

# INFORME DE ACTIVIDADES 2019-2020



Dra. Cecilia Noguez Garrido  
INSTITUTO DE FÍSICA, UNAM

# INFORME DE ACTIVIDADES 2019-2020



Dra. Cecilia Noguez Garrido  
INSTITUTO DE FÍSICA, UNAM



## Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Enrique Graue Wiechers  
*Rector*

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas  
*Secretario General*

Dra. Mónica González Contró  
*Abogada 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. William Henry Lee Alardín  
*Coordinador de la Investigación Científica*

## Instituto de Física

Dra. Cecilia Noguez Garrido  
*Directora*

Dr. Jesús Ángel Arenas Alatorre  
*Secretario Académico*

Lic. Delia O'Reilly Haro  
*Secretaria Administrativa*

Dr. César Leonardo Ordóñez Romero  
*Secretario Técnico de Cómputo y Telecomunicaciones*

Dr. Jaime Pérez Rodríguez  
*Secretario Técnico del Taller Mecánico*

Arq. Sofía Benítez Rosete  
*Secretaría Técnica de Mantenimiento*

Dr. Adolfo Cordero Borboa  
*Jefe del Departamento de Estado Sólido*

Dr. Víctor Romero Rochín  
*Jefe del Departamento de Física Cuántica y Fotónica*

Dr. José Luis Ruvalcaba Sil  
*Jefe del Departamento de Física Experimental*

Dr. Javier Miranda Martín del Campo  
*Jefe del Departamento de Física Nuclear y Aplicaciones de la Radiación*

Dr. Rolando Castillo Caballero  
*Jefe del Departamento de Física Química*

Dra. Myriam Mondragón Ceballos  
*Jefe del Departamento de Física Teórica*

Dr. José Guadalupe Pérez Ramírez  
*Jefe del Departamento de Materia Condensada*

Dr. Gerardo García Naumis  
*Jefe del Departamento de Sistemas Complejos*

Dra. Rosario Paredes Gutiérrez  
*Coordinadora Docente*

Mtra. Victoria Pamela Silva Domínguez  
*Coordinadora de la Unidad de Vinculación*

Dr. Arturo Rodríguez Gómez  
*Responsable del Laboratorio Central de Microscopía*

Dr. Jorge Amin Seman Harutinian  
*Responsable del Laboratorio de Electrónica*

M. en C. César Gustavo Ruiz Trejo  
*Responsable de la Oficina de Seguridad Radiológica*

L. I. Neptalí González Gómez  
*Responsable de la Unidad de Voz y Datos*

Lic. Lucila Martínez Arellano  
*Coordinadora Biblioteca "Juan B. de Oyarzábal"*



# Índice de contenidos

<b>Presentación</b>	<b>12</b>		
<b>1. Misión y Objetivos</b>	<b>16</b>		
1.1 Misión	17		
1.2 Objetivos	17		
<b>2. Estructura</b>	<b>18</b>		
2.1 Organización y Organigrama	19		
2.2 Organización Académica	21		
2.3 Contrataciones	28		
2.4 Comisiones y Representantes Institucionales	29		
<b>3. Producción Académica</b>	<b>34</b>		
3.1 Publicaciones	35		
3.2 Formación de Recursos Humanos	40		
3.3 Docencia	43		
3.4 Difusión y Divulgación	45		
3.5 Intercambio Académico y Sabáticos	46		
3.6 Colaboraciones Internacionales	47		
3.7 Premios y Reconocimientos	49		
3.7.1 Premios Otorgados por el IF	50		
3.8 Vinculación con la Sociedad y Sector Productivo	51		
3.9. Financiamiento a la Investigación	52		
<b>4. Actividades Departamentales</b>	<b>54</b>		
4.1 Estado Sólido	55		
4.2 Física Cuántica y Fotónica	55		
4.3 Física Experimental	57		
4.3.1 Grupo de Fenómenos en Sistemas Microestructurados (FESMI)	57		
4.3.2 Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC)	58		
4.3.3 Grupo de Dosimetría y Física Médica (DOSIFICAME)	58		
4.3.4 Laboratorio de Imágenes Biomédicas	59		
4.3.5 Grupo de Astropartículas y Astrofísica de Altas Energías y Laboratorio Nacional HAWC	60		
4.3.6 Grupo de Física Nuclear y Sub-Nuclear FINSU	61		
4.4 Física Nuclear y Aplicaciones de la Radiación	61		
4.5 Física Química	63		
4.6 Física Teórica	65		
4.7 Materia Condensada	66		
4.7.1 Cristalografía	67		
4.7.2 Estudios de Sistemas de Dimensión Cero	67		
4.7.3 Estudios de Sistemas de Dimensión Uno	68		
4.7.4 Estudios de Sistemas de Dimensión Dos	68		
4.7.5 Aplicaciones de la Dosimetría	68		
4.7.6 Inteligencia Artificial en Problemas de Física	68		
4.8 Sistemas Complejos	69		
4.8.1 Dinámica de Sistemas Biológicos y Sociales: Formación de patrones, materia activa, distribuciones de rango, dinámica de ecosistemas, dinámica social, forrajeo, redes complejas, teoría de juegos	69		
4.8.2 Física Estadística de Sistemas Fuera de Equilibrio	71		
4.8.3 Inteligencia Artificial, Aprendizaje Automático, Redes	71		
4.8.4 Nuevos Materiales: Propiedades fisicoquímicas de nanocúmulos, nanopartículas y nanomateriales	72		
4.8.5 Materiales Desordenados y de Baja Dimensionalidad	72		

4.8.6 Fundamentos de Mecánica Cuántica: Formulación no Hermitiana de estados resonantes en mecánica cuántica y de la evolución temporal en sistemas cuánticos abiertos	72
4.8.7 Evolución Temporal de Sistemas Cuánticos	73
<b>5. Productividades de las Unidades de Apoyo</b>	<b>76</b>
5.1 Laboratorio Central de Microscopía	77
5.2 Taller Mecánico Central	79
5.3 Laboratorio de Electrónica	80
5.4 Cómputo y Telecomunicaciones	81
5.5 Coordinación Docente	82
5.6 Biblioteca "Juan B. de Oyarzábal"	84
5.7 Unidad de Comunicación IF (UCIF)	85
5.7.1 Contenidos propios	85
5.7.2 Redes Sociales	86
5.7.3 Proyecto "Física para todos desde el IF"	86
5.7.4 Eventos de Divulgación	87
5.8 Unidad de Vinculación	87
5.8.1 Unidad de Vinculación e Institucionalización	88
5.8.2 Innovación, Transferencia de Tecnología y Emprendimiento	88
5.8.3 Gestión de Calidad	88
5.8.4 Cultura y Difusión	89
5.8.5 Política Pública	89
5.8.6 Bolsa de Trabajo	89
5.9. Secretaría Administrativa	89
5.9.1 Departamento de Presupuesto	90
5.9.2 Departamento de Personal	90
5.9.3 Departamento de Bienes y Suministros	91

<b>6. Logros de la Actual Administración: Evaluación y seguimiento del Plan de Desarrollo Institucional 2019-2023</b>	<b>92</b>
6.1 Cambios en la Estructura de Organización	93
6.2 Secretaría Administrativa	95
6.3 Reuniones Académicas Internas	96
6.3.1 Reunión con Jóvenes Académicos	96
6.3.2 Reuniones de Diagnóstico por Departamento	97
6.3.3 Reunión con Estudiantes Asociados al IF	98
6.4 Instalaciones y Mantenimiento	98
6.5 Secretaría Técnica de Cómputo y Tecnologías de Información y Comunicación	98
6.6 Nuevas Contrataciones	99
<b>7. Obituario 2019</b>	<b>100</b>
Germinal Cocho Gil (1933-2019)	101
José Luis Boldú Olaizola (1950-2019)	103
<b>ANEXO A. PUBLICACIONES</b>	<b>104</b>
A. 1 Artículos Arbitrados JCR	105
A. 2 Memorias Arbitradas JCR	130
A. 3 Memorias Arbitradas indizadas no JCR	133
A. 4 Memorias en extenso no indizadas	134
A.5 Libros	135
A.6 Capítulos en libros	135
A. 6 Reportes técnicos	136
A.8 Artículos de divulgación	140
<b>ANEXO B. TRABAJOS EN CONGRESOS</b>	<b>142</b>
Trabajos en Congresos Internacionales	143
Trabajos en Congresos Nacionales	167
Trabajos en Congresos Locales	181

