental de las Ciencias se crean:
  - La Unidad Multimedia, para el desarrollo de interfaces multimedia alrededor de la problemática interacción hombre - máquina en el sentido amplio, atacando el problema de la calidad de los instrumentos y el software desarrollados en el Centro, tanto desde el punto de vista de su presentación como de la ergonomía, con el Dr. Fernando Gamboa Rodríguez como Coordinador.
  - El Laboratorio de Cognición, Cibernética y Aprendizaje de la Ciencia, para el desarrollo de modelos cognoscitivos, representación del conocimiento, heurísticas del aprendizaje y didáctica de la ciencia. Es encabezado por el Dr. Jorge Barojas Weber.
- ❖ Se crea el Laboratorio de Sistemas Inteligentes, que se forma originalmente en 1989 en el Instituto de Ingeniería, trasladándose al Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS) en 1997 e integrándose finalmente al CI en 1998.
- ❖ Después de una evaluación académico- administrativa, el CI deja de ser una entidad dedicada a los servicios de mantenimiento y reparación de equipo, pasando a ser una entidad académica de investigación en las tecnologías avanzadas y ciencias de la instrumentación; reorientando sus actividades hacia física aplicada, ciencia de materiales y tecnologías de la información, así como el desarrollo tecnológico de frontera; estableciéndose laboratorios de cibernética y sistemas, fotofísica, fotónica de microondas, computación adaptable, micromecánica y mecatrónica, sistemas inteligentes, ingeniería de producto, interacción humano-máquina y multimedios y unidades de películas delgadas, microlitografía y telemática educativa.
- ❖ El CI participa en la creación de la Opción de Instrumentación del Posgrado en Ingeniería Eléctrica, opción impulsada por el Dr. Felipe Lara Rosano, Director del CI, quien apoyó las iniciativas de los Drs. Felipe Orduña Bustamante y Augusto García Valenzuela.
- ❖ El CI organiza el XIII Congreso Nacional de Instrumentación, en Ensenada, Baja California, del 5 al 9 de octubre; en colaboración con la Sociedad Mexicana de Instrumentación y la Universidad Autónoma de Baja California.
- ❖ En octubre se publica el No. 1 de CITA (su nombre corresponde a las siglas de Centro de Instrumentos Tarjeta Académica), gaceta bimestral del Colegio del Personal Académico del CI, como un órgano de comunicación entre el personal académico, con el propósito de dar a conocer aspectos interesantes de la vida del Centro, mediante aportaciones de noticias o comentarios de interés del o sobre su personal. Promovida por el Dr. Neil Bruce, durante el primero (1998-2000) de los dos períodos en que fungió como Presidente del Colegio.
- ❖ Se inician las presentaciones de los laboratorios que integran el CCADET, ante el pleno de la comunidad del Centro.
- ❖ En noviembre, a raíz de la desaparición del Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE), se integran al CI las actividades académicas que venía desarrollando y se crea el Laboratorio de Instrumentación Espacial.

# 1999

❖ En enero, el Rector Barnés de Castro inaugura una nueva ala de tres niveles del edificio principal, para alojar la biblioteca y el Laboratorio para el trazado de patrones a láser. En el nuevo edificio también se aloja la Unidad de Servicios de Información, así como salas de cómputo y cubículos de investigadores e ingenieros de desarrollo. Se construye con fondos del Programa UNAM–BID.

❖ Inicia actividades el Laboratorio de Ingeniería de Producto, con el Departamento de Diseño Mecánico como antecedente, para impulsar el diseño de la ingeniería de producto de los prototipos diseñados y desarrollados en el CI, bajo los principios de funcionalidad, estética y ergonomía para su transferencia y comercialización, así como garantizar su competitividad mediante la aplicación de nuevas formas de producción. Su Sección de Producción opera el Taller Mecánico.

❖ En enero se crea la Coordinación de Vinculación y Gestión Tecnológica, con el propósito de transferir y divulgar a los sectores productivo y académico, el conocimiento científico y tecnológico generado por los laboratorios de investigación y desarrollo del CI.

❖ En marzo se firma un convenio con la empresa Harry Mazal, S. A., para la transferencia de tecnología para los Laboratorios de Enseñanza Experimental de la Ciencia (Física) de nivel medio superior.

❖ Se establecen institucionalmente las líneas de investigación de cada Laboratorio para mejorar su relevancia y pertinencia, así como evitar dispersiones.

❖ Los logros obtenidos por el Laboratorio de Neurocomputación y Neurocontrol conducen a la creación del Laboratorio de Computación Adaptativa. Su objetivo fundamental es realizar investigación aplicada y tecnológica en el campo de la computación neuronal, con énfasis en el diseño y construcción de sistemas informáticos para la simulación de procesos, así como desarrollar nuevos métodos de cómputo basados en técnicas evolutivas, borrosas e inteligentes.

❖ Se crea la Unidad de Capacitación Técnica, para ofrecer cursos de capacitación al personal del Centro, así como cursos de educación continua y cursos-taller a personal de otras entidades académicas de la UNAM y del sector productivo.

❖ Se establece el Laboratorio de Ingeniería Mecánica.

❖ Inicia actividades la Unidad Interna de Mantenimiento, Diseño y Desarrollo Electrónico, así como la de Mantenimiento, Diseño y Desarrollo Mecánico y Electromecánico.

❖ Se adopta la organización departamental, definiéndose los Departamentos de Investigación Aplicada, de Desarrollo Tecnológico e Ingeniería Mecánica, y de Asesoría y Servicios.

❖ Se reestructura la Unidad de Servicios de Cómputo y Telecomunicaciones.

❖ Se constituye la Unidad de Multimedia a partir de la Sección de Multimedia del Laboratorio de Ingeniería de Producto.

❖ Se participa en la organización del Doctorado en Pedagogía de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN).

- ❖ Se revalora la labor del técnico académico que realiza funciones de Ingeniero de Desarrollo en el CI, permitiéndole encabezar proyectos de desarrollo tecnológico y ser Jefe de Departamento, de Laboratorio o de Unidad Académica.
- ❖ Se reestructura la revista *Instrumentation and Development*, internacionalizándose su Comité Editorial. El CONACyT la ratifica como una revista de excelencia.
- ❖ El Consejo Interno aprueba los Lineamientos para Proyectos Multidisciplinarios Externos y para Prestación de Servicios Externos del CI; así como el Procedimiento para la Contratación de Cursos de Capacitación Técnica y el Procedimiento para la Contratación de Cursos de Educación Continua.
- ❖ Se aprueba el nuevo Reglamento de Ingresos Extraordinarios del CI, instituyéndose el pago de remuneraciones adicionales al personal que participe en proyectos patrocinados.
- ❖ Se consolida la gestión por proyectos.
- ❖ Se computariza la administración y se descentraliza el ejercicio presupuestal, asignándose presupuesto a cada Laboratorio y a cada Unidad de Apoyo Académico.
- ❖ Se define la figura de “estudiante asociado” y se le incorpora con derechos y obligaciones en el Reglamento Interno.
- ❖ Se fortalece el programa de becas internas con cargo a los ingresos extraordinarios.
- ❖ Se realiza el SOMI XIV Congreso Nacional de Instrumentación, en Tonanzintla, Puebla, del 5 al 7 de octubre.
- ❖ Se incorpora el Dr. Oleg Kolokolstev con la primera Cátedra Patrimonial otorgada al Centro por el CONACyT.
- ❖ La plantilla académica está integrada por 16 investigadores y 55 técnicos académicos.



Nueva ala de tres niveles del edificio principal del CI

## 2000

❖ A principios de año, el CI se reorganiza en dos departamentos: el de Investigación Aplicada y el de Desarrollo Tecnológico e Ingeniería. En el de Investigación Aplicada se ubican los laboratorios de Acústica Aplicada y Vibraciones, Cibernética Aplicada, Fotofísica, Imágenes y Visión, Microondas y Microlitografía, Materiales y Sensores, y Óptica Aplicada. En el Departamento de Desarrollo Tecnológico, los laboratorios de Cognición, Cibernética y Aprendizaje de la Ciencia; Computación Adaptativa; Electrónica; Ingeniería Mecánica; Instrumentación Espacial; Metrología; y, Sistemas Inteligentes.

❖ En octubre, el Grupo de Estudios sobre Innovación Tecnológica (GEIT) del Instituto de Ingeniería se incorpora temporalmente a la Coordinación de Vinculación y Gestión Tecnológica del CI, conformándose la Unidad de Inteligencia Tecnológica con el propósito de fortalecer las acciones en el área de gestión e investigación de la innovación tecnológica.

❖ Se establecen criterios de calidad para cada una de las áreas de investigación y desarrollo tecnológico.

❖ Se establece el Laboratorio de Interacción Hombre-Máquina y Multimedia.

❖ Se incorpora una Unidad de Producción al Laboratorio de Ingeniería de Producto, que opera académicamente el Taller Mecánico.

❖ La revista de la Sociedad Mexicana de Instrumentación, *Instrumentation and Development*, anteriormente denominada *Instrumentación y Desarrollo*, se publica tres veces al año, completamente

en inglés, con la participación de autores y árbitros de otras nacionalidades. Contribuye a la difusión de la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico en instrumentación y disciplinas afines, mediante artículos originales, de elevada calidad sobre investigación, desarrollo y aplicaciones innovadoras.

❖ El Centro es entidad académica participante en el programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería.

❖ El Laboratorio de Modelado de Procesos/Computación Adaptable/ Neurocomputación y Neurocontrol, comienza una ardua labor de vinculación con el sector productivo del país, logrando la gestión y aprobación de varios proyectos de desarrollo tecnológico con PEMEX-Exploración y Producción.

❖ Se definen los criterios para la evaluación de informes anuales del personal académico por parte del Consejo Interno, con la colaboración del Colegio del Personal Académico.

❖ Se lleva a cabo el SOMI XV Congreso de Instrumentación, del 16 al 20 de octubre, en Guadalajara, Jalisco.

### **El CI participa en el Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería**

## 2001

❖ El 7 de junio de 2001 se crea por acuerdo del Rector, la Torre de Ingeniería dirigida por un Consejo Directivo integrado por cuatro Entidades Académicas; las Facultades de Ingeniería y de Química, el Instituto de Ingeniería y el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, un representante del Rector y un representante del Patronato Universitario. La Torre de Ingeniería, ubicada en el circuito escolar de CU, representa un esfuerzo de la UNAM para fortalecer sus actividades de colaboración con los sectores productivo, social, y de servicios dirigidas al desarrollo tecnológico. Por la participación inicial del Instituto de Ingeniería en el proyecto, Rectoría le concede el uso de manera permanente del nivel sótano (bodegas), niveles 1 y 2 de oficinas y las construcciones aledañas al edificio en la zona poniente del mismo. De esta manera quedan para uso común de las otras tres entidades, los niveles auditorio y acceso, niveles tres a seis de oficinas y nivel terraza.

❖ En agosto, se firma convenio UNAM-Pearson Educación, para la promoción y distribución vía internet de la revista *Instrumentation and Development*.

❖ Se crea el Laboratorio de Fotofísica, para el estudio de procesos que se generan por la interacción de luz con la materia. Al Dr. Mayo Villagrán Muñoz se le designa Responsable del Laboratorio.

❖ El Laboratorio de Metrología obtiene su acreditación, tanto administrativa como técnica, ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA), quien la otorga con base en requerimientos que alcanzan nivel de recomendación internacional, emitidas por

la *International Organization for Standardization* (ISO). El Laboratorio trabaja la metrología geométrica, esencialmente longitud y ángulo.

❖ En septiembre se crea la Unidad de Películas Delgadas y Microlitografía, a partir de la reestructuración del Laboratorio de Microondas, para orientarlo hacia la producción de películas delgadas y de circuitos integrados para diferentes usos, así como el desarrollo de dispositivos en la banda de RF para instrumentos de medición y sistemas de telecomunicación ultrarrápidos por fibra óptica y microondas, basados en fenómenos físicos y estructuras electromagnéticas avanzadas.

❖ Se establece la Coordinación de Vinculación y Gestión Tecnológica, con patrocinio de CONACyT, adscribiéndosele una Unidad de Inteligencia Tecnológica y una Jefatura de Proyectos Especiales.

❖ Se elabora un Plan de Modernización del Taller Mecánico, con base en Celdas de Manufactura Flexible.

❖ A partir del Laboratorio de Cognición, Cibernética y Aprendizaje de la Ciencia se crea la Unidad de Pedagogía Cognitiva y Aprendizaje de la Ciencia, coordinada por el Dr. Fernando Flores Camacho.

❖ En octubre dan inicio las actividades conmemorativas del XXX Aniversario de la creación del CI, en un acto presidido por el Dr. René Drucker Colín, Coordinador de la Investigación Científica y el Dr. Felipe Lara Rosano, Director del Centro. Se indica que el Centro tiene cinco campos de investigación: Vibraciones y ondas electrónicas; micro y nanotecnología; computación y electrónica; tecnologías avanzadas para la producción; y, educación tecnocientífica. Se informa que el personal académico está conformado por 25 investigadores y 67 técnicos académicos.

- ❖ En colaboración con la Sociedad Mexicana de Instrumentación, se efectúa el XVI Congreso Nacional de Instrumentación SOMI, en Querétaro, Qro., del 15 al 19 de octubre.
- ❖ Se planea la certificación de los laboratorios del CI para dar servicios al sector productivo.
- ❖ El 10 de diciembre, en una ceremonia, se devela la placa conmemorativa del 30 Aniversario de la creación del Centro de Instrumentos.
- ❖ En diciembre, el Dr. Felipe Lara Rosano toma posesión como Director del Centro para un segundo período.
- ❖ Se definen nuevas líneas de investigación básica y tecnológica, para establecerse a mediano plazo, cuando las líneas actuales se consoliden y existan los recursos humanos y de infraestructura para ello.



Placa conmemorativa del 30 Aniversario del CI, ubicada a un lado de la entrada del auditorio

## ***Se definen nuevas líneas de investigación básica y tecnológica***

## 2002

❖ En enero se designa al Dr. Ovsei Gelman Muravchik como *Editor-in-Chief* de la revista *Journal of Applied Research and Technology*.

❖ Se crea la Unidad de Evaluación de la Conformidad, por la necesidad de asegurar la calidad de los prototipos y desarrollos tecnológicos producidos en el Centro.

❖ A partir de la Unidad de Pedagogía Cognitiva y Aprendizaje de la Ciencia se crea el Grupo de Cognición y Didáctica de las Ciencias, con la Dra. Leticia Gallegos Cázares como Coordinadora.

❖ En marzo se presenta la base de datos Ideas Previas, desarrollada en el Departamento de Enseñanza de las Ciencias, y posteriormente en la Unidad de Pedagogía Cognitiva y Aprendizaje de la Ciencia. Consiste en un sitio de Internet que proporciona una numerosa y diversa cantidad de creencias, que los alumnos de cualquier grado escolar poseen acerca de los procesos naturales y los conceptos que los describen.

❖ El 1° de abril, el Consejo Universitario acuerda cambiar el nombre de Centro de Instrumentos (CI) por el de Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET), más acorde con sus funciones y líneas de investigación y desarrollo, y como reflejo de la larga y compleja evolución de esta entidad académica, que siendo concebida originalmente como un centro de servicios pasó en 1996 a ser considerada como un centro de investigación, integrado al Consejo Técnico de la Investigación Científica y al Consejo Académico de las Áreas de las Ciencias Físico-Matemáticas y de las Ingenierías.

❖ Del 14 al 18 de octubre, en Mérida, Yuc., se celebra el SOMI XVII Congreso de Instrumentación, en colaboración con la Sociedad Mexicana de Instrumentación.

❖ Se modifica el Reglamento Interno para adecuarlo a un centro de investigación.

❖ Acorde al cambio de denominación del Centro, este logotipo hace su primera aparición en 2002. El último Informe anual en el que aparece es en el del año 2007.



Primer logotipo del CCADET

❖ Se crea el Laboratorio de Interacción Humano - Máquina y Multimedia a partir de la Unidad Multimedia, para desarrollar las interfaces ergonómicas de los productos de software desarrollados en el Centro y desarrollar tecnología de punta para la construcción de sistemas interactivos con el usuario. El Dr. Fernando Gamboa Rodríguez es designado su Coordinador.

## 2003

❖ El 8 de enero, la Sociedad Mexicana de Instrumentación designa ganador del concurso para el diseño de logotipo e imagen de SOMI, a Humberto Albornoz Delgado.

❖ El 12 de enero se le otorga el *First Place in the Image-Pro in Action Contest*, de Media Cybernetics (USA), al Dr. Gabriel Corkidi Blanco.

❖ En enero, el M. en C. Luis Estrada Martínez es designado Presidente del Seminario de Cultura Mexicana y poco después se le otorga el *Reconocimiento “Forjadores de la Ciencia en la UNAM”*.

❖ Se acondicionan nuevos espacios para los Laboratorios de Fotofísica, de Óptica Aplicada, de Micromecánica y Mecatrónica, de Interacción Humano-Máquina y Multimedia, de Pedagogía Cognitiva y Aprendizaje de la Ciencia, así como el Taller del Laboratorio de Ingeniería de Producto, el Departamento de Adquisiciones y el Departamento de Personal.

❖ El Reconocimiento “Sor Juana Inés de la Cruz”, otorgado por el Rector de la UNAM, a partir del año 2003, reconoce la labor de las universitarias que han sobresalido por sus labores de docencia, investigación y difusión de la cultura. Se le ha otorgado a las siguientes académicas: Dra. Martha Rosete Aguilar (2003), Leticia Gallegos Casares (2005), Josefina Elizalde Torres (2006), Elena Golovataya Dzymbieva (2007), Clara Rosa María Alvarado Zamorano (2008), Norma Angélica Sánchez Flores (2009), Josefina Bárcenas López (2011), María del Rocío Redón de la Fuente (2013), Leticia Vega Alvarado (2014), María Herlinda Montiel Sánchez (2015), María Soledad Córdova Aguilar (2016), América R. Vázquez

Olmos (2017), Citlali Sánchez Aké (2018), María Esther Mata Zamora (2019) y Rosario Castañón Ibarra (2020).

❖ Se desarrolla un sensor capacitivo para realizar mediciones experimentales en películas delgadas, que se patenta.

❖ Con fecha 1° de abril de 2003 se publica el Vol. 1 No. 1 de la revista *Journal of Applied Research and Technology*, anteriormente publicada bajo las denominaciones *Instrumentación y Desarrollo e Instrumentation & Development*.

❖ El 11 de mayo, el Colegio de Ingenieros del Perú le otorga al Dr. Nicolás Kemper Valverde, el Diploma de Reconocimiento Académico y Plato de Plata.

❖ El 10 de julio, la Ing. Cecilia Delgado Briseño es reconocida como Evaluadora Líder Técnica de Laboratorios de Calibración-área dimensional, en el Subpadrón Nacional de Evaluadores de la Entidad Mexicana de Acreditación, de la Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía, para el periodo: julio 2003-julio 2006. Única universitaria con este nivel.

❖ El 1° de agosto, el *International Institute for Advanced Studies in Systems Research and Cybernetics* designa Distinguished Professor, al Dr. Felipe Lara Rosano.

❖ El 8 de agosto se le otorga a Cecilia Delgado Briseño el Diploma de Reconocimiento a su labor como Presidente del Comité Multisectorial de Vigilancia, del Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A. C.

❖ Durante una visita del Rector, Dr. Juan Ramón de la Fuente, se mencionan algunos ejemplos recientes de la vinculación del

CCADET con el sistema productivo, destacando simuladores inteligentes vía Internet para PEMEX, bioprótesis para el Instituto Nacional de Cardiología, sistemas de interpretación biomédica para los Laboratorios Silanes, detectores de ángulo vía fibra óptica para la Secretaría de Marina, sistemas de capacitación computarizada de funcionarios de restaurantes para la Secretaría de Turismo, y procesos de certificación de productos industriales para Underwright Laboratories, entre otros.

❖ Se celebra el XVIII Congreso de Instrumentación, en colaboración con la Sociedad Mexicana de Instrumentación y la Academia Mexicana de Tecnología, A. C. (AMT), del 6 al 10 de octubre, en la Torre de Ingeniería, Cd. Universitaria, Ciudad de México.

❖ El 5 de diciembre, el Centro de Investigación y Docencia Económicas otorga el Premio CIDE 2003 a la investigación sobre la actividad científica y tecnológica (categoría: Mejor trabajo de tesis terminada), a la Dra. Rosario Castañón Ibarra.

❖ En diciembre se lleva a cabo un evento de un día completo en la Torre de Ingeniería, en el cual académicos y posdoctorantes de reciente ingreso al CCADET, expusieron los principales proyectos en que participan y las líneas de investigación y desarrollo tecnológico en que se ubican sus actividades académicas.

## 2004

❖ El CCADET se convierte en entidad académica participante en el programa de Maestría y Doctorado en Ciencia e Ingeniería de la Computación.

❖ Se participa como entidad académica en el programa de Maestría y Doctorado en Música.

❖ Al Dr. Rodolfo Zanella Specia se le otorga el “Premio Nacional 2004 a la Mejor Tesis Doctoral” en el área de “Ciencias e Ingeniería de Materiales”, otorgado por el Instituto de Investigación en Materiales de la UNAM. Tesis realizada en la *Université Pierre et Marie Curie*, Paris VI, Francia.

❖ A través de un sistema computarizado, se diseña una nueva estructura para los Programas Anuales de Actividades y los Informes Anuales de Actividades del Personal Académico.

❖ Se realiza el SOMI XIX Congreso de Instrumentación, en colaboración con la Sociedad Mexicana de Instrumentación y la Academia Mexicana de Tecnología, del 25 al 29 de octubre, en Pachuca, Hgo.

# 2005

❖ A Gabriel Corkidi Blanco, por segunda ocasión se le otorga el premio del concurso “Image Pro in Action”, otorgado por Media Cybernetics, Inc., al trabajo “Analysis of Air Bubbles and Oil Droplets”.

❖ En reunión del pleno del Colegio del Personal Académico del CCADET del día 29 de abril, se designa la Comisión para el Diagnóstico Institucional, con el propósito de evaluar una posible reestructuración del CCADET,

❖ Durante el periodo del 7 de junio de 2001 al 8 de mayo de 2005, con recursos económicos provenientes de los ingresos extraordinarios generados por 126 proyectos patrocinados, desarrollados en las instalaciones de la Torre de Ingeniería, por las cuatro Entidades Académicas integrantes de su Consejo Directivo, así como de una aportación extraordinaria de Rectoría y de las mismas Entidades Académicas, se continúa la construcción y equipamiento gradual del edificio.

❖ El Dr. Ernst Kussul es Académico Fundador de la Academia Mexicana de Ciencias, Artes, Tecnología y Humanidades, A.C., creada en junio de 2005.

❖ Humberto A. Albornoz Delgado obtuvo el premio QUORUM de Diseño por primer lugar en la categoría de Diseño Industrial de Productos de Consumo 2005.

Se celebra el SOMI XX Congreso de Instrumentación, en colaboración con la Sociedad Mexicana de Instrumentación, la Academia Mexicana de Tecnología, el Consejo de Ciencia y Tecnología del

Estado de Guanajuato, el Centro de Investigaciones en Óptica y el Instituto de Física de la Universidad de Guanajuato, del 24 al 28 de octubre, en León, Guanajuato.

❖ A finales de año se transforma la estructura académico-administrativa del CCADET, creándose los departamentos de Instrumentación, Óptica, Tecnociencias y Tecnologías de la Información; cada uno constituido por diferentes grupos académicos disciplinarios, con estructura flexible que sustituyó a los anteriores laboratorios. Asimismo, con el fin de reducir la dispersión de las actividades del Centro, se definieron cuatro grandes Campos Prioritarios del CCADET: Instrumentación, Micro y Nanotecnologías, Tecnologías de la Información, y Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología.

❖ El 12 de diciembre, el Dr. José Manuel Saniger Blesa, asume la Dirección del CCADET, en presencia del Dr. René Drucker Colín, Coordinador de la Investigación Científica.



Exterior de la Torre de Ingeniería



Interiores de la Torre de Ingeniería



Toma de posesión del Dr. José Manuel Saniger Blesa como Director del CI, en presencia del Dr. René Drucker Colín, Coordinador de la Investigación Científica

## 2006

❖ El Dr. José Manuel Saniger Blesa, como Director del CCADET, es nombrado en enero Presidente de la Sociedad Mexicana de Instrumentación.

❖ En enero, para su producción en serie, se entregan formalmente a Harry Mazal, empresa internacional productora de equipo didáctico, el laboratorio de Enseñanza de las Ciencias (que consta de diez equipos, una interfaz física y el software correspondiente) y el de Instrumentos de Medición para enseñanza profesional (comprende siete herramientas, una interfaz física y el correspondiente programa); un Banco de Trabajo Universal para la Enseñanza de Control y el Software para enseñar neumática y eléctrica en nivel medio superior.

❖ El CCADET participa en el macroproyecto de la UNAM "Programa de Investigación Interdisciplinaria y Desarrollo Tecnológico en Tecnologías de la Informática para la Educación a Distancia", para la creación de una red académica virtual de tecnologías de la información para la educación que reúne a especialistas en cómputo, informática, didáctica, comunicación, visualización, psicopedagogía, bibliotecas digitales e inteligencia artificial, entre otras.

❖ El CCADET desarrolla un lector de pruebas rápidas para detectar hipotiroidismo congénito, para los Laboratorios Silanes. Está en fase de escalamiento industrial después de haberse evaluado satisfactoriamente un prototipo en Monterrey, con alto valor agregado.

❖ Se reestructuran el Taller Mecánico y la Red Local de Telecomunicaciones.



Exterior del Taller Mecánico

❖ El 2 de junio, el Dr. José Manuel Saniger Blesa es nombrado Coordinador del Proyecto Universitario de Nanotecnología Ambiental (PUNTA), "Nanocatalizadores para el mejoramiento del medio ambiente", por la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM.

❖ El Programa de Maestría y Doctorado en Instrumentación se integra al Padrón de Excelencia, nivel maestría, del Padrón Nacional de Posgrado (PNP), posibilitando la obtención de becas para alumnos, por CONACYT. Las líneas de formación que ofrece son: Acústica y Vibraciones; Sistemas Complejos y Computación Neuronal; Imágenes y Visualización; Instrumentación de Cambio Climático; Instrumentación Astronómica; Materiales y Nanotecnología; Sistemas Ópticos y Óptica No Lineal; Fotofísica y Películas Delgadas; Sensores Ópticos y Eléctricos.

❖ La Mesa Directiva del Colegio del Personal Académico, con el apoyo de la Secretaría Académica, asume la organización de los Martes Coloquiales, semanales.

❖ Se efectúa la transferencia tecnológica de sistemas para validar bioprótesis de válvulas cardíacas al Instituto Nacional de Cardiología, desarrollado en el Laboratorio de Micromecánica y Mecatrónica del CCADET.

❖ El CCADET, junto con las Facultades de Ciencias y de Química, participa en el Consejo Consultivo Interinstitucional de Ciencias (CCIC), creado en este año, a instancias de la Subsecretaría de Educación Básica, en el cual las principales universidades y asociaciones nacionales mexicanas participan con la SEP, con su análisis y crítica en el desarrollo de diversas tareas académicas como planes y programas de estudio, materiales educativos, procesos de formación docente y con propuestas encaminadas al mejoramiento de la educación básica.

❖ En octubre se otorga al Dr. Augusto García Valenzuela el Reconocimiento Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos 2006, en Innovación Tecnológica y Diseño Industrial.

❖ El Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE) informa que el Laboratorio Escolar de Sensores Automatizados (LESA), fruto de la colaboración entre la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico (DGSCA) y el CCADET, será puesto en marcha próximamente en varios estados del país. El Laboratorio tiene la capacidad de medir variables como temperatura, presión, humedad relativa, luz, voltaje y pH, en las áreas de Física, Química y Biología, en el nivel secundaria. En su desarrollo participó el Laboratorio de Pedagogía Cognitiva y Aprendizaje de la Ciencia;

el software estuvo a cargo de DGSCA. El ILCE lo entregará posteriormente a la SEP.

❖ El SOMI XXI Congreso de Instrumentación se celebra con la colaboración de la Sociedad Mexicana de Instrumentación, la Academia Mexicana de Tecnología, el Centro de Ciencias de la Materia Condensada y el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, en Ensenada, Baja California, del 22 al 25 de octubre.



Banner del SOMI XXI Congreso de Instrumentación, efectuado en Ensenada, BC

❖ El 27 de noviembre, la COFEPRIS designa a los Ing. Amado Santiago y Cecilia Delgado, como expertos para la elaboración del "Suplemento para dispositivos médicos de la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos", en que se consignan las especificaciones sanitarias que deben cumplir dichos insumos, así como los métodos de análisis para su verificación, con lo que se garantiza su seguridad y eficacia. El Suplemento contiene 15 normas oficiales mexicanas.

❖ A partir del 30 de noviembre, se incorporan al Consejo Directivo de la Torre de Ingeniería, el Secretario General y el Coordinador de la Investigación Científica de la UNAM, así como el Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y Sistemas (IIMAS).

❖ El 15 de diciembre se cumplen treinta y cinco años de la creación del CI/CCADET.



Amado Santiago y Cecilia Delgado. Foto: Francisco Cruz.

## Elaboran expertos normas sobre dispositivos médicos

Forma parte de la farmacopea mexicana; especifican las normas sanitarias que deben cumplirse

Los Ing. Amado Santiago y Cecilia Delgado, expertos en normas

**Se cumplen 35 años  
de la creación del CI/CCADET**

## 2007

- ❖ La revista *Journal of Applied Research and Technology* (JART), editada por el CCADET, se indexa en mayo en el *Science Citation Index Expanded* (SCIE), que integra a las publicaciones de ciencia y tecnología más prestigiadas a nivel mundial.
- ❖ Se crea el Grupo de Espacios y Sistemas Interactivos para la Educación, con la consigna de fomentar innovaciones en el campo educativo, trabajando desde modificaciones en el aula, hasta motivando a los docentes con respecto a dinamizar sus prácticas de enseñanza.
- ❖ En agosto, *The International Institute for Advanced Studies in Systems Research and Cybernetics* otorga al Dr. Felipe Lara Rosano, el 2007 Ross Ashby Award, en Baden-Baden, Alemania.
- ❖ El Consejo Interno en su sesión del 8 de agosto, aprueba en su primera versión, el Reglamento Interno del CCADET. Acuerda enviarlo al Consejo Técnico de la Investigación Científica para su aprobación.
- ❖ En agosto de 2007, laboran en el CCADET 33 investigadores de tiempo completo, 64 técnicos académicos, 5 becarios posdoctorales y 92 empleados de apoyo técnico y administrativo, además de aproximadamente 120 estudiantes y becarios de licenciatura y posgrado.
- ❖ En octubre se efectúa el SOMI XXII Congreso de Instrumentación, en la Universidad Autónoma de Nuevo León, en Monterrey, del 30 de septiembre al 4 de octubre, organizado en colaboración con la Sociedad Mexicana de Instrumentación, la Academia Mexicana de Tecnología y la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
- ❖ En octubre, el Gobierno del Estado de Nuevo León, otorga a los Drs. Alberto Caballero Ruiz y Leopoldo Ruiz Huerta, el Premio TECNOS 2007 por la dirección de la mejor tesis tecnológica.
- ❖ En noviembre, la Asociación de Multimedios Universitarios otorgan al Dr. Fernando Gamboa Rodríguez, el 1er. Lugar en el Concurso a la Mejor Aplicación Multimedia Interactiva con Intención Educativa.



Banner del SOMI XXII Congreso de Instrumentación, efectuado en Monterrey

## 2008

❖ A propuesta del Coordinador de la Investigación Científica, se realiza un ejercicio de planeación con la participación de Institutos y Centros del Subsistema de la Investigación Científica, ubicándose al CCADET como una entidad de carácter híbrido, que se distingue por su vocación para conjuntar actividades de investigación y desarrollo tecnológico en las áreas de su especialidad, esto es, instrumentación científica, educación en ciencia y tecnología, tecnologías de la información, y micro nano tecnologías. Se identificaron adicionalmente sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas.

❖ En febrero se designa al Dr. Felipe Lara Rosano como Miembro del Consejo de Honor, de la Academia Mexicana de Ciencias, Artes, Tecnología y Humanidades, A.C.

❖ Se trabaja con nueva estructura departamental y se ajustan los criterios de reparto del presupuesto interno.

❖ Humberto A. Albornoz Delgado obtuvo la Mención Plata de Diseño Industrial en Productos de Consumo 2008, del Premio QUORUM de Diseño.

❖ En mayo se le otorga al Dr. Ovsei Gelman el "Reconocimiento al Mejor Trabajo" presentado en la 2008 *International Conference on Information Resources Management*, en Niagara Falls, Ontario, Canadá.

❖ En junio se firma convenio con Fresenius-Kabi Deutschland, empresa alemana líder en terapia de infusión clínica en Europa,

para desarrollar un equipo portátil para la producción de soluciones nutricionales de administración oral.

❖ En el mismo mes, el Dr. E. Kussul es admitido como Miembro Regular de la Academia Mexicana de Ciencias.

❖ La Academia Mexicana de Ciencias y la Fundación Lindau de Alemania, nominan en junio, a Omar Morales Saavedra para asistir a la 58th Meeting of Nobel Prize Winners in Physics, en Alemania.

❖ Se crea el Grupo Telemática para la Educación, para impulsar propuestas didácticas innovadoras con TIC, factibles de ser utilizadas dentro y fuera del salón de clase; para representar y describir estrategias, metodologías y procedimientos basados en la tecnología educativa, que contribuyan a mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje; y, para formar grupos académicos preparados en el uso de la telemática con fines educativos, que apoyen la creación de material innovador e interactivo. Su primer coordinador fue el M. en P. José Antonio Domínguez.

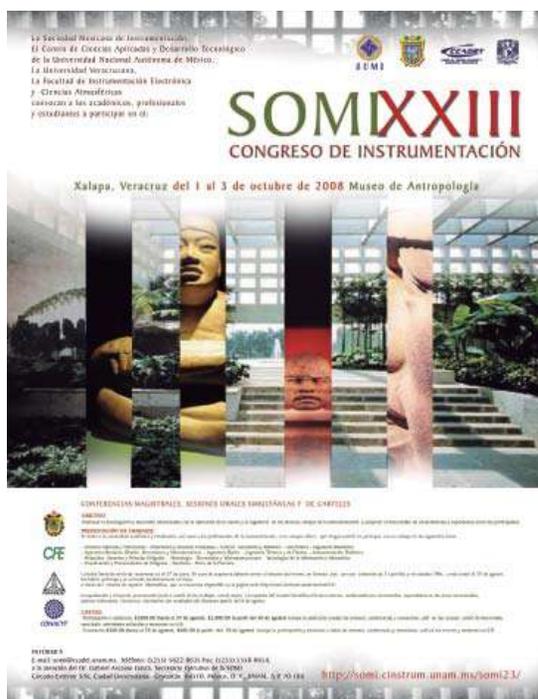
❖ Se desarrolla y publica el nuevo sitio Web del CCADET, al cual se integran los módulos desarrollados para la captura de informes y planes de trabajo, así como el de registro de estudiantes.

❖ En septiembre, la Dra. Citlali Sánchez Aké fue galardonada con la beca internacional de investigación posdoctoral L'Oréal México UNESCO-Academia Mexicana de Ciencias "para las mujeres en la ciencia", misma que se concede anualmente a una científica mexicana en el área de ciencias exactas.

❖ El SOMI XXIII Congreso de Instrumentación, se celebra en el "Museo de Antropología", de Xalapa, Veracruz, del 1 al 3 de octubre, en colaboración con la Sociedad Mexicana de Instrumentación y la

Facultad de Instrumentación Electrónica y Ciencias Atmosféricas de la Universidad Veracruzana.

❖ A partir de 2008 se presenta nuevo logotipo como parte de la identidad del Centro, mismo que durará hasta inicios de 2018.



Cartel del SOMIXXIII Congreso de Instrumentación, efectuado en Xalapa, Ver

❖ El Director del CCADET, Dr. Saniger Blesa, asume la Presidencia en Turno del Consejo Directivo de la Torre de Ingeniería, Ciudad Universitaria, México D.F., para el período octubre 2008-septiembre 2009.

❖ El CCADET participa en NANOUNAM, una iniciativa que pretende conjuntar los trabajos de la Red de Grupos de Investigación en Nanociencias (REGINA), el Proyecto Universitario de Nanotecnología (PUNTA) y el Centro de Nanociencias y Nanotecnología. Se informa que en el CCADET se preparan materiales nanoestructurados con tamaño y forma controlados.

**CCADET**  
CENTRO DE CIENCIAS APLICADAS  
Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

Logotipo del CCADET a partir de 2008

**Nuevo logotipo  
del CCADET**

# 2009

❖ Se establece El Aula del Futuro, un espacio de investigación donde los académicos del grupo interdisciplinario Espacios y Sistemas Interactivos para la Educación, propone y evalúa modelos educativos innovadores mediados por tecnología. Financiado por la Secretaría de Desarrollo Institucional de la UNAM por medio del Macroproyecto de Tecnologías para la Universidad de la Información y la Computación.

❖ En junio se le otorga al Dr. Rodolfo Zanella Specia, el reconocimiento “Top-50 most cited articles”, otorgado por Elsevier, por ser el primer autor de uno de los 50 artículos más citados entre 2004-2008 en revistas de catálisis.

❖ En julio, el Dr. Nicolás Kemper Valverde es nombrado Profesor honorario de la Universidad “Santiago Antunez de Mayolo”, de Huaraz, Perú.

❖ En agosto se le otorga al Dr. Mayo Villagrán Muñiz, el Premio al Registro de Patentes, por parte del Instituto de Ciencia y Tecnología del Gobierno del Distrito Federal.

❖ En septiembre, se muestra el proyecto Laboratorio de Ciencias para el Bachillerato, que pretende mejorar la enseñanza experimental de las ciencias en el nivel medio superior, esfuerzo en que participan, además del CCADET, la Escuela Nacional Preparatoria, el Colegio de Ciencias y Humanidades, y las Direcciones Generales de Obras y Conservación, y de Servicios de Cómputo Académico. Cada laboratorio permite la exploración de actividades que responden a los intereses de aprendizaje de los alumnos, apoyan ampliamente

los programas curriculares y favorecen el trabajo colaborativo mediado por tecnología.



Durante la visita. Fotos: Benjamín Chaires y Juan Antonio López.

Visita de autoridades de la UNAM al Laboratorio de Ciencias para el Bachillerato, instalado en el CCADET. Fuente: Gaceta UNAM

❖ En octubre se presenta una prensa de moldeo de polímeros estireno/butadieno para el centro de investigación y tecnología de *Total Petrochemicals*, una de las empresas productoras de derivados del petróleo líder en el mundo, con sede en Texas. En un sistema automático, la prensa descarga el molde y carga uno nuevo, no siendo necesaria la presencia del operador; la fuerza de moldeo puede ser de hasta 50 toneladas y temperaturas que van de 160 a 250 grados centígrados.

❖ El Dr. Gabriel Ascanio Gasca es uno de los ganadores del Programa de Fomento al Patentamiento y la Innovación de la UNAM.

❖ En octubre se le otorga a Luis Ochoa Toledo, la Distinción honorífica, Universidad “Santiago Antunez de Mayolo”, en Huaraz, Perú.



## 2010

❖ Inicia operaciones el Laboratorio Universitario de Ingeniería de Diseño y Manufactura Avanzada (LUIDIMA).

❖ En junio, como parte del proyecto Residual-Intervenciones Artísticas en la Ciudad, se inaugura en el Museo Universitario de Arte Contemporáneo (MUAC), la instalación *Energía Residual*, un sistema que genera energía a partir de residuos obtenidos en las cafeterías universitarias. Es una iniciativa del CCADET, la Facultad de Ingeniería y el *Goethe-Institut Mexiko*. El CCADET contribuyó con el diseño del faro. Esta instalación es uno de los ocho proyectos que desarrollan mexicanos y alemanes para crear conciencia sobre la sustentabilidad del ambiente.

❖ El 30 de junio se informa que el CCADET se encuentra en las redes sociales de *Tweeter* y *Facebook*.

❖ El 25 de agosto se aprueba el Reglamento de Becas del Centro.

❖ En agosto se informa de una red de sistemas de inteligencia artificial, sustentada en reglas de decisión que se generan mediante un algoritmo, que alerta a los productores sobre el posible surgimiento de las plagas más frecuentes en cultivos de limón, durazno, aguacate, fresa, chile, guayaba, jitomate y mango. Emplea una computadora con datos específicos sobre los principales daños a cada plantío. Esta tecnología se aplica en el Estado de Michoacán, bajo un convenio UNAM-Fundación Produce.

❖ En agosto, al Dr. Felipe Lara Rosano, se le otorga el *Platinum Award of Excellence 2010*, del *International Institute for Advanced Systems Research and Cybernetics*, en Baden-Baden, Alemania.

❖ Se celebra el 1st *International Congress on Instrumentation and Applied Sciences* (ICIAS), incorporado al SOMI XXV Congreso de Instrumentación, del 26 al 29 de octubre, en Cancún, Quintana Roo, México.



Cartel del 1<sup>er</sup> International Congress on Instrumentation and Applied Sciences, efectuado en Cancún

❖ Como resultado del programa de adecuación y ampliación de espacios para el mejor desarrollo de la creciente actividad académica del Centro, con el apoyo de la Rectoría y de la Coordinación de la Investigación Científica, el 10 de noviembre se presenta el proyecto de construcción del tercer nivel del Centro y se acuerda formar la Comisión de Espacios del CCADET, con el fin de establecer la gestión de aprovechamiento de los nuevos espacios.

❖ En las últimas semanas del año se inicia la construcción de un nuevo nivel en el edificio principal, que supone una ampliación superior a los 1,000 m<sup>2</sup>, previéndose construir 20 nuevos cubículos individuales, 9 áreas de laboratorio, un salón de seminarios, y una sala académica.

❖ Se acuerda la formación de una comisión para determinar las políticas de gestión del acceso a Internet en el CCADET.

❖ El 24 de noviembre se informa sobre la solicitud del Rector José Narro, a través del Secretario General, de hacerle llegar propuestas y comentarios, en relación a llevar a cabo la modificación del reglamento de Ingresos Extraordinarios de la UNAM, con el fin de fomentar la generación de este tipo de recursos, cada vez más importante para nuestra institución.

❖ Durante el año, la Mesa del Colegio del Personal Académico organiza una serie de exposiciones en la Sala Académica del Centro: Museo Virtual de arte popular (enero-febrero), Ilusiones Ópticas (marzo-abril), Relojes de Pulso (Junio - Agosto), Universidad Nacional de México (septiembre - diciembre).

❖ Durante este año se lograron cuatro patentes, diez registros de derechos de autor y recursos extraordinarios equivalentes a dos terceras partes de los recursos que la Universidad le otorgó al Centro.

❖ Al finalizar el año, 39 investigadores y 67 técnicos académicos, la mayoría físicos, ingenieros y químicos, organizados en 26 grupos, trabajan en cuatro campos prioritarios: Instrumentación y medición, micro y nanotecnología, tecnologías de la información, y enseñanza de la ciencia y la tecnología.

## ***Se inicia la construcción de nuevo nivel en el edificio principal***

# 2011

❖ En marzo, Nicolás Kemper Valverde, del Departamento de Tecnologías de la Información, es investido con el *Doctorado Honoris Causa*, por la Universidad Nacional de Piura, Perú, país del que es originario, en reconocimiento a su trayectoria académica y a los proyectos en los que ha apoyado a esa institución sudamericana, en el campo de la Inteligencia Artificial.

❖ Se concluye el cuarto nivel del edificio principal del Centro en el que se ubican 25 nuevos cubículos individuales, 6 áreas de trabajo experimental, un salón de seminarios y una sala académica, además de una terraza anexa.



Fachada del edificio principal del CCADET

❖ En junio, en el Consejo Interno se determina que el análisis para la contratación de Técnicos Académicos Asociados se lleve a cabo tomando los siguientes filtros y criterios de evaluación:

- ♦ Filtros (Congruencia con los campos prioritarios CCADET y Congruencia con las líneas de investigación del Grupo).
- ♦ Criterios (Antecedentes en el Grupo; Perfil académico; Generación de ingresos extraordinarios; Fortalecimiento Académico; Aportación Institucional).

El 22 de junio se presenta el Programa de Actividades del 40° Aniversario del CCADET:

- ♦ 23 de julio, concierto en la sala Netzahualcóyotl.
- ♦ Septiembre, inauguración del 4° piso del CCADET y el LUIDIMA.
- ♦ 4 al 7 de octubre, *2nd International Congress on Instrumentation and Applied Sciences (ICIAS 2011)*, Puebla, Pue.
- ♦ 16 de octubre, caminata y convivencia.
- ♦ Noviembre, Congreso NANOMEX.
- ♦ 22 al 25 de noviembre, semana académica (prospectiva del CCADET, con invitados especiales).
- ♦ 9 de diciembre, cena-baile
- ♦ Edición de un libro conmemorativo.

❖ El 22 de junio se lleva a cabo la visita de rectores de la Unión de Universidades de América Latina (UDUAL), para conocer el proyecto de los laboratorios de bachillerato.

❖ A mediados del año se inicia la construcción de un nuevo edificio de dos plantas de aproximadamente 400 m<sup>2</sup>, para ubicar un área de caracterización de materiales por espectroscopías ópticas, otra área para el tratamiento y análisis térmico de materiales y el estudio de nano-biomateriales, y un área para técnicas de microscopía por barrido de sonda. Anexo a estos espacios se reubica el Laboratorio Prototipo para la Enseñanza de las Ciencias en el Bachillerato.

❖ El 15 de agosto se inaugura El Aula del Futuro en el tercer piso del edificio principal.



Instalaciones de El Aula del Futuro

❖ El 31 de agosto, con el objeto de poder localizar más fácilmente los trabajos del Centro y las citas que se hacen de los mismos, se acuerda que se utilicen una denominación y dirección únicas para el CCADET, en cualquier publicación que se realice por sus académicos:

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico,  
Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito  
Exterior S/N, Ciudad Universitaria, A. P. 70-186,  
Delegación Coyoacán, C. P. 04510, México, D. F. México.

❖ Humberto Albornoz Delgado obtiene la Mención Bronce de Diseño Industrial en productos de consumo en el premio QUORUM de diseño.

❖ Durante el segundo semestre, se avanza significativamente en el acuerdo de creación de una Unidad del CCADET en el Hospital General de México, que permitirá que los desarrollos que se vienen realizando en el CCADET en el área de salud se lleven a cabo desde su inicio en colaboración con el personal médico del Hospital General, ateniéndose a los protocolos de investigación del área médica.

❖ Se celebra el 2<sup>nd</sup> *International Congress on Instrumentation and Applied Sciences* (ICIAS), incorporado al SOMI XXVI Congreso de Instrumentación, en el Complejo Cultural Universitario de la BUAP, del 5 al 8 octubre, Puebla, México. Con la colaboración de la Facultad de Ciencias de la Electrónica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) y la Universidad Tecnológica de Puebla (UTP).

❖ En diciembre se cumplen los 40 años del Acuerdo de creación del Centro de Instrumentos, entidad de la que deriva el actual Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico. Por ello, se organizaron desde meses anteriores actividades especiales, como la dedicatoria al CCADET de un concierto de la Orquesta del Palacio de Minería

en la Sala Nezahualcóyotl, una convivencia deportiva en la Unidad de Seminarios Ignacio Chávez, así como tres conciertos más en el Auditorio del CCADET, organizados en conjunto con el Laboratorio de Acústica del CCADET, quien también celebró su 30 aniversario.



Cartel del 2<sup>nd</sup> ICIAS-International Congress on Instrumentation and Applied Sciences, efectuado en Puebla



Logotipo del 40º Aniversario del CCADET

❖ Del 5 al 8 de diciembre se llevaron a cabo las "Jornadas Académicas del 40 aniversario del CCADET", en las que se debatieron los temas "Política Científica en la UNAM y en el país", "Tópicos emergentes en investigación y desarrollo" y "Desarrollo docente en la UNAM". Se contó para ello con la presencia del Sr. Rector y con la participación de muy destacados ponentes de nuestra Casa de Estudios y de otros Centros de Investigación nacionales, tales como el Dr. Carlos Arámburo de la Hoz, Coordinador de la Investigación Científica; Dr. Jaime Martuscelli Quintana, Coordinador de Innovación y Desarrollo; Dr. Juan Pedro Laclette San Román, Coordinador General del Foro Consultivo Científico y Tecnológico; Dr. Sergio Alcocer Martínez de Castro, Subsecretario de Planeación Energética de la Secretaría de Energía.