<b>ANEXO C. TESIS CONCLUIDAS</b>	<b>184</b>		
Tesis licenciatura	185		
Tesis maestría	188		
Tesis doctorado	190		
Otros	191		
<b>ANEXO D. CURSOS IMPARTIDOS</b>	<b>194</b>		
Licenciatura 2019-2	195		
Licenciatura 2020-1	199		
Maestría y Doctorado 2019-2	205		
Maestría 2020-1	207		
Seminarios de investigación 2019-2 y 2020-1	210		
<b>ANEXO E. COLOQUIOS Y SEMINARIOS</b>	<b>212</b>		
Coloquios del Instituto de Física	213		
Seminario Ángel Dacal	213		
Seminario de Altas Energías	214		
Seminario de Cosmología	215		
Seminario Estudiantil de Altas Energías y Gravitación	216		
Seminario de Física Cuántica y Fotónica	216		
Seminario de Física Médica	216		
Seminario Fundamenta Quorum	217		
Seminario de Sistemas Complejos y Física Estadística	218		
Seminario Lunch Nuclear	219		
Seminario Manuel Sandoval Vallarta	219		
Seminario Tópicos de Microscopía	221		
Seminario Especial Plaza de Investigador	221		
		Seminario Sotero Prieto	222
		Seminario Técnicos Académicos	223
		Eventos especiales	224
		<b>ANEXO F. VISITANTES ACADÉMICOS</b>	<b>226</b>
		Invitados Internacionales	227
		Invitados Nacionales	228
		<b>ANEXO G. PREMIOS JUAN MANUEL LOZANO MEJÍA 2019</b>	<b>230</b>
		Premio a Carteles de Divulgación 2019	232
		<b>ANEXO H. CONVENIOS</b>	<b>234</b>
		Convenios Internacionales	235
		Convenios Nacionales	235
		<b>ANEXO I. COMISIONES</b>	<b>238</b>
		1. Consejo interno	239
		2. Comisión Dictaminadora	240
		3. Comisión del PRIDE	240
		4. Comité de Docencia y de Superación Académica	240
		5. Comisión interna de Igualdad e Inclusión de Género	241
		6. Comisión de Biblioteca	241
		7. Comité Asesor de Cómputo	241
		8. Comisión Local de Seguridad	242
		9. Comité del Laboratorio Central de Microscopía	242
		10. Comité Asesor de Comunicación	243
		11. Comisión de evaluación operativa de los laboratorios del IF	243
		Representantes Institucionales	243

## Presentación

Con fundamento en la Legislación Universitaria, se presenta el primer Informe Anual de Actividades de la presente dirección. En ella se da cuenta del estado actual de las actividades de investigación y docencia realizadas por la comunidad del Instituto de Física (IF) durante el año 2019, los avances y logros académicos, así como de las acciones académicas administrativas emprendidas en el periodo de mayo 2019 a abril de 2020.

Un año de contrastes ante el comienzo de la emergencia sanitaria por la COVID-19, que llegó a México en febrero del 2020 y que cambió drásticamente y repentinamente nuestra forma de trabajo. No obstante, fue un año productivo y con logros importantes por parte del personal académico del IF. Se concretaron acciones y se delinearon las directrices que motivaron la elaboración del Plan de desarrollo 2019-2023, al cual se sumaron los diagnósticos y perspectivas de cada uno de los ocho departamentos, las Secretarías Académica, Administrativa y las Técnicas, así como las Coordinaciones y las diversas Unidades de Apoyo.

**Su plantilla académica con 186 miembros\*, compuesta por 126 Investigadores, 55 Técnicos Académicos y 5 Catedráticos CONACYT, realiza investigación en física y áreas afines, forma personal altamente calificado, difunde nacional e internacionalmente los conocimientos que genera, e impulsa la difusión y vinculación de la ciencia con otras actividades culturales, intelectuales y productivas del país.**

El IF desarrolla una amplia gama de líneas de investigación en física básica y aplicada, agrupadas en cuatro grandes áreas de conocimiento y 25 áreas de temáticas, cada una de ellas con al menos cinco líneas de investigación. En nuestro instituto se llevan a cabo investigaciones de física fundamental, que van desde la comprensión del cosmo hasta las partículas subatómicas; así como aquellas cercanas a la sociedad. Como las dirigidas a mejorar el medio ambiente, la detección oportuna de diferentes enfermedades, así como para preservar y estudiar nuestra herencia cultural. Nuestra comunidad, es una comunidad comprometida con las causas más apremiantes y justas que aquejan a nuestro país y al mundo, y desde nuestro instituto se estudian los problemas y se proponen soluciones. Con el comienzo de la emergencia sanitaria en marzo de 2020, nuestro personal ha contribuido a generar algunas soluciones y modelos que han permitido mitigar algunos de los potenciales daños.

El IF cuenta con 50 laboratorios de investigación, algunos de éstos se encuentran en una etapa de implementación o desarrollo, dos están fuera de Ciudad Universitaria, cuatro son Laboratorios Nacionales, los cuales son: el Laboratorio de Espectrometría de Masas con Aceleradores (LEMA); el Labora-

\*Académicos adscritos al IF al 31 de marzo del 2020.

torio Nacional de Ciencias para la Investigación y la Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC); el Laboratorio Nacional High Altitude Water Cherenkov (HAWC) y el Laboratorio Nacional de Materia Cuántica (LANMAC), representando alrededor del 11% del total de Laboratorios Nacionales en la UNAM, reafirmando el liderazgo nacional e internacional de la institución. Adicionalmente, el IF continúa participando de manera activa en varios proyectos internacionales como: ALICE (*A Large Ion Collider Experiment*), que forma parte del acelerador de partículas más grande construido hasta ahora; el *Dark Energy Spectroscopic Instrument* (DESI) el cual estudia la naturaleza y dinámica de la materia oscura, y la energía oscura a diferentes distancias; un experimento que estudia neutrones ultra fríos; y la colaboración SNOLAB-IF que realiza investigación de física de astropartículas en laboratorios subterráneos para el estudio de la física de neutrinos y búsqueda de materia oscura.

**Es de destacar la tradición del IF en la generación de conocimiento de frontera ya sea de manera individual o en colaboraciones pequeñas y locales, que emergen del seno de nuestros investigadores y sus estudiantes asociados, así como becarios posdoctorales que tienen un gran impacto internacional y que se han destacado por los avances en la generación de conocimiento universal. Este tipo de investigación ha generado por décadas grupos y escuelas que se han diseminado por todo el territorio nacional, así como con presencia internacional.**

Durante el año 2019, los académicos del IF publicaron 324 artículos pertenecientes a revistas en el *Journal Citations Reports* (JCR), de los cuales 35 son memorias. Lo cual da un promedio 2.47 artículos por Investigador y Catedráticos al año en revistas JCR. Además, nuestros académicos publicaron 20 memorias arbitradas indizadas, 4 memorias arbitradas in extenso, 35 reportes técnicos, publicaron 4 libros y 15 capítulos de libro, así como 23 artículos de divulgación. Lo cual da un total de 425 publicaciones diversas, que dividido por los 186 académicos del IF, nos da un promedio de 2.3 publicaciones por académico.

Durante este año, también se contó con la presencia de 32 becarios posdoctorales y de 526 estudiantes asociados, que participaron activa y de manera entusiasta en las labores de investigación, docencia, difusión y divulgación. Los resultados de la investigación desarrollada dieron lugar a 271 presentaciones en congresos internacionales y 189 en nacionales. En el rubro de docencia, los académicos impartieron 256 cursos regulares: 158 de licenciatura y 81 de posgrado, además de 17 seminarios de investigación. Se dirigieron 87 tesis siendo 43 de licenciatura, 28 de maestría y 16 de doctorado. En cuanto a los apoyos obtenidos, se desarrollaron 108 proyectos de investigación financiados por diversas fuentes.

El presente Informe de Actividades 2019-2020 tiene el propósito de hacer una breve crónica de las actividades académicas de nuestra comunidad, destacando sus logros científicos, docentes y de las diferentes Secretarías y Unidades de Apoyo que conforman el IF. Este informe es una muestra del esfuerzo de los académicos, becarios posdoctorales y estudiantes asociados al IF; así como de los trabajadores administrativos y funcionarios que apoyan constantemente en la obtención de estos logros.

En esta crónica se describe en primer lugar la misión de IF y sus objetivos, a continuación, se muestran las estadísticas que describen la situación actual de nuestra planta académica y su productividad científica y de docencia, así como la de las Secretarías y Unidades de Apoyo. Posteriormente se hace un análisis y finalmente se mencionan los logros de la comunidad del IF; así como los de la actual administración durante su primer año de gestión.



# 1. Misión y Objetivos

## 1.1 Misión

El IF tiene como misión realizar investigación en física y áreas afines, formar personal altamente calificado a través de la docencia y la preparación de especialistas de alto nivel, difundir nacional e internacionalmente los conocimientos que se generan e impulsar la difusión y vinculación de la ciencia con otras actividades culturales, intelectuales y productivas del país.