Noticia en GACETA UNAM sobre el 40 Aniversario del CCADET

❖ El 9 de diciembre, la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica, A.C. (Somedicyt) otorga el Premio Nacional de Divulgación de la Ciencia y la Técnica, al M. en C. Luis Estrada Martínez.

## 2012

- ❖ A inicios de febrero, al rendir su informe anual de labores, el Dr. José Saniger Blesa, Director del CCADET, expresa que el Centro se caracteriza por su amplia multidisciplina, cubriendo un buen número de las ciencias físico-matemáticas y de las ingenierías, con 25 especialidades agrupadas en cuatro grandes áreas: Ingeniería, Física Aplicada, Nuevas Tecnologías y Educación. Su plantilla académica es de 109 integrantes: 40 investigadores y 69 técnicos académicos; 93% de los primeros y 19% de los segundos, pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores.
- ❖ El 29 de febrero se firma convenio específico de colaboración entre la UNAM y el Hospital General de México para la creación de una Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico (UIDT) del CCADET en el Hospital General de México, y para realizar tres proyectos de colaboración con el personal médico de su área de investigación.
- ❖ El Colegio del Personal Académico estrena nuevo diseño en su página de internet, donde se pueden encontrar a miembros del CPA, reglamentos, comisiones, y la versión electrónica de *La Cita*.
- ❖ En el primer cuatrimestre se inauguran y ponen en operación nuevos espacios de trabajo, más de 1,200 m<sup>2</sup> en el cuarto nivel del edificio principal del CCADET, que albergan 6 nuevos laboratorios experimentales, 25 cubículos, 2 salones de seminarios, una sala académica y una terraza.
- ❖ El 23 de mayo se presenta el nuevo diseño de la página web del Centro.
- ❖ Luis Estrada Martínez, del Grupo Telemática para la Educación, recibe en febrero el Premio Nacional de Divulgación de la Ciencia 2011, que otorga la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica, A.C. (Somedicyt), de la que es fundador.
- ❖ En el buque oceanográfico Justo Sierra de la UNAM, en mayo, geólogos del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) prueban *in situ* exitosamente un nucleador múltiple, diseñado y construido en el Centro. Es un dispositivo totalmente mecánico para tomar muestras del lecho marino a profundidades de hasta 4 500 m.
- ❖ Se desarrolla en el Grupo Telemática para la Educación el sitio web "Cienciorama", un canal de comunicación con el propósito de difundir el conocimiento científico actual a población no especializada, con fuentes de información confiables y en español. Surgió a partir del proyecto Temas de Ciencia Contemporánea, realizado por un grupo de universitarios interesados en la comprensión, análisis, discusión y difusión de los avances en las áreas: Lo grande del universo, Nuestro planeta, La vida en la Tierra, La especie humana, La naturaleza de la materia y La evolución del cosmos.
- ❖ Un grupo de académicos del CCADET participa en el desarrollo del Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración Solar y Química Solar (LNCSyQS), cuyo propósito es constituir una red de grupos de investigación que, a través del diseño, construcción y operación de tres instalaciones solares [Horno Solar de Alto Flujo Radiativo (HSAFR), Planta Fotocatalítica para el Tratamiento de Aguas Residuales (PFTAR) y Campo de Pruebas para Helióstatos (CPH)], avance en el desarrollo de dichas tecnologías en México, generando conocimiento científico y tecnológico, así como formando recursos humanos de alto nivel en el área, con el propósito de establecer las bases de una industria mexicana en el ramo. Participan la UNAM,

el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), la Universidad de Sonora (USON), el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CNIDT), con el apoyo del CONACyT.

❖ Se crea el Laboratorio Universitario de Caracterización Espectroscópica (LUCE), con el Dr. José Manuel Saniger Blesa al frente.

❖ El 26 de septiembre se informa que el CCADET será entidad participante en la ENES-Morelia, a través de su participación en la propuesta para la creación de la licenciatura en Tecnologías de Información en la Ciencia.

❖ Con el apoyo de la Secretaría Administrativa de la UNAM y trabajando muy de cerca con la Dirección General de Obras y Conservación (DGO) y con la Dirección General de Proveduría (DGP), se continuó supervisando el funcionamiento de los nuevos Laboratorios de Ciencias para el Bachillerato de la UNAM, en diversos planteles de la Escuela Nacional Preparatoria y del Colegio de Ciencias y Humanidades.

❖ Se realiza el SOMI XXVII Congreso de Instrumentación, con la colaboración del Instituto Tecnológico de Culiacán, del 29 al 31 de octubre, en Culiacán, Sinaloa.

❖ En diciembre la entidad cuenta con una plantilla de 38 investigadores y 70 técnicos académicos, que colaboran en proyectos de impacto nacional en los sectores educativo, de la salud, de las energías renovables y ambiental.



Cartel del SOMI XXVII Congreso de Instrumentación, efectuado en Culiacán

**El CCADET participa  
en la ENES - Morelia**

# 2013

❖ A través de los 11 años de participación del CCADET en la Torre de Ingeniería se han abordado y solucionado problemas de PEMEX Exploración y Producción, entre ellos la creación de un sistema integral de simulación de la productividad de pozos y la integración de modelos de productividad de pozos al sistema de simulación Xólotl. Asimismo, para la Secretaría de Economía, se diagnosticaron necesidades de microempresas del sector manufacturero en tres municipios del estado de Puebla.

❖ El 22 de marzo, el Dr. Rufino Díaz Uribe es ganador de la Cátedra Extraordinaria Iztacala 2013, otorgada por el Consejo Técnico de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

❖ En abril se lleva a cabo la Campaña Universitaria de Conciencia contra el Ruido, coordinada por el Laboratorio de Acústica y Vibraciones. Dirigida fundamentalmente a los jóvenes, para que tomen conciencia de que su sistema auditivo es muy fino y delicado, por lo que si abusan de él lo deteriorarán gravemente a edades tempranas.

❖ Se inaugura el Laboratorio Universitario de Caracterización Espectroscópica (LUCE), operando bajo un esquema de laboratorio abierto a la comunidad académica de la UNAM y de otras instituciones de educación superior y centros de investigación del país. Dentro de sus principales objetivos se encuentran: Prestar servicios de alta especialización a la industria en el área de caracterización espectroscópica de materiales; apoyar los proyectos de investigación y desarrollo que se realizan en Universidades, Centros e Institutos de Investigación nacionales, así como de

Instituciones Públicas de la Administración Federal o Estatal, y del Sector Industrial; apoyar la formación de recursos humanos, a nivel de licenciatura y posgrado.



Raman Dispersivo TriVista 557, instalado en el Laboratorio Universitario de Caracterización Espectroscópica (LUCE)

❖ Similarmente, se inaugura el Laboratorio Universitario de Nanotecnología Ambiental (LUNA), para apoyar el desarrollo científico y tecnológico, la docencia, la formación de recursos humanos de alta calidad y a la industria nacional, mediante la prestación de servicios altamente especializados en las áreas de materiales nanoestructurados, catálisis, fotocátalisis, medio ambiente y energía, para contribuir a la generación de conocimiento de frontera y a la solución de problemas de interés nacional, promoviendo el trabajo interdisciplinario y la colaboración con pares a nivel nacional internacional, siendo el responsable de este Laboratorio Universitario el Dr. Rodolfo Zanella Specia.



Cromatógrafo de líquidos acoplado a un detector de masa con triple cuadrupolo, instalado en el Laboratorio Universitario de Nanotecnología Ambiental (LUNA)

- ❖ El doctor Rodolfo Zanella Specia recibe la Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos, en el área de Investigación en Ciencias Exactas.
- ❖ El 19 de septiembre se lleva a cabo el día Puertas Abiertas del CCADET.
- ❖ El 20 de septiembre se inaugura la Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico (UIDT) del CCADET en el Hospital General de México (HGM) "Dr. Eduardo Liceaga", para impulsar la detección de padecimientos como el cáncer de mama, de piel, tumores mixtos, lunares y pie diabético, entre otros. Además, del escalamiento, integración, implementación y realización de pruebas de operación y clínicas para los simuladores computarizados, así como el



Día de Puertas Abiertas del CCADET

- entrenamiento en cirugía de próstata y endoscopía, desarrollados en el CCADET. Comienza a operar formalmente en octubre, como resultado de un convenio de colaboración firmado en 2012.
- ❖ Se celebran simultáneamente, del 28 al 31 de octubre, el 1er Congreso Iberoamericano de Instrumentación y Ciencias Aplicadas (CIICA) y el SOMI XXVIII Congreso de Instrumentación, en San Francisco de Campeche, México, con la colaboración de la Universidad Autónoma de Campeche y del Gobierno del Estado de Campeche, a través de su Secretaría de Turismo, y con el apoyo del CONACyT.
- ❖ En octubre se informa que académicos del Centro participaron en el desarrollo de un nanocatalizador para generar combustibles ultralimpios, al separar azufre del petróleo. Es resultado de tres años



Cartel del 1º Congreso Iberoamericano de Instrumentación y Ciencias Aplicadas y del SOMI XXVIII Congreso de Instrumentación, efectuado en Campeche

de investigación, con una patente y listo para probarse y escalarse industrialmente. También colaboraron académicos de los Institutos de Física y de Investigaciones en Materiales, por parte de la UNAM, además del Centro de Nanociencias y Nanotecnología, de Ensenada y otras instituciones nacionales y extranjeras.

❖ En noviembre, durante el Congreso Mundial de Energía Solar efectuado en Cancún, se anuncia la creación del Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar, conformado por 67 institutos de investigación, así como 21 empresas mexicanas y extranjeras y coordinado por la UNAM, a través del Instituto de Energías Renovables (IER); por la UNAM también participan los Institutos de Ingeniería y de Investigaciones en Materiales, así como el CCADET.

❖ El 9 de diciembre toma posesión el Dr. Rodolfo Zanella Spica como Director del CCADET.



Toma de posesión del Dr. Rodolfo Zanella como Director del CCADET

## ***El CCADET participa en la creación del Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar***

# 2014

❖ En enero se crea la Coordinación de la Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico (UIDT) del CCADET, en el Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga", para dar seguimiento a los proyectos en desarrollo, protocolizados y en proceso de protocolización, entre ambas instancias.

❖ A inicios del año se crea la Coordinación de Difusión y Divulgación de las Actividades Científicas y Tecnológicas del CCADET, que tiene como funciones la difusión y divulgación del conocimiento científico y tecnológico generado en el Centro, posicionando a la divulgación como una actividad continua y de importancia entre sus académicos. Se rediseña la página de inicio de sitio web del CCADET, se reactiva la presencia del Centro en redes sociales como Facebook y Twitter y se participa en varias ferias y eventos de divulgación de la ciencia y la tecnología. La Lic. Nora Reyes es designada Coordinadora.

❖ El Laboratorio Universitario de Ingeniería de Diseño y Manufactura Aditiva (LUIDIMA), obtiene el aval y financiamiento por parte del CONACyT para transformarse en el Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva, Digitalización 3D y Tomografía Computarizada (MADiT); el cual impulsa la investigación científica de vanguardia en las áreas de ingeniería, biodiversidad (terrestre y acuática), paleontología y de desarrollo de equipo y procesos biomédicos y médicos a través de la investigación, el desarrollo tecnológico y el acceso a infraestructura de manufactura aditiva de polímeros, cera y metales, así como de sistemas de moldeo por vacío, digitalización de superficies mediante escáneres láser y tomografía computarizada por rayos X. El MADiT tiene relación con varias dependencias universitarias y con instituciones externas.

❖ Las tecnologías desarrolladas en "El Aula del Futuro" encuentran eco en instituciones externas a la UNAM, fundamentalmente con el Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE), la Oficina de Estrategia Digital de la Presidencia de la República, la escuela Christel House, la Secretaría de Educación Pública. Adicionalmente, el Aula del Futuro apareció referenciada en el reporte de la UNESCO como una de las mejores cinco prácticas del uso de tecnología en el aula en México. El proyecto fue seleccionado por Microsoft Educación, de entre más de mil propuestas de la región, para asistir en abril de 2015 a Redmond, EU, a concursar por la final mundial.

❖ Los Laboratorios Universitarios de Nanotecnología Ambiental (LUNA) y de Caracterización Espectroscópica (LUCE), consolidan su presencia en el CCADET y en la UNAM, ampliando sus colaboraciones con diferentes entidades de la Universidad y de otras universidades; generan productos de investigación (principalmente artículos, capítulos en libro, memorias en extenso y tesis de grado y posgrado).



Fachada del Edificio de Laboratorios Universitarios

❖ Se da importante impulso al Laboratorio Universitario de Fabricación de Equipos Ópticos (LUFABEO), por medio de la adquisición de nueva infraestructura para que durante 2015 comience a operar de manera formal.



Entrada al LUFABEO

❖ La Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico (UIDT) del CCADET en el Hospital General de México, ya cuenta con un área aproximada de 80 m<sup>2</sup>, con tres áreas de trabajo especializadas (termografía e imagenología, mecatrónica y manufactura avanzada, y sistemas ópticos), así como un área de trabajo general.

❖ Se informa que la revista *Journal of Applied Research and Technology* (JART), indizada desde 2007 en el Science Citation Index Expanded (SCIE) y en Scopus, ha alcanzado un factor de impacto de 0.447 en el *Web of Science*".

❖ Del 29 al 31 de octubre, se celebra el SOMI XXIX Congreso de Instrumentación, con la colaboración de la Universidad de Guadalajara, a través del Centro Universitario de la Costa, en Puerto Vallarta, Jal.



Cartel del SOMI XXIX Congreso de Instrumentación, efectuado en Puerto Vallarta

❖ Se participa en la organización de eventos como *International Multidisciplinary Joint Meeting 2014*, del *3<sup>rd</sup> Latin-American Congress on Photocatalysis*, del V Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud, del EMN (*Energy, Materials, Nanotechnology*) Summer 2014, del *2<sup>nd</sup> International Conference on Design and PROCesses for MEDical Devices* y del MEXCAS 2014 XV Simposio Mexicano de Computación y Robótica en Medicina.

❖ El 5 de noviembre, se informa que el Grupo de Sistemas y Espacios Interactivos para la Educación del CCADET, a petición de la Rectoría de la UNAM, participa en un proyecto para la SEP, en colaboración con académicos del IIMAS y del IPN, para diagnosticar el uso de tabletas en escuelas públicas.

❖ Se logró un financiamiento por proyectos de \$ 54 001 720.00, uno de los más altos en la historia del CCADET para un año calendario. Más del 60% del monto obtenido fue en el rubro de infraestructura, destacando los apoyos obtenidos para la creación del Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva, Digitalización 3D y Tomografía así como para el fortalecimiento del Laboratorio Universitario de Fabricación de Equipos Ópticos (LUFABEO).

❖ Se desarrolla un total de 58 proyectos financiados. Aproximadamente el 18.4% de los recursos ejercidos durante 2014 provinieron de la UNAM, el 69.9% de convocatorias emitidas por CONACYT y el 11.6% de otros sectores gubernamentales y privados

❖ El CCADET es entidad participante de los programas de posgrado en Ingeniería, Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Física, Ciencia e Ingeniería de la Computación y Música.

❖ Se otorgan cuatro patentes a desarrollos realizados en el Centro; tres otorgadas en México (Método de fabricación de las tarjetas con ranuras para circuitos electrónicos; Dispositivo para el sensado capacitivo temporal; Tarjetas para circuitos electrónicos con ranuras para conexiones) y una en Estados Unidos de América (*Method and Device for Mirrors Position Adjustment of a Solar Concentrator*).

❖ El personal académico publica 93 artículos internacionales en revistas o memorias de congreso indizadas.

❖ El Centro está integrado por cuatro departamentos: Instrumentación y Medición; Óptica y Microondas; Tecnociencias; Tecnologías de la Información, con sus correspondientes Grupos:

◆ Instrumentación y Medición (Electrónica; Ingeniería de Precisión y Metrología; Modelado y Simulación de Procesos; Sensores Ópticos y Eléctricos; Micromecánica y Mecatrónica; Visión Artificial y

Bioinformática; Imagenología Biomédica, Física y Computacional; Ingeniería de Proceso; Análisis de Imágenes y Visualización).

◆ Óptica y Microondas (Fotónica de Microondas; Óptica no Lineal; Sistemas Ópticos).

◆ Tecnociencias (Acústica y Vibraciones; Cognición y Didáctica de las Ciencias; Fotofísica y Películas Delgadas; Materiales y Nanotecnología).

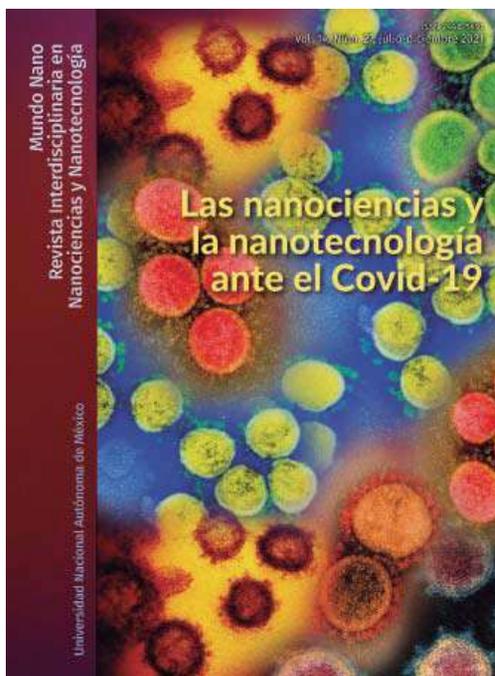
◆ Tecnologías de la Información (Cibernética y Sistemas Complejos; Computación Neuronal; Espacios y Sistemas Interactivos para la Educación; Gestión Estratégica de la Innovación; Multimedia y Ambientes Virtuales; Sistemas de Soporte Informático en Organizaciones; Sistemas Inteligentes; Telemática para la Educación).

Al finalizar el año, la plantilla académica está constituida por 39 investigadores y 69 técnicos académicos.

## **El CCADET participa en los posgrados de Ingeniería, Música, Ciencia e Ingeniería de Materiales, Física, Ciencia e Ingeniería de la Computación**

# 2015

- ❖ En enero, el Dr. Rodolfo Zanella se integra como editor de la revista Mundo Nano, Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología, a través del Consorcio NanoUNAM.



Portada del número 27 de Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología

- ❖ Se firma convenio de colaboración entre el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría, de La Habana, Cuba (CUJAE), para la realización conjunta de actividades académicas relacionadas con la formación de recursos humanos en los niveles de licenciatura y posgrado, el desarrollo conjunto de proyectos de investigación,

desarrollo tecnológico e innovación, así como de acciones de intercambio académico y de movilidad estudiantil.

- ❖ En el CCADET se desarrollan diversas actividades para celebrar el "Año Internacional de la Luz".

- ❖ El 8 de abril se informa que ya está en uso el nuevo diseño de la página web del CCADET.

- ❖ El 3 de junio se informa de la aprobación de la última versión del Reglamento Interno del CCADET, por parte del CTIC, para incorporar a la Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga", al Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva, Digitalización 3D y Tomografía Computarizada (MADiT) y a los Laboratorios Universitarios, a la estructura organizacional del Centro, así como definir de mejor manera las funciones de algunas coordinaciones y unidades de éste.

- ❖ El 6 de agosto, la empresa INRA realiza la presentación en la Torre de Ingeniería, del sistema de monitoreo de anuncios radiofónicos, desarrollado en el Grupo de Sistemas Inteligentes del CCADET.

- ❖ El 2 de septiembre se aprueba el Reglamento de Seguridad e Higiene para los Laboratorios del CCADET y el Reglamento General de Seguridad y Operación del CCADET.

- ❖ Se informa el 2 de septiembre, que se creó la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento en el Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación, con el CCADET como entidad académica participante.

- ❖ El 7 de octubre se firma un convenio de colaboración para establecer una Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico

(UIDT) del CCADET en el Hospital General “Manuel Gea González”, con una vigencia de cuatro años y con el objetivo de llevar a cabo el desarrollo de proyectos conjuntos de investigación y desarrollo tecnológico, formación de recursos humanos, intercambio de personal académico, intercambio de información científica y técnica, así como intercambio de servicios rutinarios y asistencia técnica, para profundizar en el conocimiento de soluciones a problemas de salud que enfrenta el hospital. El Hospital asigna al CCADET un área de aproximadamente 30 m<sup>2</sup>, para establecer las primeras áreas de trabajo y un cubículo para el personal del Centro que trabaje en colaboración con los médicos del Hospital. La UIDT forma parte del Centro de Innovación Médica Aplicada (CIMA) del propio hospital, en donde también colaboran la Facultad de Ingeniería de la UNAM, y la Secretaría de Marina.

❖ El Dr. Augusto García Valenzuela obtiene la Medalla Fernando Alba 2015 otorgada por el Instituto de Física de la UNAM en Investigación en Física Experimental.

❖ Por primera vez se obtienen más de 1000 citas a trabajos del CCADET en un año, correspondiendo a 1139.

❖ Se informa que la Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico del CCADET en el Hospital General de México (HGM), cuenta con un área aproximada de 80 m<sup>2</sup>, con tres áreas de trabajo especializado (termografía, imagenología y visión por computadora; mecatrónica y manufactura avanzada; sistemas ópticos) y un área de trabajo general.

❖ Se continúan impulsando el funcionamiento y proyección del Laboratorio Universitario de Nanotecnología Ambiental (LUNA), el Laboratorio Universitario de Caracterización Espectroscópica (LUCE), el Laboratorio Universitario de Fabricación de Equipos Ópticos (LUFABEO).

❖ Se concluyen 21 tesis de doctorado, lo que constituyó un récord histórico en el Centro.

❖ Se continúan editando el *Journal of Applied Research and Technology* (JART), y *Mundo Nano, Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, a través del Consorcio NanoUNAM. Adicionalmente, varios académicos participan como editores asociados de otras revistas tanto nacionales como internacionales.

❖ El modelo educativo de “El Aula del Futuro” se desarrolla para el Programa “Centros México Conectado” de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, utilizado para la construcción de 50 centros a nivel nacional; se participa activamente con la “Estrategia Digital Nacional” de la Presidencia de la República, para el uso de tabletas en escuelas primarias de la Ciudad de México; se asesora a la Secretaría de Educación Pública en el Programa de Introducción de Tabletas a Escuelas Primarias, generando instrumentos que permiten evaluar la calidad de diferentes tabletas que participaron en la licitación federal 2015.

❖ Se celebra el SOMI XXX Congreso de Instrumentación, con la colaboración del Instituto Tecnológico de Durango y la Secretaría de Turismo del Gobierno del Estado de Durango, del 28 al 30 de octubre, en Durango, Durango, México.

❖ Se participa en la organización de otros eventos como el 5<sup>th</sup> *International Symposium on Experimental Mechanics*, el Congreso Nacional de Física, el Primer Congreso Internacional “Luz, ciencia y arte”, el Curso-taller “Didáctica de la Química: Contexto y Modelo”, el VI Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud, el *EMN Summer Meeting 2015*, la Primera Semana de la Complejidad, el 1er Taller y Simposio de COMSOL Multiphysics en la UNAM, el 18<sup>th</sup> *International Conference on Photoacoustic and Photothermal Phenomena*



Cartel del SOMI XXX Congreso de Instrumentación, efectuado en Durango

(18ICPPP) y el XIV Congreso Mexicano y V Congreso Internacional de Catálisis.

- ❖ La plantilla académica la constituyen 42 investigadores y 69 técnicos académicos.
- ❖ El personal académico publica 100 artículos internacionales en revistas o memorias de congreso indizadas, lo que constituye un nuevo récord histórico en el Centro.
- ❖ Se otorgan seis patentes a desarrollos realizados por académicos del Centro: 3 en México (Sistema Automático para Ajuste de la Superficie Parabólica de Concentrador Solar de Espejos Planos; Dispositivo de Soporte para Concentrador Solar con Espejos Planos; Aleación Oro-plata, Proceso para su Preparación y su Empleo como Catalizador), 2 en España (Sistema automático para ajuste de la superficie parabólica de concentrador solar de espejos planos;

Dispositivo de soporte para concentrador solar con espejos planos) y 1 en Estados Unidos de América (*Cycloidal Transmissions*), realizada en colaboración con académicos de la Facultad de Ingeniería. Estas 6 patentes se suman a las 10 que se habían logrado en años previos, con lo que los académicos del CCADDET han participado como inventores de un total de 16 patentes a favor de la UNAM.

- ❖ A finales de 2015 se concluyen los trabajos de remodelación y ampliación de los espacios para la instalación y puesta en marcha de la totalidad de los equipos del Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva, Digitalización 3D y Tomografía Computarizada (MADiT), por lo que se espera que durante el primer trimestre de 2016 pueda comenzar a operar al 100% de su capacidad.
- ❖ Se logra un financiamiento de \$ 30 376 768.00 para 56 proyectos. Aproximadamente el 44% de los recursos ejercidos provinieron de la UNAM, un poco menos del 40 % de convocatorias emitidas por CONACYT y el resto de otros sectores gubernamentales y privados.
- ❖ El Grupo Sensores Ópticos y Electrónicos del Departamento de Instrumentación y Medición cambia su denominación por la de Sensores.
- ❖ El Laboratorio Universitario de Caracterización Espectroscópica (LUCE) y el Laboratorio Universitario de Nanotecnología Ambiental (LUNA), se integran al Departamento de Tecnociencias.
- ❖ La Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico del CCADDET en el Hospital General de México y el Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva, Digitalización 3D y Tomografía Computarizada, formalmente se integran al organigrama del CCADDET.

## 2016

❖ A principios de año se concluye el reacondicionamiento de los diferentes espacios para dar cabida al Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva, Digitalización 3D y Tomografía Computarizada (MADiT), comenzando a funcionar al 100% de su capacidad. Recibe apoyos complementarios por parte del CONACYT para su consolidación y parte de la infraestructura autorizada se instaló en el Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT), en Nuevo León.

❖ El 3 de febrero se informa el cambio de estatus de la revista JART de revista regional a internacional, no estando incluida en la base de datos del JCR, pero continúa indizada en SCOPUS.

❖ En febrero se constituye la empresa BlepsVision S.A. de C.V., inscrita en el programa de incubadora de empresas de la UNAM. La empresa es un spin-off surgido del CCADET que con el apoyo del CONACYT pretende la comercialización de un topógrafo corneal portátil (TOCO) desarrollado en el Centro. En este año se obtuvo financiamiento a través del Fondo de Innovación Tecnológica del CONACYT para llevar la tecnología TOCO a un nivel de comercialización en el 2018.

❖ El 24 de febrero, el Director del CCADET propone la realización al interior del Consejo Interno del análisis de la pertinencia de iniciar el proceso de solicitud de cambio de Centro a Instituto.

❖ El 4 de abril, el Director informa al Consejo Interno que se entrevistó con el Dr. William H. Lee Alardín, Coordinador de la Investigación Científica y le planteó la posibilidad de solicitar el cambio de

Centro a Instituto para el CCADET. El Dr. Lee estuvo de acuerdo en que se inicie el proceso de recopilación de información, para que le sea presentado inicialmente un documento con la producción acumulada del CCADET y posteriormente un documento completo con la propuesta de cambio de Centro a Instituto. Se acuerda recabar información e informar al personal académico de dicho proceso.

❖ Se otorga el Premio Universidad Nacional 2016, en el área de Innovación Tecnológica y Diseño Industrial, al Dr. Ernst Kussul, por sus contribuciones en los temas de micromanufactura, energía solar, diseño mecánico, mecatrónica y sistemas de control y computación inteligente, con los que ha obtenido como autor o coautor un total de 21 patentes (siete de las cuales han sido por proyectos realizados en el CCADET). Es el primer académico del CCADET en ganar el Premio Universidad Nacional.

❖ Se participa en la edición de *Mundo Nano, Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, a través del Consorcio NanoUNAM, que durante el año organiza el “Catálogo Nacional de Instituciones de Investigación con Actividades en Nanociencia y Nanotecnología”, publicando dos números de la revista, con 30 contribuciones de instituciones mexicanas. Este catálogo está disponible en línea en la página: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/nano> y en forma impresa.

❖ Se crean perfiles del CCADET en LinkedIn y YouTube.

❖ Se transfiere un proceso de manufactura para producir moldes para craneoplastía, desarrollados en equipos de prototipado rápido del Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva, Digitalización 3D y Tomografía computarizada, MADiT-CCADET, en colaboración con el Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga”, transferido a la empresa Partes e Implantes Avanzados S. A. de C. V.

❖ El 1° de junio desaparece el Grupo de Micromecánica y Mecatrónica, y sus académicos se integran al MADiT.

❖ El 1° de junio, el Director propone la escritura de un documento sobre la historia del CCADET.

❖ Se contrata el primer académico del CCADET (Dr. Daniel Aguirre Aguirre, Investigador Asociado C), para trabajar en el Polo Universitario de Tecnología Avanzada (PUNTA), con sede en Apodaca, Nuevo León.

❖ El 12 de julio, el Dr. Rufino Díaz Uribe es designado SPIE *Senior Member* 2016, por *The International Society for Optics and Photonics* (SPIE), en Bellingham, Washington, USA.

❖ El 3 de agosto se crea el Grupo de Análisis de Imágenes y Visualización y Bioinformática, como resultado de la fusión del Grupo Imágenes y Visualización con el de Visión Artificial y Bioinformática.

❖ El 5 de agosto, el Director presenta al Consejo Interno el documento del CTIC, con los requisitos para solicitar la transformación de Centro a Instituto, y una propuesta para integrar tres comisiones (Marco conceptual, Estructura y Plan de desarrollo), para revisar los diferentes aspectos de la solicitud que se presentará a la Coordinación de la Investigación Científica.

❖ Del 26 al 28 de octubre, en la Ciudad de Guatemala, Guatemala, se llevan a cabo el 2o Congreso Iberoamericano de Instrumentación y Ciencias Aplicadas (CIICA) y el SOMI XXXI Congreso de Instrumentación. Con la colaboración de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la Universidad Nacional Autónoma de México, la Sociedad Mexicana de Instrumentación y la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través de su Facultad de Ingeniería, convocan a investigadores, profesores, tecnólogos, profesionales y estudiantes a participar en el

**2do CONGRESO IBEROAMERICANO DE INSTRUMENTACIÓN Y CIENCIAS APLICADAS** SOMI XXXI CONGRESO DE INSTRUMENTACIÓN

CD. DE GUATEMALA, GUA., 26 al 28 de octubre de 2016

**OBJETIVO**  
 Difundir las actividades y los resultados de la investigación y desarrollo relacionados con la ciencia aplicada y la ingeniería en los diversos campos de la instrumentación, para favorecer el intercambio de conocimientos y experiencias entre los participantes.

**PRESENTACIÓN DE TRABAJOS EN LOS SIGUIENTES CAMPOS**

- \* Instrumentación Científica e Industrial
- \* Instrumentación para la Salud
- \* Tecnologías de la Información
- \* Ciencia e Ingeniería de la Computación
- \* Electrónica
- \* Mecánica y Mecatrónica
- \* Óptica y Telecomunicaciones
- \* Materiales
- \* Micro y Nanotecnología
- \* Energías Renovables
- \* Educación en Ciencia y Tecnología
- \* Otros afines

Los resúmenes podrán presentarse en español, portugués e inglés a más tardar el 15 de mayo del 2016

<http://somi.ccadet.unam.mx/ciica2016/>

[somi@ccadet.unam.mx](mailto:somi@ccadet.unam.mx)

<https://www.facebook.com/somi.ccadet>

[https://twitter.com/somi\\_ccadet](https://twitter.com/somi_ccadet)

CONACYT solicitud de apoyo número 27220

Cartel del 2do Congreso Iberoamericano de Instrumentación y Ciencias Aplicadas y del SOMI XXXI Congreso de Instrumentación, efectuados en la ciudad de Guatemala.

❖ Se signan convenios de transferencia tecnológica de "El Aula del Futuro" y asesoría con el Instituto Lux, A.C. de León, Gto., la Comisión de Derechos Humanos del Distrito Federal y la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, además de acuerdos de uso con fines de investigación conjunta con la Universidad de Poitiers y la Universidad Católica de Lyon, ambas en Francia.

❖ Se concluyen prototipos y desarrollos: 1) Generador de pulsos de alto voltaje con aplicaciones en salud. 2) Nucleador múltiple de 8 tubos diseñado y construido para el CICESE. 3) Sistema de control de movimiento de 3 motores de DC. 4) Prototipos relacionados con aplicaciones educativas: equipo didáctico para la enseñanza de la ciencia y la tecnología a nivel preescolar (módulo sonido), con los elementos químicos y con sistema de mezclado.

❖ Se entrega a la empresa INRA S. C., el sistema para monitoreo de pautas comerciales en Radio SIMRAD, desarrollado en el CCADET.

❖ Luego de un amplio análisis y discusión de la solicitud de transformación del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico en el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología con la comunidad académica del Centro, se llega a un consenso y el 14 de diciembre el Consejo Interno del CCADET aprueba la propuesta de transformación del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) en el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT). La propuesta se presenta de inmediato al Consejo Técnico de la Investigación Científica (CTIC) en el mismo mes.

❖ Se participa en la organización de eventos como el 2do. Congreso Iberoamericano de Instrumentación y Ciencias Aplicadas; el III Congreso Multidisciplinario de Ciencias Aplicadas en Latinoamérica (COMCAPLA 2016); el Congreso internacional “EMN Summer Meeting 2016; *Energy Materials Nanotechnology*”; el *Symposium Disordered Photonics* en el marco del *International Conference on Metamaterials; el Photonic Crystals and Plasmonics*; el XVII Encuentro Internacional Virtual Educa; el LIX Congreso Nacional de Física; el VII Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud; la Reunión Nacional de Manufactura Aditiva 2016; el MEXCAS 2016; y los Cursos-taller de Ingeniería de Precisión, Metrología y Gestión de la Calidad; de Sistema de Gestión de la Calidad ISO 15189:2012; de Didáctica de la Química: Contexto y Modelo; de Desarrollo de Aplicaciones con Realidad Aumentada.

❖ Al finalizar el año, la plantilla académica está constituida por 43 investigadores y 67 técnicos académicos.

❖ Se logra un financiamiento de \$ 48 425 073.51 para 63 proyectos. Aproximadamente el 17% de los recursos ejercidos provienen de la

UNAM, el 61 % de convocatorias emitidas por CONACYT y el resto de otros sectores gubernamentales y privados.

❖ Se logra un número récord de 120 artículos internacionales o memorias en congresos indizadas en ISI y Scopus, lo que representa un 18% más respecto a la cifra de 2015.

## ***Se presenta al Consejo Técnico de la Investigación Científica la propuesta de transformación del CCADET en ICAT***

## 2017

❖ El 1° de febrero se aprueba la creación del Grupo de Instrumentación Biomédica.

❖ El 28 de abril, el Rector Dr. Enrique Graue, acompañado del Dr. William H. Lee Alardín, Coordinador de la Investigación Científica y del Ing. Leopoldo Silva, Secretario Administrativo, visita las instalaciones del CCADET, en especial, el MADiT y *El Aula del Futuro*, donde también se le presenta el proyecto del Topógrafo Corneal Portátil (TOCO).



Visita del Rector al Aula del Futuro

❖ El Dr. Alberto Caballero Ruiz gana, en conjunto con un grupo de académicos, el Premio Nacional INAH Paul Coremans, al Mejor Trabajo de Conservación de Bienes Muebles, por la restauración de dos campanas del pueblo de Escobedo, en el municipio de Montemorelos, Nuevo León, México.

❖ Humberto A. Albornoz Delgado gana el certamen Premio Nacional de Diseño: Diseña México 2017 con dos galardones, el Premio a Diseño de Producto Categoría Profesional (otros productos) y el Premio al Mejor Diseño Conceptual, otorgado conjuntamente por DISEÑA MÉXICO A.C. y el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial (IMPI).

❖ El modelo de "El Aula del Futuro" del Grupo Espacios y Sistemas Interactivos para la Educación, se transfiere a la Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM Virtual) de Chile y a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), formando numerosos profesores usuarios de las tecnologías. La OEA invita a "El Aula del Futuro" a una exposición internacional en el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para la enseñanza de las ciencias; Microsoft selecciona el proyecto como una muestra del buen uso de las TIC en la enseñanza a nivel mundial; la UNESCO menciona los trabajos del proyecto en un informe; el Instituto Lux, de León, gana un concurso estatal sobre el uso innovador de las TIC en su docencia; la Comisión de Derechos Humanos del Distrito Federal devala una placa en "La Casa del Árbol", en la que se menciona el apoyo brindado por "El Aula del Futuro" y el CCADET, en este espacio en que niños y adolescentes de la ciudad se forman cada semana en el tema de Derechos Humanos.

❖ El 3 de mayo, se crea la Comisión de Ética del CCADET, con base en el *Tercer Punto de Acuerdo para la Implementación del Código de Ética de la UNAM*, aprobada el 1° de julio de 2015, por el Consejo Universitario.

❖ El 3 de mayo se crea el Comité de Educación Continua del CCADET, con base en el *acuerdo del Reglamento General de Educación Continua de la UNAM*, aprobado el 18 de marzo de 2016, por el Consejo Universitario.

❖ Se desarrollan dos multinucleadores para obtención de muestras de sedimento marino blando, uno al Instituto Mexicano del Petróleo y otro para el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, y una lente para aumentar el campo de vista utilizada en el desarrollo de una queratoprótesis para cirugía vitreoretiniana en pacientes con cornea dañada.

❖ Se desarrolla y transfiere un modelo didáctico de telescopio para educación básica.

❖ Se trabaja en el desarrollo un sistema Informático WEB para la Gestión de Auditorías Internas y Verificaciones en Estaciones de Combustibles de Aeropuertos y Servicios Auxiliares (SIGAV) y una aplicación Móvil (APP) para integrar Auditorías y Verificaciones en modo OFFLine al Sistema Informático WEB (SIGAV), en colaboración con ASA.

❖ Se solicitan patentes en México para a) aparato, método y sistema portátil para medir la topografía corneal, b) sistema modificado para la medición del coeficiente de aislamiento acústico de incidencia normal en un tubo de transmisión modificado, c) aparato y sistema de transmisión mecánica de movimiento angular de precisión sin juego.

❖ Se diseña y desarrolla sistema electrónico inalámbrico para la presentación de imágenes mediante el uso de pantallas OLED.

❖ En colaboración con la Universidad de Guadalajara (UdeG), se realiza el diseño, aplicación y análisis de ocho instrumentos para evaluar el impacto de la red de laboratorios de fabricación digital instalados en siete bachilleratos de la UdeG, entre profesores, alumnos, directivos y responsables de los espacios, y se crea un portal en el que se puede interactuar con los resultados de los instrumentos aplicados.

❖ El SOMI XXXII Congreso de Instrumentación, se lleva a cabo del 25 al 27 de octubre, en Acapulco, Guerrero. Con la colaboración del Instituto Tecnológico de Acapulco y el Centro de Investigación Científica y Tecnológica de Guerrero, AC.



Cartel del SOMI XXXII Congreso de Instrumentación, efectuado en Acapulco

❖ Se participa también en la organización de los eventos: *International Optical Design Conference*, *The International Symposium on Olfaction and Electronic Nose* (ISOEN), In-RED 2017 (Iniciativa de Red entre Perú y México), *42<sup>th</sup> International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves* (IRMMW-THz), *Latin American Workshop on Plasma Physics* (LAWPP), *International Conference on Artificial Neural Networks 2017*, XVII Congreso Iberoamericano de Gestión Tecnológica, Congreso Nacional de Física, VIII Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud, Escuela de Óptica Ultrarrápida/*Optics, Photonics and Upcoming Methods and Applications* (UFO/OPUMA School) 2017, 25 edición del Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (25 CUIEET) y Reunión Nacional de Manufactura Aditiva 2017.

❖ El 11 de octubre, el Director informa que después de una revisión exhaustiva por parte del Coordinador de la Investigación Científica y de una comisión Ad-hoc que nombró el Consejo Técnico de la Investigación Científica (CTIC), la propuesta de transformación del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) en el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT) es aprobada por unanimidad por el pleno del CTIC y por el Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y las Ingenierías (CAACFMI).

❖ El 8 de noviembre, se aprueban las "Normas de Operación del Comité de Educación Continua del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico".

❖ Al finalizar el año, la plantilla académica está constituida por 116 académicos, 50 investigadores (incluyendo 4 cátedras CONACyT) y 66 Técnicos Académicos.

❖ Se logra un financiamiento para 72 proyectos por \$55,670,159.38, aproximadamente el 21.83% de los recursos ejercidos provinieron

de la UNAM, el 34.59% de convocatorias emitidas por CONACyT y el resto de otros sectores gubernamentales y privados.

❖ Se otorgan patentes de un "Reómetro de orificio y proceso para la medición de la viscosidad extensional" y de un "Procedimiento para la extracción y análisis de materiales y equipo para ello".

## **El Consejo Técnico de la Investigación Científica aprueba por unanimidad la transformación del CCADET en ICAT**

## 2018

❖ En enero se acepta la invitación para que el CCADET participe en la Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra de la UNAM, ya que algunas de las licenciaturas que ahí se impartirán contarán con una opción terminal de instrumentación.

❖ La transformación del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico en el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología es avalada en enero por el Consejo Académico del Área de las Ciencias Biológicas, Químicas y de la Salud (CAABQYS); en febrero por las Comisiones de Trabajo Académico y de la Legislación Universitaria, ambas del Consejo Universitario.

❖ El 7 de marzo, el Director informa que la Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Hospital General de México, cuenta con nuevos espacios de trabajo en dicho Hospital.

❖ El 7 de marzo se aprueba la creación de la Sección de Medios Audiovisuales, como unidad de apoyo adscrita a la Secretaría Académica.

❖ El 14 de marzo se decide realizar un concurso para elegir el diseño del nuevo logo del ICAT.

❖ El 22 de marzo, el pleno del Consejo Universitario avala la transformación del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) en el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT).



Aprobación de la transformación del CCADET en el ICAT en el Consejo Universitario

❖ El 4 de abril se presenta la convocatoria del diseño del logo del ICAT.

❖ El 9 de mayo, desaparece el Grupo de Multimedia y Ambientes Virtuales.

❖ Durante los meses de junio a agosto se elaboró y consensuó con la comunidad académica del Instituto el Plan de Desarrollo del ICAT 2018-2022, y de septiembre a diciembre se redactó y se discutió ampliamente con la comunidad académica el Reglamento Interno del ICAT.

❖ Se definen cinco campos prioritarios del conocimiento, en los que convergen los trabajos del personal académico adscrito; estos campos son: Instrumentación Científica e Industrial, Micro y Nanotecnologías, Tecnologías Fotónicas, Tecnologías de la Información y Educación en Ciencia y Tecnología.

❖ El 30 de mayo, el Dr. Rodolfo Zanella Specia toma posesión como primer director del ICAT, en presencia del Dr. William Lee, Coordinador de la Investigación Científica.



El Dr. William Lee, Coordinador de la Investigación Científica en la toma de posesión del Dr. Rodolfo Zanella, como primer Director del ICAT

❖ El 20 de junio se efectúa la ceremonia de premiación del ganador del concurso del logotipo del ICAT, la imagen visual que lo representa.

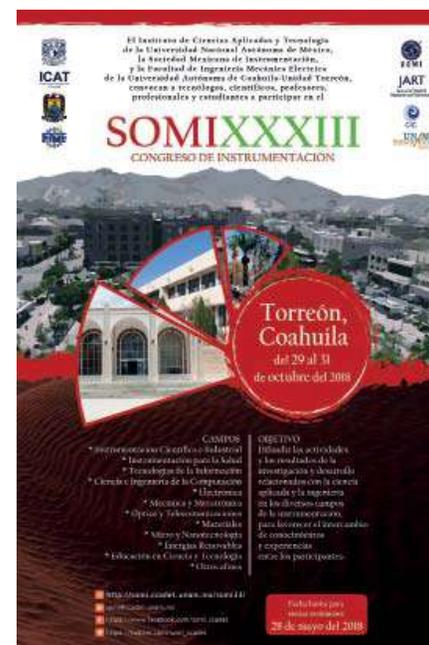
❖ El 5 de septiembre se aprueba el Reglamento de Seguridad del Instituto.

❖ El 3 de octubre se aprueba la creación del Grupo de Catálisis y Procesos de Superficies.

❖ Del 29 al 31 de octubre se lleva a cabo el SOMI XXXIII-Congreso de Instrumentación, en Torreón, Coahuila, con la colaboración de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Autónoma de Coahuila - Unidad Torreón.



Logotipo que representa la identidad del ICAT



Cartel del SOMI XXXIII Congreso de Instrumentación, efectuado en Torreón

❖ El 8 de noviembre, ya convertido en Instituto, el ICAT celebra su primer día de Puertas Abiertas, cuya finalidad consiste en dar a conocer parte del trabajo en investigación científica que se realiza en su interior, mediante charlas de divulgación, exhibiciones y recorridos a laboratorios relacionados con las áreas de la ciencia y la tecnología.



1° Día de Puertas Abiertas del ICAT

❖ Se participa en la organización de los eventos: IV Congreso Multidisciplinario de Ciencias Aplicadas en Latinoamérica (COMCAPLA 2018), 35<sup>th</sup> *International Workshop on Vibroengineering*, 5<sup>th</sup> *International Conference on Mathematics and Computers in Science and Industry*, Festejo académico del 30 Aniversario de la Academia de Catálisis de México, Reunión Nacional de Manufactura Aditiva 2018 y XIX Simposio Mexicano de Computación y Robótica en Medicina

(MEXCAS 2018); además de que tuvo presencia en el stand de la UNAM en la Feria Internacional de Hannover, Alemania.

❖ Se firma un convenio de transferencia de tecnología del sistema "HepaScan" útil para la detección del grado de fibrosis en hígado, al Hospital General de México (HGM) desarrollado por el ICAT, otorgándose la licencia gratuita para uso exclusivo del Servicio de Patología del HGM con fines asistenciales, y en actividades de capacitación y desarrollo profesional continuo, en colaboración con la Dirección de Educación y Capacitación en Salud.

❖ Se asigna a la Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga" (UIDT-HGMEL), un área adicional de aproximadamente 50 m<sup>2</sup>, para investigación y desarrollo, y se establecen cinco espacios para trabajos de laboratorio: Laboratorio de Evaluación de Pacientes, Laboratorio de Fotomedicina, Laboratorio de Material Biológico, Laboratorio de Imagenología Biomédica y Laboratorio de Instrumentación Biomédica.

❖ El Instituto continúa participando en la edición de las revistas *Journal of Applied Research and Technology* (JART), que se edita en su totalidad en el ICAT y de *Mundo Nano-Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, que se edita de manera conjunta entre el ICAT, el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CEIICH) y el Centro de Nanociencias y Nanotecnología (CNYN), todos pertenecientes a la UNAM. Los editores en jefe de ambas revistas son académicos del ICAT (Doctores Gabriel Ascanio Gasca y Rodolfo Zanella Specia).

❖ En diciembre, en el ICAT laboran 47 investigadores, 68 técnicos académicos y 4 catedráticos CONACYT.

❖ Se logró un financiamiento para 64 proyectos superior por \$ 40 852 430.16 millones de pesos. El 37.2 % de los recursos ejercidos provinieron de la UNAM, el 23.6 % de convocatorias emitidas por CONACYT y el 39.1% de otros sectores gubernamentales y privados.

❖ Se obtienen 2 patentes en México y el registro de un diseño industrial, así como la solicitud de 4 más; se obtuvo un derecho de autor para una obra; se solicitaron 3 derechos de autor para software o programas de cómputo ante el mismo organismo; y se solicitó el registro de 4 marcas.

❖ El personal académico genera 98 publicaciones indizadas, con mayor factor de impacto promedio (2.65) en relación con el promedio de años previos y con el de 2.46, que correspondía al más alto en la historia del CI/CCADET/ICAT.

❖ El Instituto se organiza en cuatro departamentos: Óptica, Microondas y Acústica; Micro y Nanotecnologías; Instrumentación Científica e Industrial; y Tecnologías de la Información y Procesos Educativos, con sus correspondientes Grupos:

♦ Óptica, Microondas y Acústica (Acústica y Vibraciones; Fotónica de Microondas; Óptica no Lineal; Sistemas Ópticos; Laboratorio Universitario de Fabricación de Equipos Ópticos).