## 1.2 Objetivos

El IF tiene los siguientes objetivos:

1. Realizar investigación en física y áreas afines, mediante el desarrollo de programas de investigación originales y de calidad.
2. Participar activamente en labores docentes y de formación de personal altamente calificado, principalmente dentro de los programas de educación superior y posgrado de la UNAM, afines a la investigación que se realiza en el IF. Extender estas actividades a otras instituciones educativas del país y del extranjero.
3. Difundir los resultados de la investigación realizada en publicaciones, libros y otros medios de circulación nacional e internacional, así como, mediante la presentación de éstos en congresos y seminarios.
4. Contribuir al desarrollo de programas que atiendan problemas de interés nacional, con base en la investigación que se realiza en el IF.
5. Establecer y desarrollar infraestructura de laboratorios con la finalidad de impulsar la investigación y contribuir al desarrollo científico y tecnológico nacional.
6. Establecer convenios de vinculación para proporcionar asesoría científica, tecnológica y docente en las áreas de competencia del IF, a los sectores público y privado que así lo soliciten, de acuerdo con las políticas de la UNAM y la disponibilidad de personal.
7. Promover la comunicación y divulgación del conocimiento científico al público en general, mediante medios impresos y electrónicos, conferencias, ferias y otras actividades relacionadas con la física, entre otros.

## 2. Estructura

### 2.1 Organización y Organigrama

La actual administración del IF comenzó a trabajar bajo el mismo esquema de organización de la administración anterior. Sin embargo, dadas las nuevas necesidades en las áreas de apoyo del IF, se están reorganizando los servicios, proponiendo un nuevo organigrama, el cual se describe en la sección de logros de la actual administración (apartado 6). El organigrama representa la estructura del IF y describe el modo de funcionamiento de las diferentes áreas que lo constituyen.

Para el desarrollo de su labor académica el IF tiene una estructura conformada por ocho departamentos, apoyada en su funcionamiento y planeación de manera interna por el Consejo Interno, la Secretaría Académica y la Subcomisión de Superación Académica. De manera externa, la labor académica del IF se apoya por la Comisión Dictaminadora y la Comisión Evaluadora de Estímulos PRIDE. Además, cuenta con la Secretaría Administrativa, la Secretaría Técnica de Cómputo y Telecomunicaciones y la Secretaría Técnica del Taller Mecánico y de Mantenimiento. En cada una de ellas se tienen unidades de apoyo a la investigación. También forman parte de esta estructura, la Oficina de Seguridad Radiológica, la cual dependía de la Secretaría Académica anteriormente.

Adicionalmente no se contemplaba en el organigrama el Laboratorio Central de Microscopía, ni el Laboratorio de Electrónica, los cuales son Unidades de Apoyo indispensable para dar soporte a los 50 laboratorios y los proyectos experimentales, tanto en el desarrollo y el mantenimiento de la instrumentación científica, respectivamente.

## ORGANIGRAMA IFUNAM

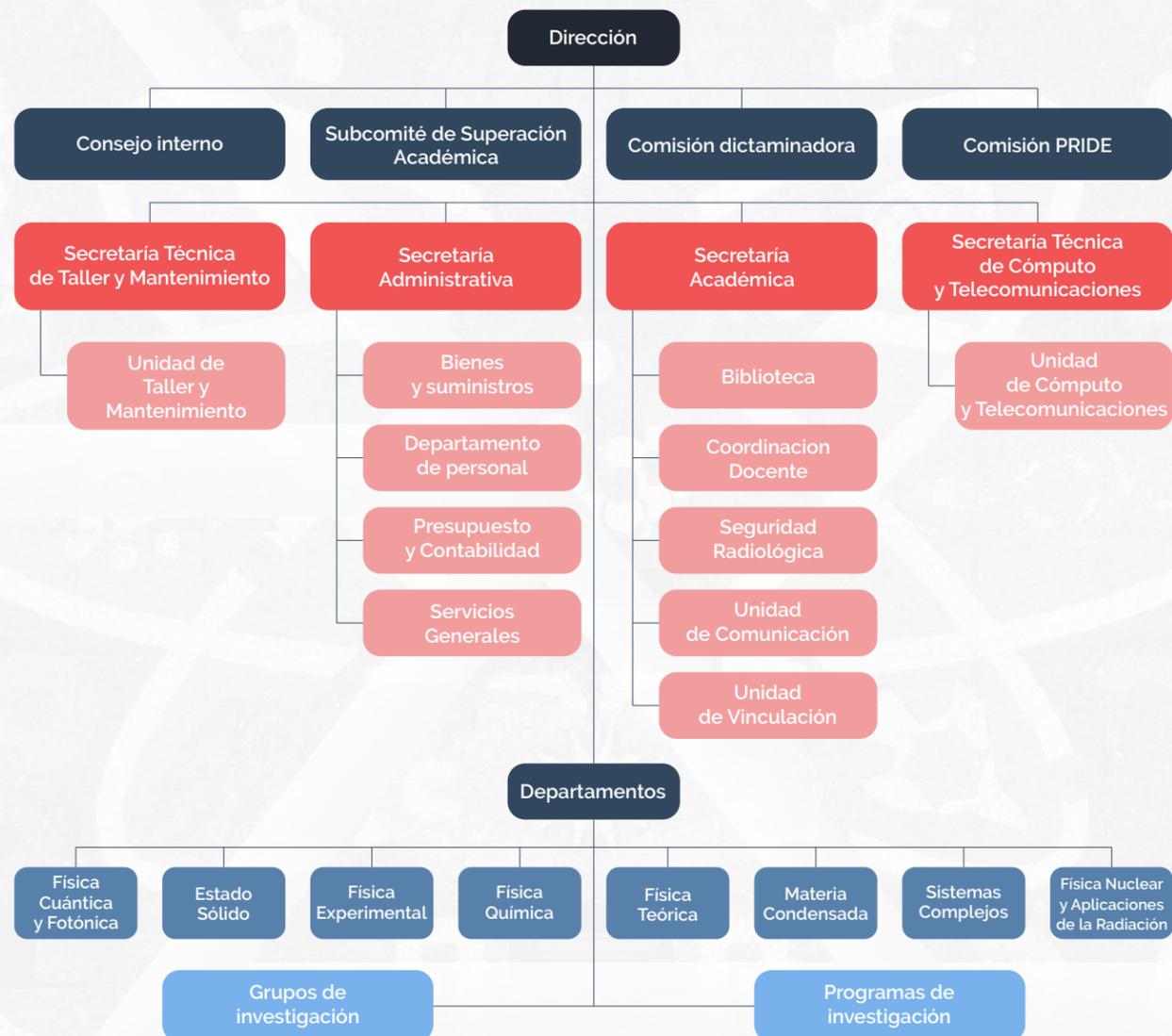


Figura 2.1.1 Organigrama 2015-2019

Por su parte, la Secretaría Académica coadyuva a la Titular del IF, a establecer políticas internas con el fin de lograr objetivos de carácter general, que orienten el desarrollo académico y las actividades de investigación, con la finalidad de cumplir las funciones que tiene encomendadas el Instituto.

El titular de la Secretaría Académica vigila la correcta aplicación de la normatividad establecida en relación con la contratación, promoción y diversos trámites académico-administrativos. Supervisa la operación y organización de las Unidades de Apoyo a la Investigación: **1) Biblioteca 2) Coordinación Docente 3) Unidad de Comunicación 4) Unidad de Vinculación**. En el apartado 5 se describen sus logros en el año 2019.

La Secretaría Administrativa, como su nombre lo indica, es la responsable de administrar los recursos humanos, financieros y materiales, así como de otorgar los servicios necesarios al personal académico del IF. En los últimos años el crecimiento que ha tenido la plantilla académica, el aumento del número de proyectos financiados, y consecuentemente, el incremento en el volumen de servicios ha ocasionado una carga de trabajo adicional para el personal, lo que ha derivado en mayor tiempo de respuesta y ante la emergencia sanitaria por la COVID-19, nuevos retos han surgido. Por lo anterior, la actual administración del IF está trabajando en alcanzar un nivel de eficiencia alto, mediante las metas descritas en el apartado seis. El personal administrativo del IF está compuesto por alrededor 141 miembros, de ellos 129 son de base.

## 2.2 Organización Académica

Los ocho departamentos de Investigación que conforman al IF son: **1) Estado Sólido 2) Física Cuántica y Fotónica 3) Física Experimental 4) Física Nuclear y Aplicaciones de la Radiación 5) Física Química 6) Física Teórica 7) Materia Condensada 8) Sistemas Complejos**.

La distribución de los 126 Investigadores por departamento, categoría, nivel de PRIDE y SNI, así como por edad, se muestran en los siguientes histogramas, donde se incluyen los cinco Catedráticos CONACyT adscritos al IF. Podemos observar que la distribución del número de investigadores por departamento es casi homogénea, excepto en los Departamentos de Física Teórica y Experimental. Cabe destacar que el IF cuenta actualmente con siete Investigadores Eméritos, además de 10 Investigadores Eméritos del SNI.