♦ Instrumentación Científica e Industrial (Análisis de Imágenes, Visualización y Bioinformática; Electrónica; Imagenología Biomédica, Física y Computacional; Ingeniería de Precisión y Metrología; Ingeniería de Procesos; Modelado y Simulación de Procesos; Sensores; Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva y Digital).

♦ Departamento de Micro y Nano Tecnologías (Catálisis y Procesos de Superficie; Fotofísica y Películas Delgadas; Materiales bio y Catalizadores Nanoestructurados; Microtecnología y Redes Neuronales; Sistemas Híbridos y Nanoespectroscopía; Sustratos Nanoestructurados; Laboratorio Universitario de Nanotecnología

Ambiental; Laboratorio Universitario de Caracterización Espectroscópica).

♦ Tecnologías de la Información y Procesos Educativos (Cibernética y Sistemas Complejos; Cognición y Didáctica de las Ciencias; Espacios y Sistemas Interactivos para la Educación; Gestión de la Innovación; Sistemas Inteligentes; Telemática para la Educación).

♦ Además: Polo Universitario de Tecnología Avanzada-UNAM, Nuevo León (PUNTA); Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga” (UIDT-HGMEL); Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el Hospital Manuel Gea González (UIDT-HGMGG); Sección de Desarrollo de Prototipos.

❖ Con respecto a Actividades de Difusión y Divulgación y, en especial, a la actividad en redes sociales, en Facebook se realizaron 294 publicaciones, 529 en Twitter, 42 en Instagram, 6 en LinkedIn; y se publicaron 19 videos en YouTube. En relación con el número de seguidores de las redes sociales del ICAT, los incrementos más significativos fueron en Facebook y Twitter, que son las redes que más emplea la Coordinación de Difusión y Divulgación. En diciembre, el número de seguidores para Facebook era de 4699, mientras que para Twitter era de 5291.

## ***Se incrementa significativamente la presencia del ICAT en redes sociales***

# 2019

❖ El 9 de enero se aprueban el Reglamento Interno, el Reglamento del Comité Editorial, el Reglamento de Catedráticos CONACYT y el Reglamento de Becas Posdoctorales, por parte del Consejo Interno. La propuesta de Reglamento Interno se envía al CTIC para su análisis y eventual aprobación.

❖ Del 10 al 14 de junio se realiza el más antiguo y uno de los congresos internacionales más importantes a nivel mundial en el área de la Espectroscopía: El 41<sup>st</sup> *Colloquium Spectroscopicum Internationale* (CSI XLI), junto con la 1<sup>st</sup> *Latin American Meeting on Laser Induced Breakdown Spectroscopy* (I LAMLIBS), en el Centro de Exposiciones y Congresos de la UNAM, en Ciudad Universitaria, Cd. Mx. Realizado por primera vez en México y segunda en América Latina. Dos académicos del ICAT, la Dra. Citlali Sánchez Aké y el Dr. Mayo Villagrán Muniz, fueron los presidentes de estas dos reuniones.

❖ El 4 de septiembre se efectúa el lanzamiento a la estratósfera del sistema EMIDSS-1 (*Experimental Module for Iterative Design for Satellite Subsystems* - versión 1), integrado en el Laboratorio de Modelado y Simulación de por colaboración entre el ICAT-UNAM y el CDA-IPN, que tiene como objetivo desarrollar instrumentación para la integración de misiones aeroespaciales científicas. Se realizó desde la base del programa CSBF (*Columbia Scientific Balloon Facility*) de la NASA, en Fort Sumner, Nuevo México, Estados Unidos.

❖ El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, por sus siglas en inglés) otorga al Dr. Ernst Kussul el grado de “Senior Member”.



Cartel del 41<sup>st</sup> *Colloquium Spectroscopicum Internationale* y de la 1<sup>st</sup> *Latin American Meeting on Laser Induced Breakdown Spectroscopy*, efectuados en Ciudad Universitaria

❖ Del 16 al 18 de octubre se lleva a cabo el XXXII SOMI Congreso de Instrumentación, en Morelia, Mich., organizado con la colaboración del Instituto en Investigaciones en Materiales.

❖ El 30 de octubre se informa que al Dr. Rufino Díaz Uribe se le otorga el Premio Universidad Nacional en Docencia en Ciencias Exactas 2019.

❖ Se participa en la organización de otros 16 eventos académicos nacionales e internacionales: *International Materials Research Congress* 2019; XIII *Latin American Meeting on Optics*; X *Latin American Meeting RIAO-OPTILAS-MOPM-2019* y *Laser and Applications – Mexican Optics and Photonics Meeting*; X Congreso Nacional de Tecnología Aplicada



Cartel del SOMI XXXIV  
Congreso de Instrumentación, efectuado en Morelia

a Ciencias de la Salud; VII Congreso Internacional y XVI Congreso Mexicano de Catálisis; 8° Congreso Iberoamericano en Investigación Cualitativa (CIAIQ2019) y 4<sup>th</sup> *International Symposium on Qualitative Research*; XXXII Simposio Internacional de Computación en la Educación; XVIII Congreso Latino - Iberoamericano de Gestión Tecnológica ALTEC 2019; Simposio Internacional de TIC en la Educación SOMECE 2019: “Eductecnología y Aprendizaje 4.0”; 10° Coloquio sobre Riqueza Natural y Sociedad: Inventarios ilustrados de la Hepertonía de México; 38° Congreso Nacional de Educación Química; X Congreso Nacional de Tecnologías Aplicadas a Ciencias de la Salud; Simposio Mexicano de Computación y Robótica en Medicina 2019.

❖ El 8 de noviembre se realiza el lanzamiento oficial de la *Red Internacional de Aulas del Futuro*, liderada por el Grupo Espacios y

Sistemas Interactivos para la Educación (ESIE). Como resultado del proyecto *El Aula del Futuro* se instalan aulas en Francia (Universidad de Poitiers), Chile (Universidad Tecnológica Metropolitana) y México, conformando en la UNAM una red de 6 aulas en Facultad de Filosofía y Letras, Facultad de Psicología, Escuela Nacional Preparatoria 7, Facultad de Artes y Diseño, Escuela Nacional de Trabajo Social e ICAT. Se integran a las existentes en Instituto Lux A.C., de León; Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; Comisión de Derechos Humanos del Distrito Federal; UAM-Azcapotzalco. La Red comunica a más de 800 profesores que han seguido los programas de formación desarrollados en el Grupo Espacios y Sistemas Interactivos para la Educación. La Red incluye una red de investigación, a la que se suman el Open Education Consortium (EUA), la Universidad de la Rioja (España), el Tecnológico de Monterrey y la Universidad de Guadalajara.

❖ Durante el año se firman 11 convenios de colaboración

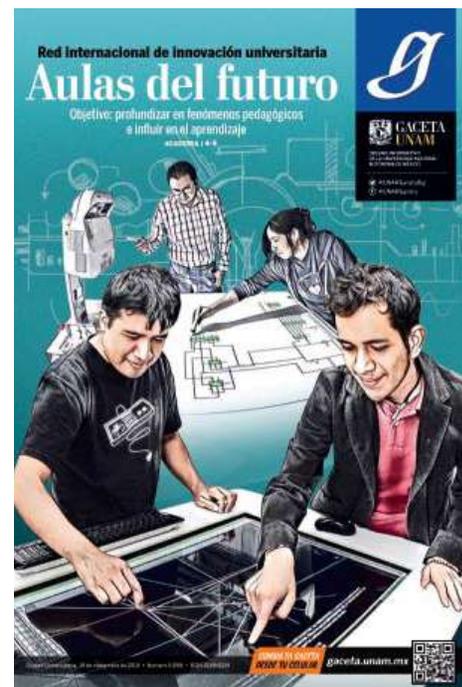
❖ La Coordinación de Difusión y Divulgación genera las secciones *Mujeres que Hacen Ciencia*, *Tecnología en el ICAT* y *Cápsulas Electrónicas*, así como *Efemérides* y el ICAT. En colaboración con la Dirección General de Divulgación de la Ciencia (DGDC), se generan infografías relacionadas con el quehacer del ICAT y se difunden en las redes sociales del Instituto y de la DGDC. También se implementa el programa de vinculación con ex estudiantes del ICAT (*Enlace ICAT*).

❖ La plantilla académica y administrativa la integran 47 investigadores de tiempo completo, 68 técnicos académicos, 5 catedráticos CONACYT, 19 becarios posdoctorales y 114 empleados de apoyo técnico y administrativo (13 de confianza y 101 de base), además de aproximadamente 70 estudiantes de licenciatura y 125 de posgrado.

❖ Los recursos obtenidos por los 69 proyectos financiados fue de 23,267,738.05 pesos. El 51.1% de los recursos ejercidos provienen de la UNAM, el 44.2% de convocatorias emitidas por CONACYT y el resto de otros sectores gubernamentales y privados.

❖ En lo que se refiere a protección de propiedad intelectual, se solicita una patente, se logra el otorgamiento de un modelo industrial, un certificado de invención y 7 derechos de autor; se validan 22 prototipos con el usuario y 10 programas de software validados con el usuario; se desarrollan 9 multimedios y se revisa una norma.

❖ El personal académico genera 147 publicaciones indizadas, cifra récord en la historia de la dependencia



Portada de la Gaceta UNAM del 19 de noviembre de 2019 con noticia sobre el lanzamiento de la Red Internacional de Aulas del Futuro



El Dr. Fernando Gamboa Rodríguez en la ceremonia de lanzamiento de la Red Internacional de Aulas del Futuro

## 2020

- ❖ El 9 de enero se lleva a cabo la Jornada Académica del ICAT.
- ❖ En febrero, el Consejo Universitario aprueba la creación de la Licenciatura en Ingeniería Aeroespacial, en la que participan 12 entidades asesoras, entre ellas el Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva y Digital (MADiT) del ICAT. Se impartirá en la Facultad de Ingeniería en C. U.
- ❖ En el Auditorio del ICAT se lleva a cabo el Coloquio ¿Qué tiene que ver el Género con las Ciencias Aplicadas y la Tecnología?
- ❖ El 4 de marzo se informa sobre la asociación civil creada con el legado del Dr. Roberto Ortega Martínez, para apoyar a los estudiantes del ICAT con becas de licenciatura y posgrado.
- ❖ El 12 de marzo, el Consejo Técnico de la Investigación Científica, en sesión ordinaria, aprueba el Reglamento Interno del ICAT.
- ❖ El viernes 22 de marzo es el último día laborable en las instalaciones del ICAT, por la emergencia sanitaria causada de la pandemia de la COVID-19.
- ❖ En reunión del Consejo Interno del 4 de junio se informa de los proyectos en los que está participando el Instituto enfocados a resolver problemas relacionados con la pandemia del COVID-19.
- ❖ El 5 de agosto, el Consejo Interno aprueba el documento de conclusiones sobre la definición de “Creación y Dirección de Grupos de Trabajo”.
- ❖ El 3 de septiembre, el Dr. Graue Wiechers, Rector de la UNAM, expide el Acuerdo por el que se crea el Centro de Estudios en Computación Avanzada (CECAV), que tiene como objetivos centrales: I. Promover la formación de recursos humanos de alto nivel en áreas afines a la Computación, y II. Coordinar esfuerzos de las diversas entidades, dependencias y programas de la UNAM en proyectos de formación de recursos humanos, investigación y desarrollo tecnológico en computación. Entre las dependencias participantes en el CECAV se encuentra el ICAT.
- ❖ El 9 de septiembre, el Director del ICAT presenta vía remota el Informe 2018 y 2019, ante el Coordinador de la Investigación Científica y la comunidad del Instituto.
- ❖ El 11 de septiembre se informa sobre los académicos que están trabajando en proyectos asociados con la resolución de problemas relacionados con la COVID-19, tal como un prototipo de hisopo y su frasco transportador para toma de muestras de diagnóstico de la Covid-19, por medio de una prueba de RT-PCR. El dispositivo es resultado del trabajo del Grupo de Dispositivos Biomédicos del Instituto, a cargo de Celia Sánchez, con la colaboración de alumnos. Asimismo, se informa de la fabricación de caretas de protección para médicos que se desarrollaron en el MADiT y de un software para el seguimiento de pacientes en el Hospital General de México que realizó el Dr. Alfonso Gastelum.
- ❖ El 23 de septiembre, el Director propone la creación de un comité para la organización de actividades para celebrar los 50 años del CI/CCADET/ICAT en diciembre del próximo año.



Logotipo del 50° Aniversario de la creación del CI/CADET/ICAT

❖ El ICAT y Huawei Technologies de México suscriben un convenio con vigencia de tres años, para colaborar en áreas tecnológicas de frontera como telecomunicaciones, inteligencia artificial e impulso de ciudades inteligentes, entre otras. Asimismo, se busca propiciar la investigación y la formación de especialistas, además de generar una amplia participación de académicos y alumnos universitarios. Este documento es firmado por William Lee Alardín, Coordinador de la Investigación Científica, Liu Jiude, representante legal de Huawei Technologies de México, S.A. de C.V. y el Dr. Rodolfo Zanella. El responsable por parte del ICAT es José Luis Solleiro Rebolledo.

❖ El 4 de diciembre concluye en edición virtual, el Diplomado Internacional "Innovación en la Docencia Universitaria" 2020, impartido por quinto año consecutivo por el Grupo Espacios y Sistemas Interactivos para la Educación y la Universidad Tecnológica Metropolitana del Estado de Chile. Intervinieron 107 profesores de la UNAM y 30 de Chile. Es apoyado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico.

## 2021

En el contexto del 50° aniversario del Instituto, el 23 de febrero se lleva a cabo la primera actividad conmemorativa, el "Conversatorio Recordando la Década 1971-1980", en el que participaron Ricardo Ruiz Boullosa, Manuel Estéves Kubli, Clara Alvarado Zamorano, Antonio Castruita Vargas y Gerardo Antonio Ruiz Botello, quienes citaron algunas de sus vivencias en la formación del hoy ICAT. El Dr. Rodolfo Zanella, su Director, expresa que se trata de la primera de una serie de conversatorios, conferencias, presentaciones de libros, y conciertos, que se efectuarán para celebrar la creación del Instituto, en 1971, por acuerdo del entonces Rector, Pablo González Casanova.



Ricardo Ruiz, Manuel Estéves y Clara Alvarado (arriba); Antonio Castruita, Gerardo Ruiz y Rodolfo Zanella (abajo) durante el Conversatorio Recordando la Década 1971-1980. Fuente: Gaceta UNAM.

## Inician las actividades conmemorativas del 50° Aniversario del ICAT

# Fuentes Consultadas

## DOCUMENTOS CI/CCADET/ICAT

### Actas de Consejo Interno CCADET | ICAT

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 30 de junio del 2010.* Acta No. 10/10, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 4 de agosto del 2010.* Acta No. 11/10, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 25 de agosto del 2010.* Acta No. 12/10, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 28 de septiembre del 2010.* Acta No. 13/10, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 10 de noviembre del 2010.* Acta No. 16/10, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 24 de noviembre del 2010.* Acta No. 17/10, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM, 10 dic. 2010.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 23 de febrero del 2011.* Acta No. 03/11, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 9 de marzo del 2011.* Acta No. 04/11, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 30 de marzo del 2011.* Acta No. 05/11, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 6 de abril del 2011.* Acta No. 06/11, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 4 de mayo del 2011.* Acta No. 07/11, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 8 de junio del 2011.* Acta No. 08/11, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 22 de junio del 2011.* Acta No. 09/11, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 3 de agosto del 2011.* Acta No. 10/11, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 17 de agosto del 2011.* Acta No. 11/11, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 31 de agosto del 2011.* Acta No. 12/11, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 21 de septiembre del 2011.* Acta No. 13/11, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 28 de septiembre del 2011.* Acta No. 14/11, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

## Actas de Consejo Interno CCADET | ICAT

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 25 de enero del 2012.* Acta No. 02/12, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 8 de febrero del 2012.* Acta No. 03/12, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 22 de febrero del 2012.* Acta No. 04/12, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 7 de marzo del 2012.* Acta No. 05/12, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 7 de marzo del 2012.* Acta No. 06/12, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 11 de abril del 2012.* Acta No. 07/12, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 25 de abril del 2012.* Acta No. 08/12, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 9 de mayo del 2012.* Acta No. 09/12, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 23 de mayo del 2012.* Acta No. 10/12, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 6 de junio del 2012.* Acta No. 11/12, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 6 de junio del 2012.* Acta No. 12/12, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 27 de junio del 2012.* Acta No. 13/12, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 1 de agosto del 2012.* Acta No. 14/12, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 22 de agosto del 2012.* Acta No. 15/12, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 12 de septiembre del 2012.* Acta No. 16/12, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 26 de septiembre del 2012.* Acta No. 17/12, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 7 de noviembre del 2012.* Acta No. 19/12, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 21 de noviembre del 2012.* Acta No. 20/12, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 16 de enero del 2013.* Acta No. 01/13, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

## Actas de Consejo Interno CCADET | ICAT

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 13 de febrero del 2013.* Acta No. 03/13, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 27 de febrero del 2013.* Acta No. 05/13, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 3 de abril del 2013.* Acta No. 07/13, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 17 de abril del 2013.* Acta No. 08/13, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 30 de abril del 2013.* Acta No. 09/13, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 14 de mayo del 2013.* Acta No. 10/13, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 12 de junio del 2013.* Acta No. 11/13, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 26 de junio del 2013.* Acta No. 12/13, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 31 de julio del 2013.* Acta No. 13/13, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 14 de agosto del 2013.* Acta No. 14/13, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 11 de septiembre del 2013.* Acta No. 15/13, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 25 de septiembre del 2013.* Acta No. 16/13, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 9 de octubre del 2013.* Acta No. 17/13, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 25 de octubre del 2013.* Acta No. 18/13, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 6 de noviembre del 2013.* Acta No. 19/13, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 11 de noviembre del 2013.* Acta No. 20/13, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 13 de noviembre del 2013.* Acta No. 21/13, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 20 de noviembre del 2013.* Acta No. 22/13, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 4 de diciembre del 2013.* Acta No. 23/13, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

## Actas de Consejo Interno CCADET | ICAT

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 15 de enero del 2014.* Acta No. 01/14, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 27 de enero del 2014.* Acta No. 02/14, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 29 de enero del 2014.* Acta No. 03/14, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 12 de febrero del 2014.* Acta No. 04/14, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 26 de febrero del 2014.* Acta No. 05/14, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 3 de marzo del 2014.* Acta No. 06/14, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 12 de marzo del 2014.* Acta No. 07/14, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 19 de marzo del 2014.* Acta No. 08/14, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 26 de marzo del 2014.* Acta No. 09/14, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 9 de abril del 2014.* Acta No. 10/14, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 7 de mayo del 2014.* Acta No. 11/14, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 4 de junio del 2014.* Acta No. 12/14, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 9 de junio del 2014.* Acta No. 13/14, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 18 de junio del 2014.* Acta No. 14/14, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 6 de agosto del 2014.* Acta No. 15/14, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 3 de septiembre del 2014.* Acta No. 16/14, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 10 de septiembre del 2014.* Acta No. 17/14, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 24 de septiembre del 2014.* Acta No. 18/14, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 6 de octubre del 2014.* Acta No. 19/14, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

## Actas de Consejo Interno CCADET | ICAT

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 5 de noviembre del 2014.* Acta No. 20/14, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 3 de diciembre del 2014.* Acta No. 21/14, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 22 de enero del 2015.* Acta No. 01/15, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 28 de enero del 2015.* Acta No. 02/15, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 4 de febrero del 2015.* Acta No. 03/15, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 11 de febrero del 2015.* Acta No. 04/15, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 4 de marzo del 2015.* Acta No. 05/15, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 8 de abril del 2015.* Acta No. 06/15, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 6 de mayo del 2015.* Acta No. 07/15, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 3 de junio del 2015.* Acta No. 08/15, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 26 de junio del 2015.* Acta No. 09/15, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 5 de agosto del 2015.* Acta No. 10/15, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 2 de septiembre del 2015.* Acta No. 11/15, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 7 de octubre del 2015.* Acta No. 12/15, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 4 de noviembre del 2015.* Acta No. 13/15, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 2 de diciembre del 2015.* Acta No. 14/15, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 6 de enero del 2016.* Acta No. 01/16, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 13 de enero del 2016.* Acta No. 02/16, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 27 de enero del 2016.* Acta No. 03/16, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

## Actas de Consejo Interno CCADET | ICAT

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 3 de febrero del 2016.* Acta No. 04/16, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 3 de febrero del 2016.* Acta No. 05/16, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 24 de febrero del 2016.* Acta No. 06/16, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 29 de febrero del 2016.* Acta No. 07/16, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 2 de marzo del 2016.* Acta No. 08/16, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 4 de abril del 2016.* Acta No. 09/16, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 6 de abril del 2016.* Acta No. 10/16, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 4 de mayo del 2016.* Acta No. 11/16, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 1 de junio del 2016.* Acta No. 12/16, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 27 de junio del 2016.* Acta No. 13/16, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 3 de agosto del 2016.* Acta No. 14/16, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 5 de agosto del 2016.* Acta No. 15/16, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 7 de septiembre del 2016.* Acta No. 16/16, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 5 de octubre del 2016.* Acta No. 17/16, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 9 de noviembre del 2016.* Acta No. 18/16, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 30 de noviembre del 2016.* Acta No. 19/16, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 14 de diciembre del 2016.* Acta No. 20/16, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 11 de enero del 2017.* Acta No. 01/17, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 1 de febrero del 2017.* Acta No. 02/17, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

## Actas de Consejo Interno CCADET | ICAT

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 8 de febrero del 2017.* Acta No. 03/17, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 1 de marzo del 2017.* Acta No. 04/17, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 5 de abril del 2017.* Acta No. 05/17, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 3 de mayo del 2017.* Acta No. 06/17, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 7 de junio del 2017.* Acta No. 07/17, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 14 de junio del 2017.* Acta No. 08/17, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 28 de junio del 2017.* Acta No. 09/17, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 2 de agosto del 2017.* Acta No. 10/17, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 6 de septiembre del 2017.* Acta No. 11/17, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 11 de octubre del 2017.* Acta No. 12/17, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 8 de noviembre del 2017.* Acta No. 13/17, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 14 de diciembre del 2017.* Acta No. 14/17, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 10 de enero del 2018.* Acta No. 01/18, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 10 de enero del 2018.* Acta No. 01/18, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 17 de enero del 2018.* Acta No. 02/18, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 7 de febrero del 2018.* Acta No. 03/18, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 7 de febrero del 2018.* Acta No. 04/18, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del CCADET del 7 de marzo del 2018.* Acta No. 05/18, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del CCADET del 14 de marzo del 2018.* Acta No. 06/18, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

### Actas de Consejo Interno CCADET | ICAT

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 4 de abril del 2018.* Acta No. 07/18, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 9 de mayo del 2018.* Acta No. 08/18, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 13 de junio del 2018.* Acta No. 09/18, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del ICAT del 1 de agosto del 2018.* Acta No. 10/18, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 1 de agosto del 2018.* Acta No. 11/18, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 5 de septiembre del 2018.* Acta No. 12/18, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 3 de octubre del 2018.* Acta No. 13/18, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 7 de noviembre del 2018.* Acta No. 14/18, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 5 de diciembre del 2018.* Acta No. 15/18, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 9 de enero del 2019.* Acta No. 01/19, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del ICAT del 23 de enero del 2019.* Acta No. 02/19, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 6 de febrero del 2019.* Acta No. 03/19, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 6 de marzo del 2019.* Acta No. 04/19, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 4 de abril del 2019.* Acta No. 05/19, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 7 de mayo del 2019.* Acta No. 06/19, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 5 de junio del 2019.* Acta No. 07/19, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 7 de agosto del 2019.* Acta No. 08/19, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 4 de septiembre del 2019.* Acta No. 09/19, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 9 de octubre del 2019.* Acta No. 10/19, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del ICAT del 30 de octubre del 2019.* Acta No. 11/19, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 6 de noviembre del 2019.* Acta No. 12/19, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 4 de diciembre del 2019.* Acta No. 13/19, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 15 de enero del 2020.* Acta No. 01/20, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Extraordinaria del Consejo Interno del ICAT del 29 de enero del 2020.* Acta No. 02/20, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

### Actas de Consejo Interno CCADET | ICAT

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 5 de febrero del 2020.* Acta No. 03/20, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT del 4 de marzo del 2020.* Acta No. 04/20, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

## Actas de Consejo Interno CCADET | ICAT

*Acta de la Sesión Ordinaria del Consejo Interno del ICAT.* Acta No. 05/20, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

*Acta de la Sesión vía remota del 6 de mayo de 2020 del Consejo Interno del ICAT.* Acta No. 06/20, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología UNAM.

## Informes y Reportes Anuales CI | CCADET

Centro de Instrumentos UNAM. *Informe de Actividades: enero de 1986 – junio de 1987.* México: CI – UNAM, 1987.

Centro de Instrumentos UNAM. *Informe de Actividades 1989.* México: CI – UNAM, 1990.

Centro de Instrumentos UNAM. *Documento presentado al Comité Técnico Asesor en relación al Informe Anual de Actividades de 1990.* México: CI – UNAM, 1991.

Centro de Instrumentos UNAM. *Informe 1991.* México: CI – UNAM, 1992.

Centro de Instrumentos UNAM. *Informe de Actividades 1992.* México: CI – UNAM, 1993.

Centro de Instrumentos UNAM. *Informe Anual 1993.* México: CI – UNAM, 1994.

Centro de Instrumentos UNAM. *Informe 1994.* México: CI – UNAM, 1995.

Universidad Nacional Autónoma de México. "Infraestructura Académica de los Laboratorios del Centro de Instrumentos". *Planeación 95. CAACFMI.* México: UNAM, 1996.

Universidad Nacional Autónoma de México. *Centro de Instrumentos: Reporte Institucional 1997.* México: Secretaría de Planeación UNAM, 1998.

Centro de Instrumentos UNAM. *Informe 1998.* México: CI – UNAM, 1999.

Centro de Instrumentos UNAM. *Informe Anual 1999.* México: CI – UNAM, 2000.

Centro de Instrumentos UNAM. *Informe Anual 2000.* México: CI – UNAM, 2001.

Centro de Instrumentos UNAM. *Informe de Trabajo de la Dirección del Centro de Instrumentos, UNAM: Periodo 1998 - 2001.* México: CI – UNAM, 2002.

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM. *Informe de Trabajo de la Dirección del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, UNAM: Periodo 2002.* México: CCADET – UNAM, 2003.

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM. *Informe de Trabajo de la Dirección del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, UNAM: Periodo 2003.* México: CCADET – UNAM, 2004.

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM. *Informe de Trabajo de la Dirección del Centro de Instrumentos y del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, UNAM: Periodo 1998 – 2005.* México: CCADET – UNAM, 2006.

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM. *Informe Anual 2006.* México: CCADET – UNAM, 2007.

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM. *Informe Anual 2007.* México: CCADET – UNAM, 2008.

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM. *Informe Anual 2008.* México: CCADET – UNAM, 2009.

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM. *Informe de Actividades 2006 – 2009.* México: CCADET – UNAM, 2010.

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM. *Informe de Actividades 2010.* México: CCADET – UNAM, 2011.

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM. *Informe de Actividades 2011.* México: CCADET – UNAM, 2012.

## Informes y Reportes Anuales CI | CCADET

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM. *Informe de Actividades 2012*. México: CCADET – UNAM, 2013.

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM. *Informe de Actividades 2005 – 2013*. México: CCADET – UNAM, 2014.

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM. *Informe de Actividades 2014*. México: CCADET – UNAM, 2015.

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM. *Informe de Actividades 2015*. México: CCADET – UNAM, 2016.

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM. *Informe de Actividades 2016*. México: CCADET – UNAM, 2017.

## Planes de Desarrollo CI | CCADET

*Plan de Desarrollo 1998 – 2001 del Centro de Instrumentos*. Aprobado en su primera versión por el Consejo Interno el 16 de junio de 2000, Centro de Instrumentos UNAM, 10 de enero de 2001.

*Plan de Desarrollo CCADET 2009 – 2012*. Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM. Web.

*Plan de Desarrollo 2013 – 2017*. Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM. Web.

## Boletín La Cita

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 3, no. 1, 2005, 8 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 3, no. 2, 2005, 11 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 3, no. 3, 2006, 6 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 4, no. 1, 2007, 4 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 4, no. 2, 2007, 5 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 5, no. 1, 2009, 4 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 5, no. 2, 2009, 6 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 5, no. 3, 2009, 6 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 5, no. 4, 2009, 6 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 5, no. 5, 2009, 4 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 5, no. 6, 2009, 6 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 5, no. 7, 2009, 6 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 5, no. 8, 2009, 7 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 6, no. 1, 2010, 6 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 6, no. 2, 2010, 6 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 6, no. 3, 2010, 4 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 7, no. 1, 2011, 7 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 7, no. 2, 2012, 15 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 8, no. 1, 2015, 6 pp. Web.

## Boletín La Cita

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 8, no. 2, 2015, 12 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 9, no. 1, 2016, 4 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 9, no. 2, 2016, 3 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 10, no. 1, 2017, 3 pp. Web.

Mesa Directiva del Colegio de Personal Académico del CCADET UNAM. *La Cita*, vol. 10, no. 2, 2017, 5 pp. Web.

## Revista Instrumentación y Desarrollo

Sociedad Mexicana de Instrumentación, A.C / Sierra Vázquez, Javier (ed.) Editorial. *Instrumentación y Desarrollo*, vol. 1, no. 1, 1981, p. 2.

## Revista Journal of Applied Research and Technology

Lara-Rosano Felipe. "Presentation". Editorial. *Journal of Applied Research and Technology (JART)*, vol. 1, no. 1, 2003, p. 3.

## Entrevista

Reyes Luján, Sergio. Entrevista personal realizada por Clara Alvarado Zamorano. 9 de marzo de 2018.

## DOCUMENTOS UNAM

### Gaceta UNAM

S.A. "Instrumentación Científica de la UNAM para Investigaciones Aplicadas". *Gaceta UNAM*, 30 de junio de 1971, p. 1+.

S.A. "Palabras del Sr. Rector ante el H. Consejo Universitario sobre el proyecto de Estatuto del Sistema de Universidad Abierta de la U.N.A.M.". *Gaceta UNAM*, 28 feb. 1972, Pp. 1-2.

S.A. "Ahora no sólo se diseñan sino se construyen aparatos científicos para investigación". *Gaceta UNAM*, 7 de junio de 1972, Pp. 1-2.

S.A. "El Centro de Instrumentos de la UNAM". *Gaceta UNAM*, 6 de octubre de 1972, Pp. 3-4.

S.A. "La UNAM reduce parcialmente la importación de tecnología para investigación y enseñanza". *Gaceta UNAM*, 27 de marzo de 1974, p. 2.

S.A. "Cambio de domicilio del Centro de Instrumentos". *Gaceta UNAM*, 17 de mayo de 1974, p. 7.

S.A. "Cambiarán de 50 a 60 HZ., la frecuencia de energía eléctrica en C.U.". *Gaceta UNAM*, 17 de julio de 1974, p. 8.

S.A. "Intensa reparación, ajuste y calibración de equipo científico y didáctico". *Gaceta UNAM*, 26 de julio de 1974, p. 4.

S.A. "Inauguró el Rector las instalaciones del Centro de Instrumentos". *Gaceta UNAM*, 31 de enero de 1975, p. 12.

S.A. "Inauguró el presidente los cursos de la Universidad". *Gaceta UNAM*, 17 de marzo de 1975, Pp. 1-8.

S.A. "Premio Difusión Cultural a los triunfadores de la V Feria de Ciencias". *Gaceta UNAM*, 20 de agosto de 1975, Pp. 6-7.

S.A. "La "Feria de Ciencias 76" presenta una exposición en el Centro de Instrumentos". *Gaceta UNAM*, 25 de agosto de 1976, p. 6.

S.A. "El Centro de Instrumentos, factor de desarrollo nacional". *Gaceta UNAM*, 20 de abril de 1977, Pp. 1-2.

S.A. "El Centro de Instrumentos colabora con Universidades de provincia". *Gaceta UNAM*, 27 de abril de 1977, p. 16.

S.A. "El Subsistema de Investigación Científica". *Gaceta UNAM*, 18 de julio de 1977, p. 3+.

## Gaceta UNAM

- S.A. "Convenios de colaboración entre la UNAM y las Universidades Autónomas de Ciudad Juárez y Baja California Norte". *Gaceta UNAM*, 27 agosto de 1979, Pp. 2-5.
- S.A. "Inauguró el Rector el nuevo Observatorio Astronómico Nacional". *Gaceta UNAM*, 24 de septiembre de 1979, Pp. 2-5.
- S.A. "Avances recientes en Astronomía Observacional: Instrumentación y resultados". *Gaceta UNAM*, 24 de septiembre de 1979, Pp. 6-7.
- S.A. "Convenio UNAM-Universidad Veracruzana". *Gaceta UNAM*, 1 de octubre de 1979, Pp. 2-3.
- S.A. "Concentrador inteligente de terminales". *Gaceta UNAM*, 2 de junio de 1980, p. 12.
- S.A. "El sistema de control del nuevo telescopio del Observatorio". *Gaceta UNAM*, 5 de junio de 1980, Pp. 12-13.
- S.A. "Primer simposio sobre instrumentación". *Gaceta UNAM*, 28 de agosto de 1980, p. 28.
- S.A. "Concluyó el simposio sobre instrumentación". *Gaceta UNAM*, 8 de septiembre de 1980, p. 2.
- S.A. "Director del Centro de Instrumentos". *Gaceta UNAM*, 29 de enero de 1981, p. 2.
- S.A. "Acervo de instructivos de operación y servicio de equipos y aparatos". *Gaceta UNAM*, 8 de junio de 1981, p. 13.
- S.A. "Fue inaugurada la conferencia-taller Demostraciones y Experimentos de Física". *Gaceta UNAM*, 6 de agosto de 1981, p. 8.
- S.A. "En el Centro de Instrumentos se diseñan y construyen aparatos científicos y didácticos". *Gaceta UNAM*, 6 de agosto de 1981, Pp. 18-19.
- S.A. "Fermentador automático para la fabricación de medicamentos". *Gaceta UNAM*, 25 de febrero de 1982, p. 12.
- S.A. "El Observatorio Astronómico de San Pedro Mártir, considerado entre los tres mejores del mundo". *Gaceta UNAM*, 18 de marzo de 1982, p. 17.
- S.A. "Fue presentada la primera microcomputadora diseñada en el Centro de Instrumentos". *Gaceta UNAM*, 11 de octubre de 1982, p. 2+.
- S.A. "Centro de Instrumentos". *Gaceta UNAM*, 10 de febrero de 1983, Pp. 16-17.
- S.A. "Amplificador electrónico para ayuda auditiva". *Gaceta UNAM*, 19 de mayo de 1983, p. 6.
- S.A. "El laboratorio de acústica del Centro de Instrumentos, aborda problemas de la salud y de la enseñanza". *Gaceta UNAM*, 15 de diciembre de 1983, p. 14.
- S.A. "Entrega de lipómetros a profesores de educación física de la UNAM". *Gaceta UNAM*, 17 de septiembre de 1984, p. 25.
- S.A. "Toma de posesión de funcionarios de la Coordinación de la Investigación Científica". *Gaceta UNAM*, 14 de enero de 1985, p. 3.
- S.A. "Son insuficientes los avances obtenidos por México en el área de la instrumentación". *Gaceta UNAM*, 14 de enero de 1985, p. 15.
- S.A. "Investigadores universitarios recibieron menciones en el Concurso de Instrumentación Biomédica 1984". *Gaceta UNAM*, 25 de febrero de 1985, p. 5.
- S.A. "Convenio de colaboración UNAM-INAH". *Gaceta UNAM*, 23 de mayo de 1985, p. 1+.
- S.A. "Fructífera colaboración UNAM-Secretaría de Salud". *Gaceta UNAM*, 17 de junio de 1985, p. 7+.
- S.A. "Visita del Rector de la UNAM al Centro de Instrumentos". *Gaceta UNAM*, 24 de junio de 1985, p. 3+.
- S.A. "Transferencia tecnológica de la UNAM a una empresa privada". *Gaceta UNAM*, 27 de junio de 1985, p. 6+.
- S.A. "Con la instalación del Sistema Morelos de Satélites se intensificará el uso de antenas parabólicas". *Gaceta UNAM*, 29 de julio de 1985, Pp. 14-15.
- S.A. "Coordinador de Planeación y Presupuesto". *Gaceta UNAM*, 1 de agosto de 1985, p. 1+.

## Gaceta UNAM

- S.A. "Colabora la UNAM a determinar el funcionamiento de equipos electrónicos, electromecánicos y ópticos". *GacetaUNAM*, 26 de septiembre de 1985, p. 17+.
- S.A. "Director del Centro de Instrumentos". *Gaceta UNAM*, 30 de septiembre de 1985, p. 2.
- S.A. "Construcción y mantenimiento de equipo e instrumental en la UNAM". *Gaceta UNAM*, 26 de mayo de 1986, p. 6+.
- Dávila Montiel, Froylán E., et al. "El Departamento de Mantenimiento del CI solicita reestructuración". *Gaceta UNAM: Suplemento extraordinario No. 3*, 30 de junio de 1986, Pp. 7–8.
- S.A. "Desarrollo de la ciencia y la tecnología en el Centro de Instrumentos". *Gaceta UNAM*, 11 de diciembre de 1986, p. 3+.
- S.A. "Contaminación por ruido". *Gaceta UNAM*, 11 de mayo de 1987, p. 7+.
- S.A. "Telescopio de la UNAM para la Casa Tlalpan". *Gaceta UNAM*, 27 de agosto de 1987, p. 6.
- S. A. "Una mejor cura de heridas". *Gaceta UNAM*, 28 de septiembre de 1987, p. 7.
- Lara K., Othón. "Máquina de Coordenadas". *Gaceta UNAM*, 8 de octubre de 1987, p. 10.
- Lara K., Othón. "Analizador Enzimático". *Gaceta UNAM*, 15 de octubre de 1987, p. 9.
- Lara K., Othón. "Proyecto de equipo para romper cálculos". *Gaceta UNAM*, 29 de febrero de 1988, Pp. 18–19.
- Hernández-M., Ricardo. "Prototipo de auxiliar auditivo". *Gaceta UNAM*, 12 de mayo de 1988, Pp. 10–11.
- Cano Moreno, Carmen. "La computadora, herramienta de trabajo y objeto de estudio". *Gaceta UNAM*, 2 de junio de 1988, p. 8.
- Lara, Othón. "Metales Amorfos, colaboración IIM – CI". *Gaceta UNAM*, 1 de agosto de 1988, p. 9.
- De la Herrán, José y Vicente Rivera. "Cintas metálicas amorfas". *Gaceta UNAM*, 8 de agosto de 1988, p. 12.
- Lara, Othón. "Cintas metálicas amorfas, a nivel de planta piloto". *Gaceta UNAM*, 13 de octubre de 1988, p. 8.
- S.A. "Participarán UNAM y SEPESCA en la investigación de especies marinas". *Gaceta UNAM*, 31 de octubre de 1988, p. 3.
- Lara, Othón. "Instrumentación, área desatendida en México". *Gaceta UNAM*, 17 de abril de 1989, p. 14.
- S.A. "Instrumentos: desarrollo tecnológico de calidad". *Gaceta UNAM*, 8 de mayo de 1989, p. 2.
- Lara, Othón. "Compresor rotatorio para suministro de aire". *Gaceta UNAM*, 16 de mayo de 1989, p. 15.
- Bautista, Juan Carlos. "Cien años de instrumentación: de lo útil a la fascinación estética". *Gaceta UNAM*, 19 de octubre de 1989, Pp. 16–17.
- S.A. "El fascinante mundo de las máquinas, en la UNAM". *Gaceta UNAM*, 21 de noviembre de 1989, p. 21.
- S.A. "Se aprobó terna para la dirección del Centro de Instrumentos". *Gaceta UNAM*, 30 de noviembre de 1989, p. 2.
- S.A. "Estudiar en tecnología lo original y relevante, reto: C. Firmani". *Gaceta UNAM*, 11 de diciembre de 1989, p. 10.
- S.A. "Se crea programa de desarrollo e investigación espacial". *Gaceta UNAM*, 25 de enero de 1990, p. 1+.
- S.A. "Convenio para comercializar alta tecnología de cómputo francesa". *Gaceta UNAM*, 25 de enero de 1990, p. 3.
- Sarukhán, José. "Acuerdo que crea el Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE)". *GacetaUNAM*, 25 de enero de 1990, Pp. 9–10.
- Silva, Juan Jacinto. "Hace dos siglos, los inventos servían para amenizar fiestas". *Gaceta UNAM*, 25 de enero de 1990, p. 10.
- S. A. "Impulso a investigación de alta calidad en el área de la salud". *Gaceta UNAM*, 22 de febrero de 1990, Pp. 1–2.

## Gaceta UNAM

- Martínez de Velasco, Ramón. "Desarrolló Instrumentos un sistema de adquisición de datos". *Gaceta UNAM*, 26 de febrero de 1990, Pp. 8–9.
- Pérez Javier, Gabriela. "Factible construir un satélite espacial en la Universidad". *Gaceta UNAM*, 24 de mayo de 1990, Pp. 6–7.
- Correa López, Raúl. "Compresor rotatorio de aire creado tras 4 años de labor". *Gaceta UNAM*, 28 de junio de 1990, p. 22.
- Martín Juárez, José. "El próximo siglo se distinguirá por el avance de la fotónica". *Gaceta UNAM*, 6 de septiembre de 1990, Pp. 6–7.
- Martínez de Velasco, Ramón. "Creó el Centro de Instrumentos moderno equipo de transmisión". *Gaceta UNAM*, 24 de octubre de 1991, Pp. 16–17.
- Muñoz Guevara, Germán R. "En construcción, satélite de la UNAM para tareas astronómicas". *Gaceta UNAM*, 25 de noviembre de 1991, p. 18.
- Gómez, Guadalupe. "Ingeniería de reversa, tecnología para rediseñar piezas industriales". *Gaceta UNAM*, 7 de septiembre de 1992, Pp. 12–14.
- Juárez, José Martín. "La Sección de Metrología del CI expedirá certificados de calibración". *Gaceta UNAM*, 21 de enero de 1993, Pp. 11–13.
- S.A. "Tecnología del Centro de Instrumentos a la Fundación Conde de Valenciana". *Gaceta UNAM*, 1 de marzo de 1993, pp. 11–12.
- Herrera Vázquez, Pía. "De 20 a 20 mil hertz, el rango de audición del oído humano". *Gaceta UNAM*, 26 de abril de 1993, Pp. 21–22.
- Alcántara Mercado, Estela. "En México, de cada 10 mil mujeres 40 padecen de cáncer cérvicouterino". *Gaceta UNAM*, 3 de mayo de 1993, Pp. 5–6.
- Carmona, Silvia y Elva Gabriela Ortiz. "El doctor Claudio Firmani sigue al frente del Centro de Instrumentos". *Gaceta UNAM*, 13 de diciembre de 1993, Pp. 8–10.
- Lugo, Guadalupe. "Abanderó el rector José Sarukhán el primer satélite fabricado en México". *Gaceta UNAM*, 16 de junio de 1994, Pp. 3–5.
- S.A. "Diseñan universitarios equipo de frontera que mide la división celular". *Gaceta UNAM*, 6 de febrero de 1995, Pp. 3–4.
- S.A. "Designados, los Premios Universidad Nacional y Distinción Jóvenes Académicos 1995". *Gaceta UNAM*, 30 de octubre de 1995, p. 3.
- López, Sonia. "La colaboración ingenieros-galenos, vital para atender necesidades sociales". *Gaceta UNAM: Suplemento Especial*, 16 de noviembre de 1995, Pp. XV–XVII.
- López, Matilde. "Se comercializará equipo didáctico producido por el Centro de Instrumentos". *Gaceta UNAM*, 4 de diciembre de 1995, p. 3.
- Romero, Laura y Sonia López. "Diseñadores de Arquitectura e Instrumentos, primer lugar en un concurso de juguetes". *Gaceta UNAM*, 14 de diciembre de 1995, Pp. 5–6.
- S.A. / Consejo Universitario UNAM. "Modificación al Estatuto General de la UNAM aprobada por el Consejo Universitario en su sesión extraordinaria del 30 de abril de 1996". *Gaceta UNAM*, 27 de mayo de 1996, p. 22.
- Romero, Esther. "Este agosto será lanzado al espacio el satélite UNAMSAT-B". *Gaceta UNAM*, 5 de agosto de 1996, p. 6.
- Lugo, Guadalupe. "El satélite universitario UNAMSAT-B fue puesto en órbita exitosamente". *Gaceta UNAM*, 9 de septiembre de 1996, Pp. 3–4.
- Lugo, Guadalupe. "Viva México, primer mensaje emitido a través del UNAMSAT-B". *Gaceta UNAM*, 12 de septiembre de 1996, p. 8.
- Orozco Lloreda, Fernando. "Gradúan con máximos honores a ingenieros espaciales mexicanos". *Gaceta UNAM*, 12 de septiembre de 1996, p. 9.
- Alcántara, Estela. "En octubre el UNAM SAT-B comenzará sus primeros trabajos de experimentación". *Gaceta UNAM*, 17 de septiembre de 1996, p. 3.
- Lugo, Guadalupe. "Propone el rector instalar una réplica del satélite universitario en Universum". *Gaceta UNAM*, 17 de septiembre de 1996, p. 4.
- Herrera, Pía. "Probable, que en un par de meses el UNAMSAT-B comience su principal misión". *Gaceta UNAM*, 24 de octubre de 1996, p. 9.
- Correa, Raúl. "Incrementar la calidad y cantidad de egresados garantizará la soberanía nacional". *Gaceta UNAM*, 7 de noviembre de 1996, pp. III–IV.

## Gaceta UNAM

Lugo, Guadalupe. "En el marco de su 25 aniversario, Instrumentos coloca la primera piedra de nueva biblioteca". *Gaceta UNAM*, 12 de diciembre de 1996, Pp. 4-5.

Lugo, Guadalupe. "Ciencia y tecnología, un binomio inseparable: Claudio Firmani". *Gaceta UNAM*, 10 de abril de 1997, Pp. 14-15.

Barnés de Castro, Francisco J. "Acuerdo por el cual se cancela el Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE) y se integran en el Centro de Instrumentos, los esfuerzos académicos de investigación científica y desarrollo tecnológico hasta ahora conducidos en este programa". *Gaceta UNAM*, 17 de noviembre de 1997, p. 13.

Barnés de Castro, Francisco J. "Acuerdo para la creación del Proyecto Universitario De Ciencias Espaciales y Planetarias". *Gaceta UNAM*, 17 nov. 1997, p. 14.

Lugo, Guadalupe. "Gracias a su esfuerzo académico, el Centro de Instrumentos en proceso de ser instituto". *Gaceta UNAM*, 1 de diciembre de 1997, p. 8.

Lugo, Guadalupe. "En el CCH Vallejo se impartió el primer curso de actualización a profesores de bachillerato". *Gaceta UNAM*, 1 de diciembre de 1997, p. 13.

S.A. "Gianfranco Bisiacchi, Felipe Lara y José Manuel Saniger, para dirigir el Centro de Instrumentos". *Gaceta UNAM*, 8 de diciembre de 1997, Pp. 11-12.

Lugo, Guadalupe. "Felipe Lara dirigirá el Centro de Instrumentos para el periodo 1997-2001". *Gaceta UNAM*, 5 de enero de 1998, p. 7.

Romero, Esther. "Miradas que interrogan a las estrellas, una visita al Observatorio Nacional de San Pedro Mártir". *Gaceta UNAM*, 3 de septiembre de 1998, Pp. 15-18.

Lugo, Guadalupe. "Se reestructura Instrumentos para ser centro de investigación de tecnologías avanzadas". *Gaceta UNAM*, 28 de enero de 1999, p. 5.

Lugo, Guadalupe. "El Centro de Instrumentos estrecha lazos con la iniciativa privada para la transferencia de tecnología". *Gaceta UNAM*, 18 de marzo de 1999, p. 7.

Herrera, Martha. "Desarrollan en Instrumentos avanzado sistema de grabación con sonido de alta fidelidad". *Gaceta UNAM*, 30 de septiembre de 1999, p. 21.