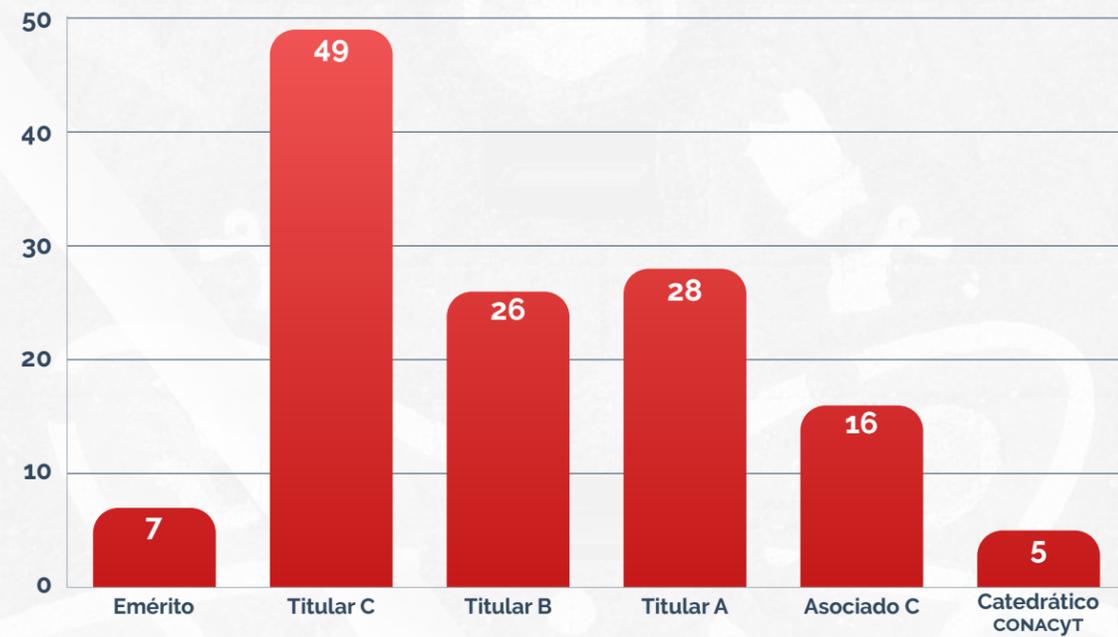


Tabla 2.2.1 Distribución de Investigadores por categoría 2019

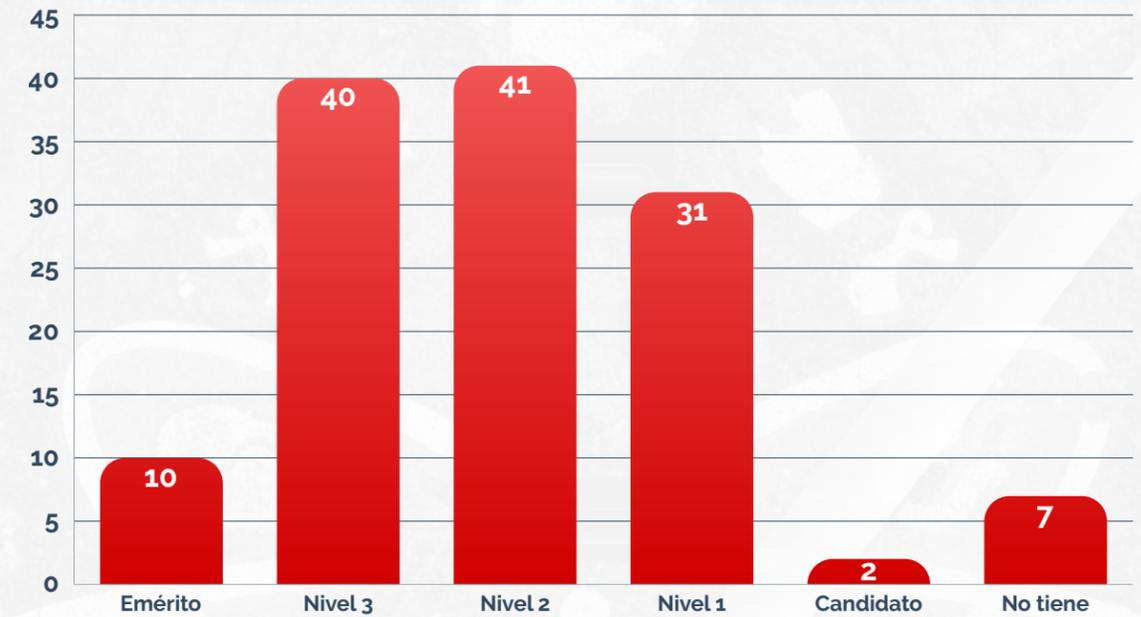


Tabla 2.2.3 Distribución de Investigadores por nivel del SNI 2019

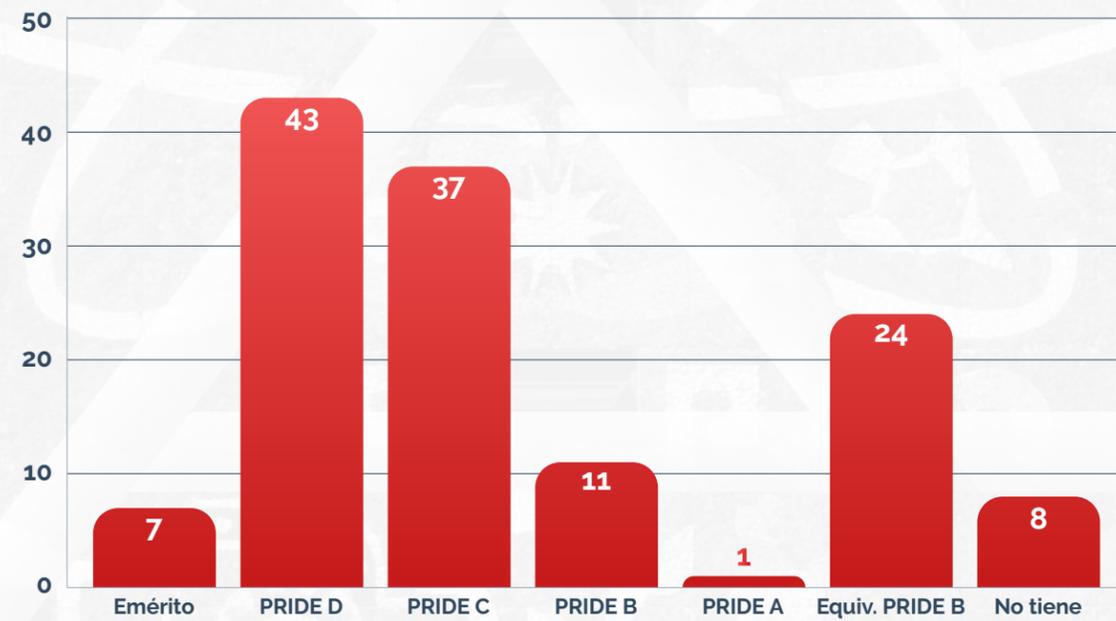


Tabla 2.2.2 Distribución de Investigadores por nivel de PRIDE 2019

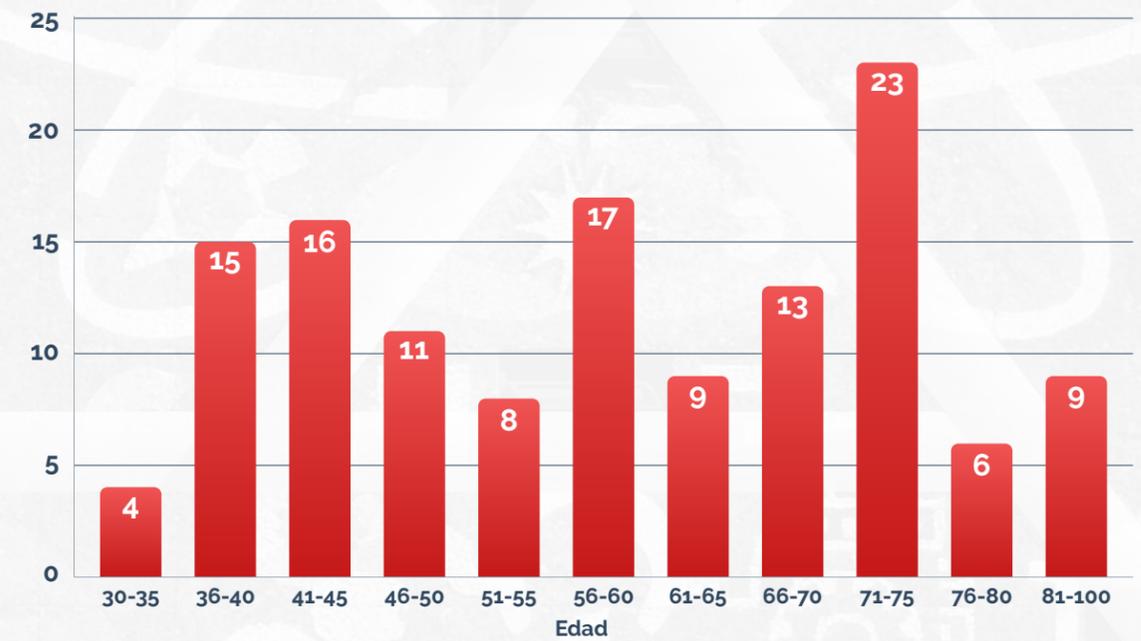


Tabla 2.2.4 Distribución de Investigadores por edad 2019

Del análisis de los gráficos mostrados, se puede observar que alrededor del 65% de los investigadores del IF, se encuentra en la categoría más alta, eméritos, titulares C y B. Esta proporción también se refleja en los niveles más altos del SNI y PRIDE, ambos con alrededor del 69% del total de investigadores del IF. La edad promedio de los investigadores es de 59 años, la cual se ha mantenido en los últimos años debido a los jóvenes académicos que se incorporaron en la administración anterior. Sin embargo, el promedio de edad sigue siendo mayor al del Subsistema de Investigación Científica de la UNAM. Finalmente, la distribución de académicos por sexo es de alrededor de 82% hombres contra un 18% mujeres, lo que requiere de especial atención y de una estrategia compartida con la Facultad de Ciencias y el Posgrado en Ciencias Físicas para llegar a un equilibrio, lo cual tomará tiempo.

Por lo que respecta al número de Técnicos Académicos, actualmente son 55, con edad promedio de 53 años, los cuales están distribuidos en siete departamentos y en las unidades de apoyo a la investigación. Cabe indicar que el número de Técnicos Académicos ha permanecido prácticamente constante en los últimos 20 años, considerando que en el año 2000 el número era de 52 y la demanda de apoyo se ha incrementado considerablemente con el actual número de laboratorios de investigación. Del 2010 a la fecha se instalaron 22 nuevos laboratorios, se crearon 4 laboratorios nacionales y se renovaron otros 5 laboratorios; alrededor del 44% de los Técnicos Académicos se encuentran en las categorías más altas (titulares C y B) y la gran mayoría (78%) se encuentra en los niveles más altos del PRIDE, además, siete de ellos pertenecen al SNI: uno nivel II, cuatro niveles I y dos candidatos. En los siguientes histogramas se muestra la distribución de Técnicos Académicos por departamento, categoría, edad y nivel de PRIDE.

**La planta de Técnicos Académicos tiene un alto grado de especialización, lo que redundará de manera muy positiva en las labores de investigación.**