Herrera, Pía. "Retoman tres universitarios la idea de retroproyector compacto". *Gaceta UNAM*, 6 de noviembre de 2000, p. 10.

Herrera, Pía. "Busca Instrumentos generar tecnología nacional competitiva". *Gaceta UNAM*, 22 de enero de 2001, p. 3.

Herrera, Pía. "Sistema de cirugía asistida por computadora para operaciones de próstata". *Gaceta UNAM*, 4 de junio de 2001, p. 11.

De la Fuente, Juan Ramón y Francisco Rojas Gutiérrez. "Normas de Funcionamiento de la Torre de Ingeniería". *Gaceta UNAM*, 7 de junio de 2001, Pp. 17-19.

S.A. "Coeditarán y difundirán libros impresos y electrónicos". *Gaceta UNAM*, 13 de agosto de 2001, p. 18.

Romero, Laura. "El Laboratorio de Metrología recibió la acreditación de la EMA". *Gaceta UNAM*, 27 de agosto de 2001, Pp. 18-19.

Romero, Laura. "Énfasis del Centro de Instrumentos en investigación y desarrollo tecnológico". *Gaceta UNAM*, 4 de octubre de 2001, p. 2.

Chavarría, Rosa Ma. "El Centro de Instrumentos, responsable del desarrollo de tecnologías de punta". *Gaceta UNAM*, 6 de diciembre de 2001, Pp. 18-19.

Romero, Laura y Leticia Olvera. "Nuevos directores en Ciencias de la Atmósfera e Instrumentos". *Gaceta UNAM*, 13 de diciembre de 2001, p. 12.

Correa, Raúl. "Fernando Alba, 63 años de físico experimental". *Gaceta UNAM*, 18 de febrero de 2002, Pp. 3-4.

Herrera, Pía. "Ideas Previas, web para enseñar ciencias". *Gaceta UNAM*, 4 de marzo de 2002, p. 3.

## Gaceta UNAM

- Chavarría, Rosa Ma. "Fortalece la UNAM su presencia nacional". *Gaceta UNAM*, 4 de abril de 2002, Pp. 23–25.
- Saniger, José M. "Nuevo nombre, nuevos retos". *Gaceta UNAM*, 4 de abril de 2002, p. 25.
- Romero, Laura. "Aportaciones de la UNAM en el cuidado de la salud". *Gaceta UNAM*, 8 de abril de 2002, Pp. 6–7.
- Herrera, Pía. "En desarrollo, aparato para niños con problemas de sordera". *Gaceta UNAM*, 29 de abril de 2002, p. 13.
- Herrera, Pía. "Crean modulador de señales ultra-rápido". *Gaceta UNAM*, 27 de junio de 2002, pp. 8–9.
- Romero, Laura. "La inteligencia artificial, presente en la vida cotidiana". *Gaceta UNAM*, 30 de septiembre de 2002, p. 13.
- Romero, Laura. "Dispositivo virtual para evaluar máquinas". *Gaceta UNAM*, 3 de octubre de 2002, p. 10.
- Herrera, Pía. "Sistema digital de medición de temperatura". *Gaceta UNAM*, 3 de febrero de 2003, p. 13.
- Romero, Laura. "Interacción del jurista con ambientes tecnológicos". *Gaceta UNAM*, 24 de febrero de 2003, p. 5.
- Herrera, Pía. "El premio Image-Pro a cuatro universitarios". *Gaceta UNAM*, 24 de febrero de 2003, p. 7.
- Herrera, Pía. "Desarrollan sensor capacitivo para medir películas delgadas". *Gaceta UNAM*, 3 de marzo de 2003, p. 14.
- Instituto de Ingeniería UNAM. "Participa el Instituto de Ingeniería en la solución de problemas nacionales". *Gaceta UNAM*, 31 de marzo de 2003, p. 24.
- Romero, Laura. "Desarrollan y evalúan software en laboratorio de Ciencias Aplicadas". *Gaceta UNAM*, 8 de mayo de 2003, Pp. 10–11.
- Fernández, Alonso. "Curso para acreditar norma de calidad en laboratorios". *Gaceta UNAM*, 12 de mayo de 2003, p. 4.
- Ramón, Verónica. "Avanza la vinculación con el sistema productivo". *Gaceta UNAM*, 17 de julio de 2003, p. 5.
- Olvera, Leticia. "En función, el Sistema de Gestión de la Calidad". *Gaceta UNAM*, 16 de octubre de 2003, p. 3.
- Chavarría, Rosa Ma. "Tres académicas ganan dos premios CIDE 2004". *Gaceta UNAM*, 6 de enero de 2005, Pp. 3–4.
- Romero, Laura. "Aplicación de la física en computación y sociales". *Gaceta UNAM*, 4 de abril de 2005, p. 18.
- Romero, Laura. "Perfeccionan auxiliar auditivo desarrollado en el CCADET". *Gaceta UNAM*, 24 de octubre de 2005, p. 9.
- Herrera, Pía. "Apoya la tecnología los procedimientos quirúrgicos". *Gaceta UNAM*, 27 de octubre de 2005, p. 7.
- S.A. "Aprueban la terna para la dirección del CCADET". *Gaceta UNAM*, 5 de diciembre de 2005, Pp. 22–23.
- Olvera, Leticia. "Prioritario, llevar los avances del CCADET a la sociedad". *Gaceta UNAM*, 15 de diciembre de 2005, p. 21.
- Olvera, Leticia. "Entregan dos Laboratorios a la empresa Harry Mazal". *Gaceta UNAM*, 9 de enero de 2006, p. 23.
- Romero, Laura. "Definen seis programas del macroproyecto sobre información y computación". *Gaceta UNAM*, 3 de abril de 2006, p. 4.
- Herrera, Pía. "Fructífera colaboración del CCADET con Laboratorios Silanes". *Gaceta UNAM*, 6 de julio de 2006, p. 9.
- Romero, Laura. "Desarrollan en el CCADET dispositivos de uso médico". *Gaceta UNAM*, 4 de septiembre de 2006, Pp. 8–9.
- Romero, Laura. "Contribuyen al aprendizaje de la ciencia en secundaria". *Gaceta UNAM*, 16 de octubre de 2006, p. 3.
- Ayala, Gustavo. "Renuevan convenio para transferir material didáctico". *Gaceta UNAM*, 26 de octubre de 2006, p. 20.
- Romero, Laura. "Elaboran expertos normas sobre dispositivos médicos". *Gaceta UNAM*, 22 de enero de 2007, p. 5.
- Romero, Laura. "Ingresó revista del CCADET al Science Citation Index Expanded". *Gaceta UNAM*, 3 de mayo de 2007, p. 9.
- Ayala, Gustavo. "Entregan en Investigaciones Económicas el Premio Ernest Feder". *Gaceta UNAM*, 22 de octubre de 2007, p. 4.

## Gaceta UNAM

- Olvera, Leticia. "Gana alumno Premio Tecnos sobre diseño". *Gaceta UNAM*, 20 de noviembre de 2007, p. 3.
- Romero, Laura y Facultad de Química UNAM. "Ganan científicos el Premio Canifarma". *Gaceta UNAM*, 31 de enero de 2008, Pp. 3-4.
- Ayala, Gustavo et al. "Impulsan universitarios la iniciativa NANO UNAM". *Gaceta UNAM*, 2 de junio de 2008, Pp. 12-13.
- Ayala, Gustavo. "Equipo portátil para producir nutrimentos". *Gaceta UNAM*, 19 de junio de 2008, p. 3.
- Carrillo, Ismael. "El uso de audífonos puede causar sordera". *Gaceta UNAM*, 14 de agosto de 2008, p. 9.
- Zavala, Patricia y Rosa Ma. Arredondo. "Científicas universitarias obtienen beca internacional". *Gaceta UNAM*, 18 de septiembre de 2008, p. 5.
- S.A. "Designan a José Luis Solleiro Rebolledo director general de Vinculación". *Gaceta UNAM*, 16 de octubre de 2008, p. 19.
- Carrillo, Ismael. "Busca la Universidad incentivar el desarrollo de las nanociencias". *Gaceta UNAM*, 27 de noviembre de 2008, p. 11.
- López, Patricia. "Diseña CCADET el aula del futuro". *Gaceta UNAM*, 11 de mayo de 2009, p. 6.
- S.A. / CTIC UNAM. "Estímulo Especial "Marcos Mazari Menzer". *Gaceta UNAM*, 1 de junio de 2009, p. 23.
- S.A. / CTIC UNAM. "Estímulo Especial "Alejandro Medina". *Gaceta UNAM*, 1 de junio de 2009, p. 23.
- S.A. / CTIC UNAM. "Estímulo Especial "José Ruiz De La Herrán". *Gaceta UNAM*, 1 de junio de 2009, p. 24.
- Ayala, Gustavo. "Tecnología de punta en el bachillerato de la UNAM". *Gaceta UNAM*, 14 de septiembre de 2009, Pp. 6-7.
- Romero, Laura. "Desarrollan prototipo de concentrador solar". *Gaceta UNAM*, 14 de septiembre de 2009, p. 12.
- Romero, Laura. "Desarrolla el CCADET una prensa de moldeo". *Gaceta UNAM*, 1 de octubre de 2009, p. 7.
- Correa, Raúl. "Desarrolla el CCADET materiales de apoyo a la educación básica". *Gaceta UNAM*, 29 de octubre de 2009, p. 10.
- Ayala, Gustavo. "Avanza el CCADET en su consolidación académica". *Gaceta UNAM*, 23 de noviembre de 2009, p. 19.
- S.A. "Terna para la dirección del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico". *Gaceta UNAM*, 30 de noviembre de 2009, Pp. 24-25.
- López, Patricia. "Nivel C a 25 académicos de la investigación científica". *Gaceta UNAM*, 10 de diciembre de 2009, p. 6.
- Juárez, Aline. "Se propone el CCADET ciencia con fines sociales". *Gaceta UNAM*, 10 de diciembre de 2009, p. 20.
- López, Patricia. "Diseñan en el CCADET sistema para ensayar cirugías de próstata". *Gaceta UNAM*, 4 de enero de 2010, p. 12.
- Ayala, Gustavo. "Se fortalecen los lazos de colaboración con Querétaro". *Gaceta UNAM*, 27 de mayo de 2010, p. 5.
- Juárez, Aline. "Desarrolla el CCADET sistema para realizar biopsias de mama". *Gaceta UNAM*, 27 de mayo de 2010, p. 9.
- López, Patricia. "Novedoso microscopio de barrido permite detectar cargas electrónicas". *Gaceta UNAM*, 17 de junio de 2010, p. 12.
- Ayala, Gustavo. "Complejo académico, deportivo y ecológico". *Gaceta UNAM*, 17 de junio de 2010, p. 20.
- Zavala, Patricia. "Torre artística en la zona cultural genera energía a partir de desechos sólidos". *Gaceta UNAM*, 28 de junio de 2010, p. 20.
- López, Patricia. "Sirve la inteligencia artificial para prevenir plagas agrícolas". *Gaceta UNAM*, 16 de agosto de 2010, p. 12.
- López, Patricia. "Desarrollo tecnológico, aportación del CCADET". *Gaceta UNAM*, 20 de enero de 2011, p. 24.
- Juárez, Aline. "Otorgan Honoris Causa en Perú a Nicolás Kemper". *Gaceta UNAM*, 3 de marzo de 2011, p. 3.
- López, Patricia. "Ciencias aplicadas y nuevas tecnologías, en la revista JART". *Gaceta UNAM*, 22 de agosto de 2011, p. 4.
- López, Patricia. "Reflexión académica sobre nuevos paradigmas en ciencia y educación". *Gaceta UNAM*, 6 de octubre de 2011, Pp. 10-11.

## Gaceta UNAM

- López, Patricia. "Desarrollan algoritmos para simular la exploración espacial". *Gaceta UNAM*, 10 de octubre de 2011, p. 12.
- López, Cristóbal. "La UNAM, precursora en investigación geoespacial". *Gaceta UNAM*, 7 de noviembre de 2011, Pp. 10–11.
- Ayala, Gustavo et al. "Celebra el CCADET 40 años de vida". *Gaceta UNAM*, 8 de diciembre 2011, Pp. 6–7.
- Romero, Laura. "Continúa el CCADET su proceso de consolidación". *Gaceta UNAM*, 13 de febrero de 2012, p. 19.
- Ayala, Gustavo. "Unidad para el diagnóstico médico de cáncer y diabetes". *Gaceta UNAM*, 5 de marzo de 2012, p. 24.
- Huerta, Leonardo. "Nucleador múltiple obtiene muestras marinas in situ". *Gaceta UNAM*, 24 de mayo de 2012, p. 16.
- Romero, Laura. "En el CCADET crean prototipos con aplicaciones médicas". *Gaceta UNAM*, 23 de julio de 2012, Pp. 12–13.
- Correa, Raúl. "Portal para difundir el conocimiento científico". *Gaceta UNAM*, 30 de julio de 2012, p. 3.
- Olvera, Leticia. "El CCADET aumenta su actividad académica". *Gaceta UNAM*, 24 de enero de 2013, p. 22.
- S.A. "La Torre de Ingeniería, 260 proyectos de investigación en 11 años". *Gaceta UNAM*, 28 en.2013, pp. 8 – 9.
- S.A. "Un lugar donde se encuentran respuestas". *Gaceta UNAM*, 28 de enero de 2013, p. 10.
- Frías, Leonardo. "Programas de cómputo aplicados a la música". *Gaceta UNAM*, 11 de abril de 2013, p. 15.
- Huerta, Leonardo. "La campaña contra el ruido se concentra en los jóvenes". *Gaceta UNAM*, 22 de abril de 2013, Pp. 10–11.
- Romero, Laura. "Licenciatura de Ciencia Forense, en marcha". *Gaceta UNAM*, 17 de octubre de 2013, p. 6.
- Romero, Laura. "Estudian científicamente la pintura novohispana". *Gaceta UNAM*, 21 de octubre de 2013, Pp. 22–23.
- López, Patricia. "Crean nanocatalizador para separar azufre del petróleo". *Gaceta UNAM*, 28 de octubre de 2013, p. 14.
- Huerta, Leonardo. "Adelantos en el campo de la óptica ultrarrápida". *Gaceta UNAM*, 4 de noviembre de 2013, Pp. 8–9.
- López, Patricia. "Coordina la UNAM centro de innovación en energía solar". *Gaceta UNAM*, 11 de noviembre de 2013, p. 16.
- Olvera, Leticia. "Mayor participación del CCADET en nuevas licenciaturas y posgrado". *Gaceta UNAM*, 28 de noviembre de 2013, Pp. 20–21.
- Olvera, Leticia. "Nuevos laboratorios de investigación". *Gaceta UNAM*, 28 de noviembre de 2013, p. 22.
- S.A. "Lista de candidatos a la dirección de Ciencias Aplicadas". *Gaceta UNAM*, 2 de diciembre de 2013, Pp. 22–23.
- Tijerino, René. "Sistema de estudio en zonas de riesgo". *Gaceta UNAM*, 6 de febrero de 2014, Pp. 6–7.
- López, Cristóbal. "Se refrendan lazos con el Hospital General de México". *Gaceta UNAM*, 31 de marzo de 2014, p. 19.
- Lugo, Guadalupe. "Detectan universitarios huellas fósiles de pterosaurio, en Puebla". *Gaceta UNAM*, 10 de abril de 2014, Pp. 4–5.
- López, Patricia. "Método experimental para reducir toxicidad de nanotubos de carbono". *Gaceta UNAM*, 28 de abril de 2014, Pp. 10–11.
- Tijerino, René. "Concentradores solares para uso domiciliario". *Gaceta UNAM*, 4 de agosto de 2014, p. 9.
- Tijerino, René. "Restauración y mantenimiento de Tláloc". *Gaceta UNAM*, 4 de agosto de 2014, p. 14.
- López, Cristóbal. "Desarrolla el CCADET sistema para atender fracturas de tibia". *Gaceta UNAM*, 21 de agosto de 2014, p. 8.
- López, Cristóbal. "Laboratorio de Metrología renueva su aval internacional". *Gaceta UNAM*, 27 de octubre de 2014, Pp. 4–5.
- Olvera, Leticia. "Récord de publicaciones indizadas en el CCADET". *Gaceta UNAM*, 22 de enero de 2015, p. 13.

## Gaceta UNAM

- Tijerino, René. "Paquete tecnológico para robots de medición". *Gaceta UNAM*, 26 de enero de 2015, p. 10.
- López, Patricia. "Hay inventiva e ideas; falta trabajo conjunto". *Gaceta UNAM*, 16 de febrero de 2015, p. 10.
- López, Patricia. "Software innovador para analizar publicidad radiofónica". *Gaceta UNAM*, 19 de febrero de 2015, p. 12.
- López, Patricia. "En operación implantes craneales de la Universidad". *Gaceta UNAM*, 5 de marzo de 2015, p. 8.
- Correa, Raúl. "Día de Puertas Abiertas en el II y el CCADET". *Gaceta UNAM*, 20 de abril de 2015, Pp. 4–5.
- Lugo, Guadalupe. "El ruido, problema medioambiental y social". *Gaceta UNAM*, 30 de abril de 2015, p. 16.
- Romero, Laura. "Aprueba el CU la creación de dos carreras". *Gaceta UNAM*, 2 de julio de 2015, p. 4.
- Guzmán, Fernando. "Luz infrarroja para sustituir rayos X en la mamografía". *Gaceta UNAM*, 2 de julio de 2015, p. 11.
- Guzmán, Fernando. "Sistema para evaluar el cierre de heridas en pie diabético". *Gaceta UNAM*, 30 de julio de 2015, p. 14.
- Guzmán, Fernando. "Sensor para la detección temprana de fibrosis hepática". *Gaceta UNAM*, 17 de agosto de 2015, p. 10.
- Guzmán, Fernando. "El MADiT, brazo tecnológico de punta". *Gaceta UNAM*, 7 de septiembre de 2015, Pp. 4–5.
- S.A. "Modelación matemática". *Gaceta UNAM*, 28 de septiembre de 2015, p. 8.
- Olguín, Michel. "Reconocimiento a publicación del CCADET". *Gaceta UNAM*, 26 de octubre de 2015, p. 4.
- Guzmán, Fernando. "Biosensores ópticos con nanomateriales". *Gaceta UNAM*, 16 de noviembre de 2015, p. 7.
- S.A. "Ciencia". *Gaceta UNAM: Anuario 2015 (Suplemento Especial)*, 4 de enero de 2016, Pp. 4–9.
- S.A. "Vinculación". *Gaceta UNAM: Anuario 2015 (Suplemento Especial)*, 4 de enero de 2016, Pp. 23–24.
- Frías, Leonardo. "Laboratorio de Acústica y Vibraciones". *Gaceta UNAM*, 7 de enero de 2016, Pp. 4–5.
- Lugo, Guadalupe. "Palenque, bajo la lupa de la espectroscopía Raman". *Gaceta UNAM*, 11 de enero de 2016, p. 11.
- Frías, Leonardo. "Nueva propuesta educativa para menores nahuas". *Gaceta UNAM*, 18 de enero de 2016, p. 6.
- López, Patricia. "Exoesqueleto robótico para la rehabilitación de muñecas". *Gaceta UNAM*, 25 de enero de 2016, p. 10.
- Lugo, Guadalupe. "El Grupo de Computación Neuronal obtuvo ocho patentes en dos años". *Gaceta UNAM*, 8 de febrero de 2016, p. 7.
- Guzmán, Fernando. "Expertos trabajan en un topógrafo corneal". *Gaceta UNAM*, 8 de febrero de 2016, p. 9.
- López, Patricia. "Lanzan a la estratosfera globo con carga tecnológica". *Gaceta UNAM*, 4 de abril de 2016, p. 12.
- Guzmán, Fernando. "Ruido, motivo de 70% de denuncias en la capital". *Gaceta UNAM*, 12 de mayo de 2016, p. 7.
- Romero, Laura. "Desarrolla el CCADET un sustituto de hueso". *Gaceta UNAM*, 19 de mayo de 2016, p. 12.
- Olvera, Leticia. "Muestra el CCADET sus avances tecnológicos". *Gaceta UNAM*, 23 de mayo de 2016, p. 4.
- Olguín, Michel. "Seis patentes para el CCADET". *Gaceta UNAM*, 28 de julio de 2016, p. 20.
- Olguín, Michel. "Abierto al país, el Laboratorio de Nanotecnología Ambiental". *Gaceta UNAM*, 15 de agosto de 2016, p. 8.
- Olguín, Michel. "El ruido ocasiona sordera y males crónico-degenerativos". *Gaceta UNAM*, 19 de septiembre de 2016, p. 3.
- López, Patricia. "Libros de ciencias para niños indígenas y migrantes". *Gaceta UNAM*, 27 de octubre de 2016, p. 6.

## Gaceta UNAM

S.A. "Innovación Tecnológica y Diseño Industrial". *Gaceta UNAM*: Premio Universidad Nacional (Suplemento Especial), 7 de noviembre de 2016, Pp. 25–26.

Lugo, Guadalupe. "Múltiples, los problemas derivados de la obesidad infantil". *Gaceta UNAM*, 17 de noviembre de 2016, p. 3.

López, Patricia. "Lanzan a la estratosfera globos aeroestáticos con equipo de medición". *Gaceta UNAM*, 13 de diciembre de 2016, p. 7.

Lugo, Guadalupe. "Desarrollan software para valorar la percepción del color". *Gaceta UNAM*, 19 de enero de 2017, Pp. 8–9.

López, Patricia. "La tecnología, base del aula del futuro". *Gaceta UNAM*, 13 de febrero de 2017, p. 3.

Guzmán, Fernando. "Desarrollan topógrafo cónico para evaluar la córnea humana". *Gaceta UNAM*, 23 de febrero de 2017, Pp. 4–5.

Graue Wiechers, Enrique Luis. "Acuerdo por el que se crea el Centro Virtual de Computación (CViCom)". *Gaceta UNAM*, 23 de febrero de 2017, Pp. 22–23.

López, Patricia. "Rufino Díaz, del CCADET, senior member de la SPIE". *Gaceta UNAM*, 2 de marzo de 2017, p. 7.

Romero, Laura. "Laboratorio nacional de vanguardia en la UNAM". *Gaceta UNAM*, 2 de mayo de 2017, p. 12.

López, Patricia. "Crean topógrafo corneal portátil". *Gaceta UNAM*, 8 de mayo de 2017, p. 3.

Lugo, Guadalupe. "Muestra de experimentos basados en rayos de luz". *Gaceta UNAM*, 22 de mayo de 2017, p. 12.

Olvera, Leticia. "Reconocimiento al talento del académico José Luis Solleiro". *Gaceta UNAM*, 29 de mayo de 2017, p. 14.

Huerta, Leonardo. "El pensamiento científico de niños en edad preescolar". *Gaceta UNAM*, 19 de junio de 2017, Pp. 4–5.

López, Patricia. "En marcha, el Centro Virtual de Computación". *Gaceta UNAM*, 26 de octubre de 2017, p. 6.

López, Rafael. "Dos premios al CCADET por diseño de material didáctico". *Gaceta UNAM*, 6 de noviembre de 2017, p. 13.

Hernández, Mirtha. "Consolidan al CCADET registro de patentes y transferencia tecnológica". *Gaceta UNAM*, 6 de noviembre de 2017, p. 26.

Universidad Nacional Autónoma de México. "Premio Universidad Nacional 2016: Innovación tecnológica y diseño industrial".

"Premio Universidad Nacional y Reconocimiento Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos" 2016, suplemento especial de *Gaceta UNAM*, 7 de noviembre de 2016, Pp. 25–26.

S.A. "Lista de candidatos para ocupar la dirección del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico". *Gaceta UNAM*, 27 de noviembre de 2017, Pp. 22–23.

Romero, Laura. "Asume Rodolfo Zanella la dirección del CCADET". *Gaceta UNAM*, 7 de diciembre de 2017, p. 15.

Frías, Leonardo. "Restauran campanas robadas del siglo XVIII". *Gaceta UNAM*, 11 de enero de 2018, p. 13.

Hernández, Mirtha. "Tratamientos y dispositivos de salud con bajo costo". *Gaceta UNAM*, 22 de enero de 2018, p. 3.

Hernández, Mirtha. "Se crea una escuela en CU luego de 45 años". *Gaceta UNAM*, 1 de febrero de 2018, p. 3.

Hernández, Mirtha. "Crea la UNAM el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología". *Gaceta UNAM*, 2 de abril de 2018, p. 5.

S. A. "Modificaciones a la Legislación Universitaria Aprobadas por el Consejo Universitario en su Sesión Extraordinaria del 22 de Marzo de 2018". *Gaceta UNAM*, 5 de abril de 2018, Pp. 20–21.

S. A. "Terna para ocupar la Dirección del ICAT". *Gaceta UNAM*, 21 de mayo de 2018, Pp. 20–21.

Correa, Raúl. "Rodolfo Zanella, director de Ciencias Aplicadas y Tecnología". *Gaceta UNAM*, 31 de mayo de 2018, p. 18.

Frías, Leonardo. "Primer Día de Puertas Abiertas en el ICAT". *Gaceta UNAM*, 12 de noviembre de 2018, p. 14.

## Gaceta UNAM

- Guzmán, Fernando. "Sistema portátil para estudios de electrofisiología". *Gaceta UNAM*, 3 de diciembre de 2018, Pp. 4–5.
- Saavedra, Diana. "Dispositivo óptico para ayudar a comunidades lejanas". *Gaceta UNAM*, 10 de diciembre de 2018, p. 3.
- López, Patricia. "La UNAM, sede del Coloquio Internacional de Espectroscopía". *Gaceta UNAM*, 13 de diciembre de 2018, p. 8.
- Lugo, Guadalupe. "En la FAD, trabajo constante y productivo". *Gaceta UNAM*, 3 de junio de 2019, p. 23.
- Lugo, Guadalupe. "Seleccionan a alumna universitaria por su excelencia académica". *Gaceta UNAM*, 10 de junio de 2019, p. 12.
- López, Patricia. "La espectroscopía, fundamental en la ciencia básica". *Gaceta UNAM*, 13 de junio de 2019, p. 6.
- López, Patricia. "Lanza la NASA módulo de la UNAM y el IPN". *Gaceta UNAM*, 24 de octubre de 2019, p. 3.
- López, Patricia. "Abanico de investigación en Ciencias Aplicadas". *Gaceta UNAM*, 7 de noviembre de 2019, p. 18.
- Lugo, Guadalupe. "En marcha, Red de Aulas del Futuro". *Gaceta UNAM*, 19 de noviembre de 2019, Pp. 4–5.
- Hernández, Mirtha. "Se crea la licenciatura en Ingeniería Aeroespacial". *Gaceta UNAM*, 13 de febrero de 2020, Pp. 6–7.
- Romero, Laura. "La violencia contra mujeres, un acto deshumanizante". *Gaceta UNAM*, 17 de febrero de 2020, p. 8.
- ICAT UNAM. "Desarrollan prototipo de hisopo para prueba de la Covid-19". *Gaceta UNAM*, 25 de mayo de 2020, p. 2.
- FAD UNAM. "Nuevas perspectivas en el avance integral de Artes y Diseño". *Gaceta UNAM*, 15 de junio de 2020, p. 18.
- Saavedra, Diana. "Cumple ICAT medio siglo de aportaciones tecnológicas". *Gaceta UNAM*, 1 de marzo de 2021, p. 14.

## Informes y Memorias UNAM

- Comisión de Estudios Administrativos UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Informe 1973 y 1974* (1ª ed.). México: Dirección General de Publicaciones UNAM, 1976, Pp. 333–340.
- Dirección General de Estudios Administrativos UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Informe 1975* (1ª ed.). México: Dirección General de Publicaciones UNAM, 1976, Pp. 557–558.
- Dirección General de Estudios Administrativos UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Informe 1976* (1ª ed.). México: Dirección General de Publicaciones UNAM, 1977, Pp. 627–628.
- Dirección General de Estudios Administrativos UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Informe 1977* (Tomo II). México: Dirección General de Publicaciones UNAM, 1978, Pp. 809–812.
- Dirección General de Estudios Administrativos UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Informe 1978* (Tomo II). México: Dirección General de Publicaciones UNAM, 1979, Pp. 961–966.
- Dirección General de Estudios Administrativos UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Informe 1979* (Tomo II). México: Dirección General de Publicaciones UNAM, 1980, Pp. 1049–1059.
- Dirección General de Estudios Administrativos UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Informe 1980 UNAM* (Tomo II, 1ª ed.). México: Dirección General de Publicaciones UNAM, 1980, Pp. 381–392.
- Dirección General de Estudios Administrativos UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Informe Universidad Nacional Autónoma de México 1981* (Tomo II, 1ª ed.). México: Dirección General de Publicaciones UNAM, 1981, Pp. 1023–1025.
- Dirección General de Estudios Administrativos UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Informe Universidad Nacional Autónoma de México 1982* (Tomo II, 1ª ed.). México: Dirección General de Publicaciones UNAM, 1982, Pp. 368–388.

## Informes y Memorias UNAM

- Dirección General de Estudios Administrativos UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Informe Universidad Nacional Autónoma de México 1983* (Tomo II, 1ª ed.). México: Dirección General de Estudios Administrativos UNAM, 1983, Pp. 390–409.
- Dirección General de Estudios Administrativos UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Informe 1984* (Tomo II, 1ª ed.). México: Dirección General de Estudios Administrativos UNAM, 1984, Pp. 324–339.
- Coordinación de Planeación, Presupuesto y Estudios Administrativos UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Informe 1985* (Tomo II, 1ª ed.). México: Dirección General de Estudios Administrativos UNAM, 1986, Pp. 478–502.
- Secretaría General Administrativa UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Informe 1986* (Tomo II, 1ª ed.). México: Dirección General de Estudios Administrativos UNAM, 1987, pp. 592–624.
- Dirección General de Planeación UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Informe 1987* (Tomo II, 1ª ed.). México: Dirección General de Planeación UNAM, 1988, Pp. 456–475.
- Dirección General de Planeación UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Informe 1988* (Tomo II, 1ª ed.). México: Dirección General de Planeación UNAM, 1988, Pp. 403–426.
- Dirección General de Planeación, Evaluación y Proyectos Académicos UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Informe Universidad Nacional Autónoma de México 1989* (Tomo II, 1ª ed.). México: Coordinación de Planeación Institucional DGPEyPA UNAM, 1990, Pp. 290–307.
- Dirección General de Planeación, Evaluación y Proyectos Académicos UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Informe Universidad Nacional Autónoma de México 1990* (Tomo II, 1ª ed.). México: Dirección General de Planeación, Evaluación y Proyectos Académicos UNAM, 1991, Pp. 291–306.
- Dirección General de Planeación, Evaluación y Proyectos Académicos UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Informe Universidad Nacional Autónoma de México 1991* (Tomo II, 1ª ed.). México: Dirección General de Planeación, Evaluación y Proyectos Académicos UNAM, 1992, Pp. 333–348.
- Dirección General de Estadística y Sistemas de Información Institucionales UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Informe Universidad Nacional Autónoma de México 1992* (Tomo II, 1ª ed.). México: Dirección General de Estadística y Sistemas de Información Institucionales UNAM, 1993, Pp. 344–356.
- Dirección General de Estadística y Sistemas de Información Institucionales UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Memoria 1993* (1ª ed.). México: Dirección General de Estadística y Sistemas de Información Institucionales UNAM, 1994, Pp. 812–819.
- Dirección General de Estadística y Sistemas de Información Institucionales UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Memoria 1994* (1ª ed.). México: Dirección General de Estadística y Sistemas de Información Institucionales UNAM, 1995, Pp. 755–760.
- Dirección General de Estadística y Sistemas de Información Institucionales UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Memoria 1995* (1ª ed.). México: Dirección General de Estadística y Sistemas de Información Institucionales UNAM, 1996, Pp. 791–797.
- Dirección General de Estadística y Sistemas de Información Institucionales UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Memoria 1996* (1ª ed.). México: Dirección General de Estadística y Sistemas de Información Institucionales UNAM, 1996, Pp. 855–862.
- Dirección General de Estadística y Sistemas de Información Institucionales UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Memoria 1997* (1ª ed.). México: Dirección General de Estadística y Sistemas de Información Institucionales UNAM, 1998, Pp. 575–584.
- Dirección General de Estadística y Sistemas de Información Institucionales UNAM (coord.). "Centro de Instrumentos". *Memoria 1998* (1ª ed.). México: Dirección General de Estadística y Sistemas de Información Institucionales UNAM, 1999, Pp. 583–592.
- Universidad Nacional Autónoma de México (coord.). "Centro de Instrumentos". *Memoria 2000*. México: UNAM, 2001. Web.
- Universidad Nacional Autónoma de México (coord.). "Centro de Instrumentos". *Memoria 2001*. México: Dirección General de Estadística y Desarrollo Institucional UNAM, 2001. Web.
- Universidad Nacional Autónoma de México (coord.). "Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico". *Memoria 2002*. México: UNAM, 2003. Web.

## Informes y Memorias UNAM

Universidad Nacional Autónoma de México (coord.). "Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico". *Memoria 2003*. México: UNAM, 2003, Pp. 677–686.

Universidad Nacional Autónoma de México (coord.). "Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico". *Memoria 2004*. México: UNAM, 2005, Pp. 691–700.

Universidad Nacional Autónoma de México (coord.). "Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico". *Memoria 2005*. México: UNAM, 2006, Pp. 687–695.

Universidad Nacional Autónoma de México (coord.). "Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico". *Memoria 2006*. México: UNAM, 2007, Pp. 630–636.

Dirección General de Planeación UNAM (coord.). "Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET)". *Memoria UNAM 2007*. México, D.F.: Dirección General de Planeación UNAM, 2007. Web.

Dirección General de Planeación UNAM (coord.). "Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET)". *Memoria UNAM 2008*. México, D.F.: Dirección General de Planeación UNAM, 2008. Web.

Dirección General de Planeación UNAM (coord.). "Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET)". *Memoria UNAM 2009*. México, D.F.: Dirección General de Planeación UNAM, 2009. Web.

Dirección General de Planeación UNAM (coord.). "Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET)". *Memoria UNAM 2010*. México, D.F.: Dirección General de Planeación UNAM, 2010. Web.

Dirección General de Planeación UNAM (coord.). "Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET)". *Memoria UNAM 2011*. México, D.F.: Dirección General de Planeación UNAM, 2011. Web.

Dirección General de Planeación UNAM (coord.). "Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET)". *Memoria UNAM 2012*. México, D.F.: Dirección General de Planeación UNAM, 2012. Web.

Dirección General de Planeación UNAM (coord.). "Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET)". *Memoria UNAM 2013*. México, D.F.: Dirección General de Planeación UNAM, 2013. Web.

Dirección General de Planeación UNAM (coord.). "Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET)". *Memoria UNAM 2014*. México, D.F.: Dirección General de Planeación UNAM, 2014. Web.

Dirección General de Planeación UNAM (coord.). "CCADET: Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico". *Memoria UNAM 2015*. México, D.F.: Dirección General de Planeación UNAM, 2015. Web.

Dirección General de Planeación UNAM (coord.). "CCADET: Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico". *Memoria UNAM 2016*. México, D.F.: Dirección General de Planeación UNAM, 2016. Web.

## Boletín Informativo: El faro

Guevara Philippe, Norma. "El aprendizaje de la Ciencia". *El faro: la luz de la ciencia*, año II, no. 14, 2002, p. 7.

Peralta, Óscar. "Campos sonoros para evaluaciones auditivas". *El faro: la luz de la ciencia*, año III, no. 25, 2003, Pp. 4–5.

Peralta, Óscar. "Proyección de superficies tridimensionales". *El faro: la luz de la ciencia*, año III, no. 26, 2003, p. 12.

Hernández Balanzar, José Ramón. "CCADET, nuevas tecnologías para la sociedad". *El faro: la luz de la ciencia*, año V, no. 50, 2005, Pp. 13–14.

Guevara Philippe, Norma. "Prometedor invento oftalmológico". *El faro: la luz de la ciencia*, año V, no. 52, 2005, Pp. 4–5.

Zárate Méndez, Yassir. "Tecnologías Educativas". *El faro: la luz de la ciencia*, año VI, no. 64, 2006, p. 9.

## Boletín Informativo: El faro

Peralta, Óscar. "La química verde y los NTC". *El faro: la luz de la ciencia*, año VI, no. 68, 2006, p.12.

Zárate Méndez, Yassir. "Dispositivos para personas con capacidades diferentes". *El faro: la luz de la ciencia*, año VIII, no. 84, 2008, Pp. 8–9.

Zárate Méndez, Yassir. "Laboratorios de ciencias para primaria". *El faro: la luz de la ciencia*, año VIII, no. 87, 2008, Pp. 4–5.

Alonso, José Antonio. "Conciencia contra el ruido". *El faro: la luz de la ciencia*, año X, no. 113, 2010, Pp. 6–7.

Vázquez Quiroz, Sandra y Patricia de la Peña Sobarzo. "La Torre de Ingeniería, un edificio inteligente en CU". *El faro: la luz de la ciencia*, año XI, no. 120, 2011, Pp. 8-10.

Zárate Méndez, Yassir. "La investigación científica en la UNAM. Retos y realidades". *El faro: la luz de la ciencia*, año XII, no. 130, 2012, Pp. 4–6.

Alonso García, José Antonio. "Navegadores quirúrgicos". *El faro: la luz de la ciencia*, año XII, no. 139, 2012, p. 12.

Alonso García, José Antonio. "60 años de ciencia y academia en CU". *El faro: la luz de la ciencia*, año XIV, no. 160 - 161, 2014, Pp. 4–9.

Alonso García, José Antonio. "Ingenieros y médicos, un equipo ideal". *El faro: la luz de la ciencia*, año XV, no. 175, 2015, Pp. 6–7.

Zárate Méndez, Yassir. "Biosensores nanométricos para detectar cáncer y diabetes". *El faro: la luz de la ciencia*, año XVI, no. 179, 2016, p.13.

Flores Camacho, Fernando. "La enseñanza de la ciencia en la educación básica en México". *El faro: la luz de la ciencia*, año XVI, no. 180, 2016, Pp. 12–13.

Gutiérrez Alcántara, Flor Mónica y Sandra Vázquez Quiroz. "Sistemas de gestión de la calidad: una ventaja competitiva en los laboratorios de la UNAM". *El faro: la luz de la ciencia*, año XVII, no. 192, 2017, Pp. 4–7.

## Gaceta UNAM Iztacala

Lara Rosano, Felipe. "SOMI XVIII Congreso de Instrumentación: Convocatoria". *Gaceta UNAM Iztacala*, 9ª época, no. 213, 2003, p. 4.

## Gaceta Instituto de Ingeniería UNAM

Equipo Editorial. "SOMI XX Congreso de Instrumentación". *Gaceta Instituto de Ingeniería UNAM*, vol. 1, no. 5, 2016, p. 16 <http://gacetaii.iingen.unam.mx/Gacetall/index.php/gii/article/view/106>. Fecha de acceso: 31 jul. 2020.

## Libros

Santiago Bachellé, Amado. "La instrumentación en México". *Cuadernos del CESU No. 5*. México: Centro de Estudios sobre la Universidad UNAM, 1987, 81 pp.

Del Castillo, Héctor, Amado Santiago y Manuel Estévez Kubli. "Centro de Instrumentos" en *La investigación científica de la UNAM: 1929-1979*, Volumen VI, Tomo II, Agustín Ayala-Castañares (coord.). México: Dirección General de Publicaciones UNAM, 1987, Pp. 527–551.

## Panfleto

*Centro de Instrumentos*. Coordinación de la Investigación Científica UNAM, 1988.

## Recursos electrónicos

### Bases de Datos

Dirección General de Bibliotecas UNAM. "Instrumentación y desarrollo". *Biblat*, DGB UNAM, 2009 – 2020, <https://biblat.unam.mx/es/frecuencias/revista/instrumentacion-y-desarrollo/documento/>. Fecha de acceso: 31 jul. 2020.

## Bases de Datos

Dirección General de Bibliotecas UNAM. "Instrumentation & development". *Biblat*, DGB UNAM, 2009 – 2020, <https://biblat.unam.mx/es/revista/instrumentation-development/>. Fecha de acceso: 31 jul. 2020.

Universidad Nacional Autónoma de México. "Instrumentation & Development". *Latindex*, UNAM, 1997 – 2018, <https://www.latindex.org/latindex/ficha?folio=879>. Fecha de acceso: 31 jul. 2020.

Universidad Nacional Autónoma de México. "Journal of applied research and technology". *Latindex*, UNAM, 1997 – 2018, <https://www.latindex.org/latindex/ficha?folio=14906>. Fecha de acceso: 31 jul. 2020.

"Journal of Applied Research and Technology. JART". *Elsevier*, 2020, <https://www.elsevier.es/en-revista-journal-applied-research-technology-jart-81>. Fecha de acceso: 31 jul. 2020.

## Páginas Web

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). "Dr. Augusto García Valenzuela: Innovación tecnológica y diseño industrial". *Reconocimiento Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos 2006: Semblanzas por año*. Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) UNAM, 2016, <https://dgapa.unam.mx/index.php/semblanzas-anio-rdunja-2015/semblanzas-2006-rdunja-2015/309-2006a15-garcia-valenzuela-augusto>. Fecha de acceso: 31 jul. 2020.

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). "Dr. Rodolfo Zanella Specia: Investigación en ciencias exactas". *Reconocimiento Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos 2013: Semblanzas por año*. Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) UNAM, <https://dgapa.unam.mx/index.php/semblanzas-anio-rdunja-2015/semblanzas-2013-rdunja-2015/582-2013a01-zanella-specia-rodolfo>. Fecha de acceso: 31 jul. 2020.

## Programas de televisión

### Mirador Universitario 1ª Temporada

"Descubre al CCADET". *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, XEIMT-TDT, Cd. de México, 4 nov. 2011, <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/1903>.

"Instrumentación, ¿para qué?". *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, XEIMT-TDT, Cd. de México, 11 nov. 2011, <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/1904>.

### Mirador Universitario 1ª Temporada

"Medio Ambiente y Energía: Aportaciones del CCADET". *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, XEIMT-TDT, Cd. de México, 18 nov. 2011, <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/2002>.

"Micro y Nano Tecnologías". *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, XEIMT-TDT, Cd. de México, 25 nov. 2011, <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/2003>.

"Tecnologías de la Información o la Cibernética del siglo XXI". *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, XEIMT-TDT, Cd. de México, 2 dic. 2011, <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/2004>.

"Educación en Ciencia y Tecnología". *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, XEIMT-TDT, Cd. de México, 9 dic. 2011, <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/2005>.

### Mirador Universitario 2ª Temporada

“La cadena de valor: Investigación, Desarrollo e Innovación”. *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, CUAED, Cd. de México, 7 nov. 2012, <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/2401>.

“De Pies a Cabeza, Instrumentación Médica en el CCADET”. *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, CUAED, Cd. de México, 14 nov. 2012, <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/2407>.

“¿Te podemos ayudar en algo?, Servicios tecnológicos en el CCADET”. *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, CUAED, Cd. de México, 21 nov. 2012, <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/2415>.

“De EnanoS y GIGAntes: Un paseo por la Metrología”. *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, CUAED, Cd. de México, 28 nov. 2012, <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/2419>.

“Escucha, hablemos del sonido”. *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, CUAED, Cd. de México, 5 dic. 2012, <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/2426>.

### Mirador Universitario 3ª Temporada

“Innovación Colaborativa: Factores y Actores”. *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, CUAED, Cd. de México, 19 feb. 2014, <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/4284>.

“Mucho más que equipamiento”. *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, CUAED, Cd. de México, 5 mar. 2014, <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/4310>.

“Ciencia y Tecnología para la Salud”. *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, CUAED, Cd. de México, 12 mar. 2014, <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/4348>.

“Nano, ¿qué? La maravilla de los materiales más pequeños”. *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, CUAED, Cd. de México, 14 mar. 2014, <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/4305>.

“Telemática y educación”. *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, CUAED, Cd. de México, 21 mar. 2014, <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/4346>.

“Sistemas Inteligentes”. *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, CUAED, Cd. de México, 26 mar. 2014, <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/4352>.

### Mirador Universitario 4ª Temporada

“Dilemas de la gestión de la propiedad Intelectual en las Universidades”. *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, CUAED, Cd. de México, 29 may. 2015, <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/5004>.

“Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico (UIDT)”. *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, CUAED, Cd. de México, 5 jun. 2015, <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/5010>.

“Bio-Instrumentación para la Salud”. *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, CUAED, Cd. de México, 12 jun. 2015, <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/5017>.

“Nano para todo y para todos”. *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, CUAED, Cd. de México, 19 jun. 2015, <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/5031>.

“Láseres y Aplicaciones”. *Mirador Universitario*. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia UNAM, CUAED, Cd. de México, 3 jul. 2015, <http://mediacampus.cuaed>

## Sitios Web

Domínguez, Antonio J. y Alethia Estrella. *SOMI XXII*. Sociedad Mexicana de Instrumentación, 2007, <http://somi.ccadet.unam.mx/somi22/index.html>. Fecha de acceso: 31 jul. 2020.

Domínguez, Antonio J. y Alethia P. Estrella. *SOMI XXIII*. Sociedad Mexicana de Instrumentación, 21 abr. 2008, <http://somi.ccadet.unam.mx/somi23/>. Fecha de acceso: 31 jul. 2020.

Domínguez Hernández, Antonio J. y Alethia P. Estrella Ruiz. *SOMI XXIV*. Sociedad Mexicana de Instrumentación, 13 feb. 2009, <http://somi.ccadet.unam.mx/somi24/>. Fecha de acceso: 31 jul. 2020.

Domínguez Hernández, Antonio J., Alethia P. Estrella Ruiz y Oscar Urrutia Siordia. *ICIAS*. Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) UNAM, 11 ag. 2010, <http://somi.ccadet.unam.mx/icias2010/>. Fecha de acceso: 31 jul. 2020.

Estrella Ruiz, Alethia P. y Oscar Urrutia Siordia. *2nd ICIAS*. Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) UNAM, feb. 2011, <http://somi.ccadet.unam.mx/icias2011/>. Fecha de acceso: 31 jul. 2020.

Estrella Ruiz, Alethia P. y Oscar Urrutia Siordia. *SOMI XXVII*. Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) UNAM, ag. 2012, <http://somi.ccadet.unam.mx/somi27/>. Fecha de acceso: 31 jul. 2020.

Estrella, Alethia y Mariana Barrera. *CIICA*. Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) UNAM, oct. 2013, <http://somi.ccadet.unam.mx/ciica2013/>. Fecha de acceso: 31 jul. 2020. Estrella Ruiz, Alethia P. y Mariana Barrera Hernández. *SOMI XXIX*. Sociedad Mexicana de Instrumentación, oct. 2014, <http://somi.ccadet.unam.mx/somi29/>. Fecha de acceso: 31 jul. 2020.

Estrella Ruiz, Alethia P. y Mariana Barrera Hernández. *SOMI XXX*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), dic. 2015, <http://somi.ccadet.unam.mx/somi30/>. Fecha de acceso: 31 jul. 2020.

Estrella Ruiz, Alethia Patricia e Israel Quintanilla Ordoñez. *2do CIICA y SOMI XXXI*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ag. 2016, <http://somi.ccadet.unam.mx/ciica2016/index.html>. Fecha de acceso: 31 jul. 2020.

Estrella Ruiz, Alethia Patricia e Israel Quintanilla Ordoñez. *SOMI XXXII*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), sept. 2017, <http://somi.ccadet.unam.mx/somi32/>. Fecha de acceso: 31 jul. 2020.

## Videos en YouTube

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM. "Origen y evolución del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, UNAM". *YouTube*, subido por ICAT-UNAM Oficial, transmitido en vivo el 15 dic. 2016, [https://www.youtube.com/watch?v=T\\_f-3SHWysQ](https://www.youtube.com/watch?v=T_f-3SHWysQ).

## Otras fuentes

### Boletín de la Sociedad Mexicana de Física

Cornejo Rodríguez, Alejandro. "Rufino Díaz Uribe: Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos". *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*, vol. 11, no. 1, 1997, <https://www.smf.mx/boletin/Ene-97/distin/distin.html>. Fecha de acceso: 31 jul. 2020.

### Periódico

Luna, Ricardo. "En puerta, el XX Congreso de Instrumentación en Guanajuato". *Universo: el periódico de los universitarios*, año 5, no. 188, 2005, <https://www.uv.mx/universo/188/estudiantes/estudiantes02.htm>. Fecha de acceso: 31 jul. 2020.