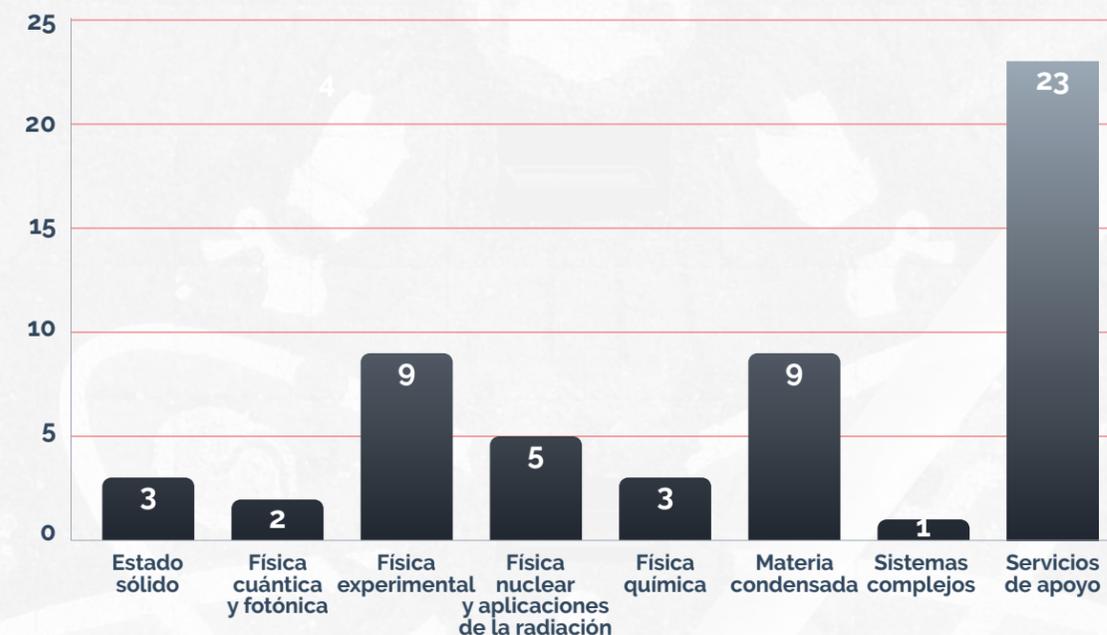


Tabla 2.2.5 Distribución de Técnicos Académicos por departamento 2019

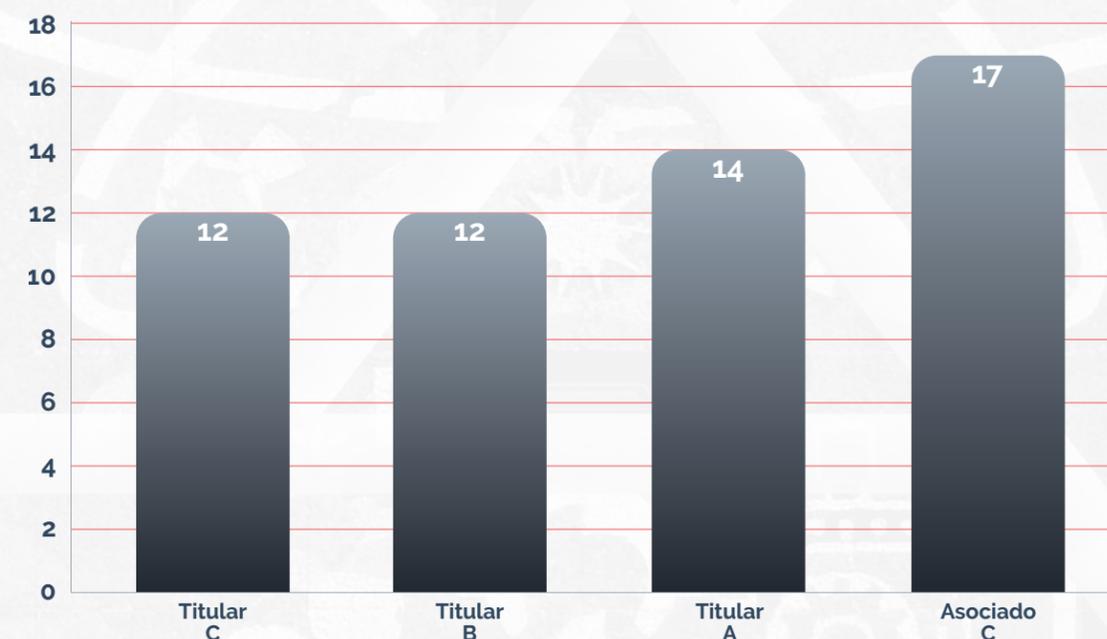


Tabla 2.2.6 Distribución de Técnicos Académicos por categoría 2019

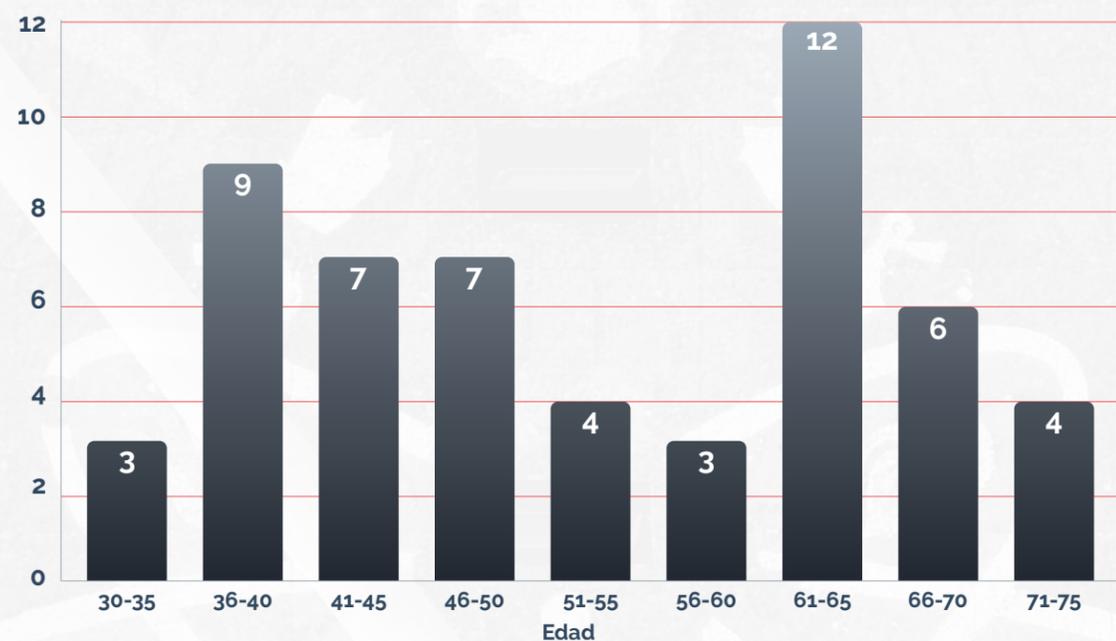


Tabla 2.2.7 Distribución de Técnicos Académicos por edad 2019

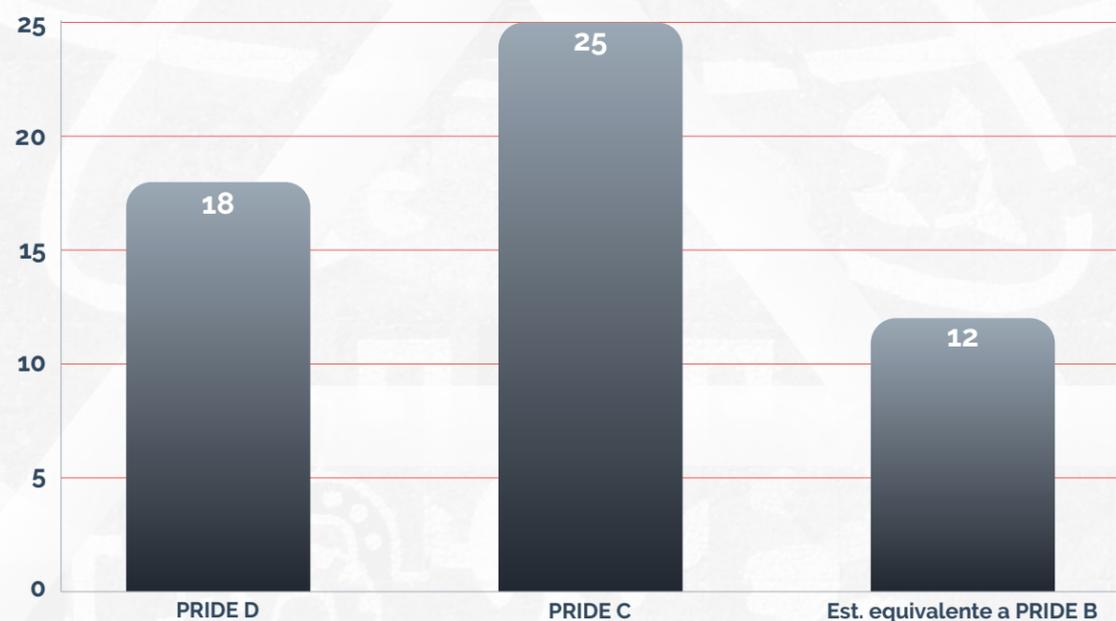


Tabla 2.2.8 Distribución de Técnicos Académicos por nivel de PRIDE 2019

Respecto a las estancias posdoctorales en el IF, se muestra en el siguiente histograma el número de becarios posdoctorales en los últimos cinco años. Se observa que en 2017 y 2018, el número de becarios disminuyó en casi 25%, respecto al año 2016. Recuperándose ligeramente en el 2019. Por ello y ante los retos que se tienen por los efectos económicos a nivel mundial por la COVID-19, se deben revisar las políticas para la asignación de plazas posdoctorales y buscar fuentes de financiamiento alternativos para incorporar más jóvenes recién doctorados al IF.

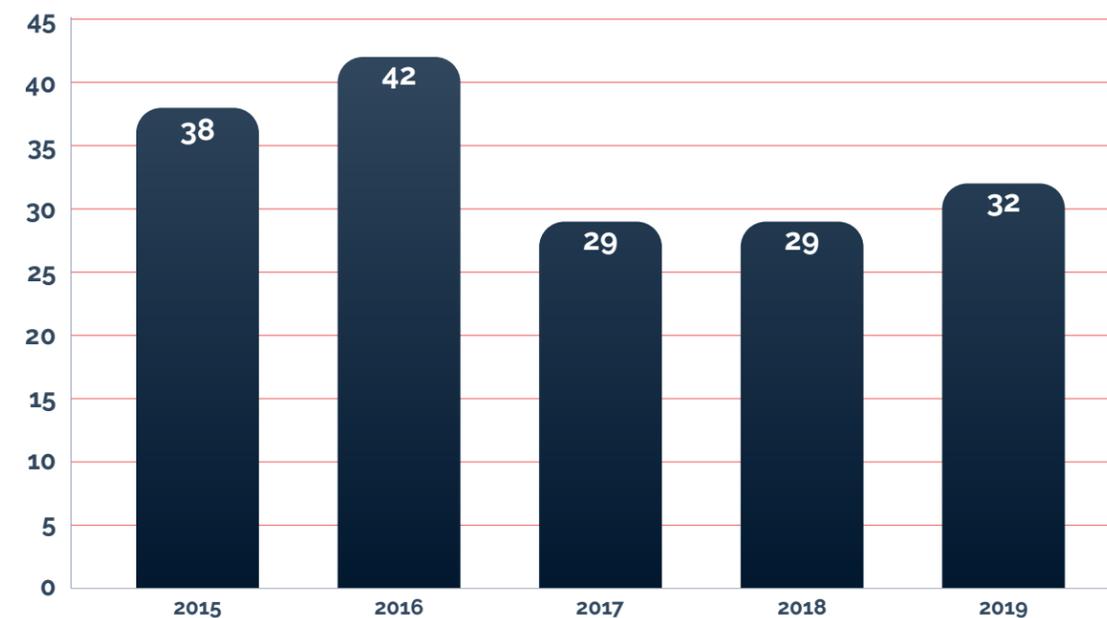


Tabla 2.2.9 Número de becarios posdoctorales durante el periodo 2015-2019

Durante el primer año de actividades de esta administración, se conservaron los Campos de Conocimiento del IF (CCIF) y el número de áreas generales de investigación que se trabajaron en el instituto al cierre de la administración anterior. Estas son: 1) Altas Energías, Física Nuclear, Astropartículas y Cosmología; 2) Óptica y Física Cuántica; 3) Nanociencias y Materia Condensada; y 4) Física Aplicada y Temas Interdisciplinarios. Cada uno de estos campos tiene áreas de investigación, que a su vez contienen varias líneas de investigación, tal como se muestra en el cuadro siguiente.



Figura 2.2.1 Diagrama de Campos de Conocimiento del IF (CCIF).

Los cuatro Laboratorios Nacionales están asociados a los CCIF-1,2 y 4. Mientras que el CCIF-3 tiene asociado dos Laboratorios Universitarios y el CCIF-1 otro más. Se realizó una labor importante al agrupar las líneas de investigación en áreas y campos, lo que en un futuro ayudará a crecer y renovarse de manera congruente y con metas y objetivos a largo plazo. Sin embargo, se debe trabajar para encontrar mayor claridad de cómo alcanzar dichas metas. En el apartado 6.3.2 de este informe se abordan las acciones que se están siguiendo por la presente administración para fortalecer las líneas de investigación asociadas a estos campos de conocimiento del IF.

### 2.3 Contrataciones

Durante el año 2019 se contrataron a cuatro académicos: un Investigador y tres Técnicos Académicos. Dos de los Técnicos Académicos fueron contratados por la presente administración, uno en el Área de Mecatrónica con la cual se busca responder a las nuevas demandas en desarrollo de sistemas electrónicos que han surgido en el IF; dando cumplimiento a la política de crecimiento y renovación como resultado de la reciente creación de varios laboratorios de investigación.

Adicionalmente, esta plaza busca también satisfacer la creciente necesidad de servicios y manutención del equipo electrónico utilizado por la comunidad del Instituto. La otra Plaza de Técnico Académico vino a fortalecer el Área de Ingeniería Electromecánica del Taller Mecánico del Instituto, cuyo objetivo es el de mejorar los procesos de diseño y construcción, así como de mantenimiento de aparatos e instrumentación científica que soliciten los académicos.

### 2.4 Comisiones y Representantes Institucionales

La labor que realizan los diferentes miembros de la comunidad académica, estudiantil y administrativa, se rige por el compromiso institucional y el espíritu de trabajo comunitario. De la mano con los ejes del Plan de Desarrollo Institucional para fortalecer la presencia en los comités y comisiones; para el funcionamiento adecuado y la toma de decisiones colegiadas. El IF ha promovido la presencia en diversas Comisiones, Cuerpos Colegiados y Representantes Institucionales, los cuales están conformados por Académicos del Instituto y de otras Instituciones, así como personal de base, de confianza y estudiantes asociado al IF. Aprovechamos este espacio para agradecerles su arduo trabajo durante el primer año que cubre el presente informe.

En el año 2019 se mantuvieron funcionando las comisiones y representantes que se listan a continuación, al igual que sus principales funciones. La composición de las comisiones y cuerpos colegiados, así como de los representantes institucionales se encuentran en el Anexo I.

- 1. El Consejo Interno** tiene entre sus atribuciones el conocer y opinar sobre los asuntos presentados por la Directora, incluyendo las contrataciones, promociones y definitividades del personal académico, así como de las solicitudes de comisiones, licencias y años sabáticos. Sus responsabilidades y atribuciones se establecen en el Reglamento Interno del IF, artículo noveno. El Consejo Interno actualmente está compuesto por 18 miembros con voz y voto, así como con 6 miembros invitados. Este órgano colegiado sesiona de manera regular una vez al mes. Sin embargo, se realizan sesiones extraordinarias para desahogar diferentes casos como el análisis de informes y planes de trabajo, becas posdoctorales, entre otros asuntos de carácter académico. En el 2019 se realizaron 10 sesiones ordinarias y 2 extraordinarias.
- 2. La Comisión Dictaminadora**, de acuerdo con los Artículos 14 y del 82 al 86 del Estatuto del Personal Académico (EPA) de la UNAM, está constituida por seis miembros y tiene en-

tre sus funciones las siguientes: calificar los concursos de oposición, las solicitudes de promoción, de definitividad, y la contratación del personal académico, así como evaluar otros asuntos académicos que el Consejo Interno le turne. La Comisión Dictaminadora celebra sesiones ordinarias cuando menos una vez al mes, y extraordinarias cuando lo juzguen necesario. Está compuesta por miembros externos al IF, reconocidos por la comunidad académica en México, del más alto nivel académico y que cubren la mayoría de los campos de conocimiento que cultiva el IF.

3. **La Comisión Evaluadora del Programa PRIDE** (Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico de Tiempo Completo), se rige por las disposiciones que emite la Dirección General de Asuntos de Personal Académico, en particular por la convocatoria del programa vigente y por los Criterios Generales de Evaluación del Personal Académico establecidos por el CTIC. Se encarga de emitir los dictámenes de evaluación de los académicos que soliciten su ingreso o permanencia al programa. Este cuerpo colegiado se describe en el Artículo 18 del Reglamento Interno del IF. Esta Comisión celebra sesiones ordinarias cuando menos dos veces al año, y extraordinarias cuando lo juzguen necesario. Está compuesta por cinco miembros externos, incluyendo un Técnico Académico. Su labor es evaluar el desempeño de todos los académicos en periodos de cinco años y en concordancia con las obligaciones mencionadas en el EPA. Se revisa la calidad académica de los productos.
4. **El Comité de Docencia y Subcomité de Superación Académica**, está compuesto por ocho académicos del IF, los cuales incluyen a los titulares de la Secretaría Académica, la Coordinación Docente; así como a los representantes en los diferentes planes de estudios en donde participan los académicos tanto en licenciatura como de posgrado. Tiene entre sus atribuciones recomendar las estancias sabáticas con apoyo del PASPA, revisar y aprobar las diferentes becas que otorga el IF a través de sus diferentes fuentes de financiamiento, como son proyectos CONACyT, proyectos externos, entre otros. Sesiona según las solicitudes que llegan. En este momento se quiere reestructurar sus actividades para que formen parte más activa en la captación, seguimiento y graduación de estudiantes. Así como en la organización de la oferta académica.
5. **La Comisión Interna para la Igualdad de Género**, es una comisión de reciente formación compuesta por siete miembros que representan a todos los grupos que componen a nuestra comunidad, además de dos miembros del cuerpo técnico. Sus objetivos son promover la carrera de física como una posibilidad profesional real y libre de prejuicios para las niñas y jóvenes, así como para disminuir y

erradicar las brechas de género que aún existen en la ciencia. El IF busca sensibilizar y concientizar a la comunidad sobre la importancia de la igualdad de género para contribuir a la igualdad de derechos y oportunidades para hombres y mujeres. En este momento se está definiendo en el reglamento interno de dicha comisión. Además se encarga de promover eventos que le permitan cumplir con sus objetivos.

6. **La Comisión de Bibliotecas** del Instituto de Física funge como un órgano consultivo en lo relacionado con asuntos bibliotecarios. Su integración se apega a los lineamientos establecidos en el Reglamento del Sistema Bibliotecario y de Información de la UNAM. En la Comisión de Biblioteca están representadas todas las áreas de investigación que existen en el Instituto por lo que la elección de sus miembros es con base en cada uno de los campos de conocimiento. Las actividades realizadas tienen por objetivo, analizar o sugerir propuestas de adquisición bibliográfica, pertinentes, suficientes y adecuados al plan de estudios; sugerir e implementar actividades de difusión, renovación o suscripción de las revistas y bases de datos, la adquisición de libros y todos los asuntos relacionados con la biblioteca. La Comisión tendrá por lo menos 3 reuniones de trabajo al año y está formada por siete integrantes de la comunidad académica.
7. **La Comisión Local de Seguridad** (CLS) tiene por objeto coadyuvar con la Comisión Especial de Seguridad (CES) del Consejo Universitario en el reforzamiento de la seguridad y protección civil de la comunidad del IF, así como en la lucha contra la violencia y otros actos ilícitos que ocurran en las instalaciones del IF y en sus intermediaciones, siempre que en este último caso se afecte a la Institución o a su comunidad. Asimismo, actuará en el estudio, sugerencia y adopción de medidas preventivas para casos de siniestro. La CLS del IF está formada por personal de las Subcomisiones Mixtas de Higiene y Seguridad del IF ante el STUNAM y el AAPAUNAM. Participa también el encargado de seguridad radiológica. Además, realiza, a través de las Subcomisiones Mixtas de Higiene y Seguridad las revisiones de seguridad en los laboratorios de manera periódica; esta Comisión realiza un recorrido a todas estas áreas del IF al menos una vez al año y las reuniones de la CLS se realizan trimestralmente.
8. **La Comisión de Evaluación Operativa de los Laboratorios** (COVOL) es una comisión estrechamente relacionada con la CLS, la cual lleva a cabo revisiones de estado actual, uso y necesidades de los laboratorios del IF.
9. **El Comité del Laboratorio Central de Microscopía** (LCM) entre sus funciones tiene: Conocer los proyectos y emitir recomendaciones para su mejor desarrollo, asignar, si así

se requiere, el equipo más adecuado a las necesidades planteadas en los proyectos presentados. Verificar que el LCM cumpla con las normas de seguridad requeridas, proponer a la Directora del IF, a los investigadores que fungirán como Coordinador de Proyectos y Vinculación y Coordinador Operacional del LCM, vigilar el buen uso de los ingresos que se obtengan por concepto de contratos de servicios o proyectos externos. Revisar y opinar sobre los convenios que el IF celebre con otras Instituciones en relación al LCM, evaluar periódicamente su funcionamiento y llevar a cabo las adecuaciones al presente reglamento para una mejor operación del mismo.

**10. El Comité Asesor de Comunicación** tiene como fin el coadyuvar y asesorar a la Unidad de Comunicación en la propuesta de temas de actualidad e interés para la divulgación de los trabajos del IF. Así como revisar los contenidos y seguir los lineamientos editoriales.

**11. El Comité Asesor de Cómputo** tiene entre sus funciones asesorar a la Dirección y al Secretario de Cómputo y Telecomunicaciones sobre las necesidades y objetivos, para mejorar y mantenerse al día en este rubro.

El IF también cuenta con varios representantes institucionales en las diferentes comisiones y consejos universitarios, los cuales se listan en el Apéndice I.

### 3. Producción Académica

#### 3.1 Publicaciones

Uno de los objetivos que se cumplieron en el año 2019, corresponde al número de publicaciones de los académicos del IF, incluyendo aquellas de los cinco Catedráticos CONACYT y los becarios posdoctorales fue de **348 artículos publicados**. De éstos, 324 pertenecen a revistas JCR, lo cual da un **promedio de 2.47 artículos JCR publicados por Investigadores y Catedráticos al año**. En número de artículos por cuartil en los últimos cinco años, tomando como referencia las bases de datos JCR y Web of Science, se muestran en la siguiente tabla.

Cuartil	2015	2016	2017	2018	2019
Q1	88	116	124	96	96
Q2	48	50	62	69	119
Q3	28	26	30	31	88
Q4	10	15	12	24	21
Sin cuartil	34	40	42	42	20
<b>Total</b>	<b>208</b>	<b>247</b>	<b>270</b>	<b>262</b>	<b>344</b>

Tabla 3.1.1 Número de artículos publicados por cuartil durante los últimos cinco años

Como puede observarse, durante el año 2019, se incrementó considerablemente el número de artículos publicados, a consecuencia del incremento de Investigadores y Técnicos Académicos en el IF en los últimos años, en donde 18 Investigadores y 6 Técnicos Académicos se incorporaron mediante el Subprograma de Incorporación de Jóvenes Académicos de Carrera (SIJA). No obstante, es de llamar la atención que pese a que el número de artículos publicados por el personal académico del IF aumentó, el número de artículos en el primer cuartil fue el mismo al del año anterior. Lo que se debe visualizar, reflexionar y encontrar los mecanismos para aumentar las publicaciones de los académicos del IF en revistas de mayor influencia en su área de investigación. También esto se explica por el hecho de que los académicos de nueva incorporación están consolidando sus carreras, el IF tomó un giro abriendo más áreas experimentales, las cuales tienen un desarrollo y tiempos diferentes de consolidación.

En la siguiente tabla se muestra la información anterior en porcentajes de los últimos cinco años con el fin de tener un comparativo. Se observa que en el año 2019 el porcentaje de artículos en el primer cuartil disminuyó, debido al aumento en el número total de publicaciones, las cuales se encuentran principalmente en los cuartiles dos y tres. También es importante señalar que el porcentaje de publicaciones en el último cuartil disminuyó, al igual que aquellas que no están indizadas. Lo que muestra el compromiso de los académicos a realizar investigaciones en la frontera del conocimiento.

Cuartil	2015	2016	2017	2018	2019
Q1	42	47	46	37	28
Q2	23	20	23	26	34
Q3	14	11	11	12	25
Q4	5	6	4	9	7
Sin cuartil	16	16	16	16	6
<b>Total (%)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

*Tabla 3.1.2 Porcentaje del número de artículos publicados por cuartil durante los últimos cinco años.*

En el periodo que se reporta se publicaron 348 artículos de investigación en revistas indizadas y cuatro memorias in extenso con arbitraje (Anexos A). En la tabla y las figuras siguientes se muestran las publicaciones por departamento, así como las publicaciones por año y el promedio de artículos por investigador por año de cada departamento. De acuerdo con estos datos, en el periodo el promedio de artículos por investigador y catedráticos (131) fue de 2.7, incluyendo artículos no pertenecientes a JCR.

Departamento	2015	2016	2017 <sup>1</sup>	2018	2019	Promedio 2019
Estado sólido (15 Inv.)	24	27	28	23	27	1.80
Física Experimental (21 Inv. + 2 Cat.)	71	99	72	65	110	4.78
Física Química (14 Inv.)	29	21	24	25	55	3.92
Física Teórica (23 Inv. + 1 Cat.)	50	56	43	35	46	1.92
Materia Condensada (16 Inv.)	22	27	45	47	51	3.18
Sistemas Complejos (12 Inv.)	15	23	31	32	40	3.33
Física Nuclear y Aplicaciones de la Radiación (11 Inv. + 1 Cat.)	0	0	36	35	65	5.42
Física Cuántica y Fotónica (14 Inv. + 1 Cat.)	0	0	15	22	41	2.73
Secretaría Académica	26	41	6	10	0	0
<b>Total</b>	<b>237</b>	<b>274</b>	<b>294</b>	<b>284</b>	<b>435<sup>2</sup></b>	<b>2.66<sup>3</sup></b>
Internacionales	234	263	287	272	342	
Nacionales	3	11	7	12	6	
Investigadores y catedráticos	112	125	129	130	131	
Promedio por investigador y catedrático	2.12	2.19	2.28	2.18	2.66	

*Tabla 3.1.3 Artículos publicados en los últimos cinco años por departamento*

<sup>1</sup> En el año 2017 se llevó a cabo una reestructuración de los departamentos, en el año 2019 ningún investigador quedó asociado directamente a la Secretaría Académica.  
<sup>2</sup> La suma del número de publicaciones por departamento es mayor al total de 348, ya que en algunas hay más de un autor del IF. Los años anteriores fueron repartidos en los departamentos, pero se desconoce el criterio utilizado.  
<sup>3</sup> Promedio del número total de publicaciones dividido entre el número total de investigadores.



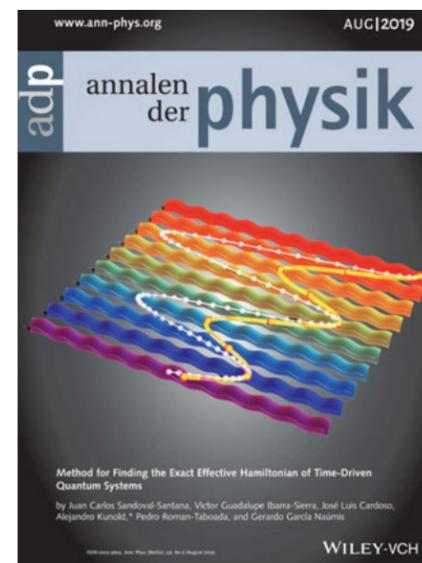
*Tabla 3.1.4 Número de artículos publicados en revistas de circulación nacional e internacional en los últimos cinco años por académicos del IF*



Tabla 3.1.5 Promedio de artículos publicados anualmente por investigador y catedrático durante los últimos cinco años

Revista	Artículos	F.I.
Nature Materials	1	38.6
Physics Reports	1	25.7
Accounts of Chemical Research	1	21.6
Nature Physics	1	19.2
Energy Storage Materials	1	16.2
Progress in Particle and Nuclear Physics	1	13.4
Journal of Materials Chemistry A	2	11.3
Proceedings of the National Academy of Sciences of The United States of America	1	9.4
Physical Review Letters	9	8.3
Astrophysical Journal Supplement Series	1	7.9
Acta Materialia	1	7.6
Solar Energy Materials and Solar Cells	1	6.9
Nanoscale	1	6.8
Applied Surface Science	3	6.1
Cancers	1	6.1

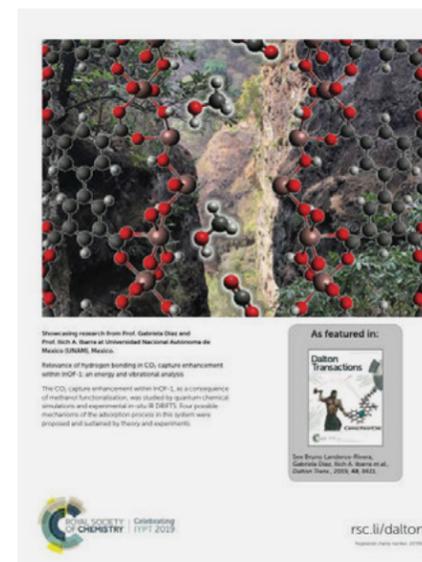
Tabla 3.1.6 Lista de los artículos publicados en el año 2019 en revistas con factor de impacto (FI) mayor a 6.



Entre los artículos publicados por académicos del IF, algunos de los que destacan son los siguientes: *Método que permite describir cómo evolucionará un sistema cuántico forzado a través del tiempo*. Desarrollado por investigadores del IF y la UAM. La investigación fue la portada del mes de agosto de la revista *Annalen der Physik*, una de las publicaciones más reconocidas de física en Alemania, y famosa porque Albert Einstein publicó en ella sus trabajos más célebres.

En el campo de la Óptica, Investigadores del IF lograron responder a la pregunta en el área de Óptica singular: *¿cuántos vórtices se necesitan para generar "speckle"?* El artículo sobre la investigación fue publicado en la revista *Optics Express*. Su contenido le valió la distinción Editor's Pick por los editores de la revista, ya que aporta contenido relevante para la comunidad científica en este campo.

En el área de Física Médica Investigadores del IF están utilizando ultrasonido cuantitativo para mejorar el diagnóstico de cáncer de mama, en México. Para diagnosticar la enfermedad de manera temprana, investigadores del IF desarrollaron una forma innovadora de usar el ultrasonido con el fin de generar imágenes más exactas que permitan distinguir entre lesiones malignas y benignas con mayor facilidad.



En el área de Nanociencias, Investigadores del IF estudiaron, mediante la Teoría de las Funcionales de la Densidad (DFT), la interacción de cúmulos bimetalicos Pt-Cu con la superficie de CeO<sub>2</sub> (111), empleando la técnica de optimización *Global Basin Hopping*. Usando la función de correlación de intercambio PBE + U, encontraron las geometrías estables y el ordenamiento químico energéticamente favorable para los grupos bimetalicos Pt-Cu tanto soportados en CeO<sub>2</sub> (111) como en fase gaseosa. La publicación fue merecedora de la portada del mes de julio de la revista *Physical Chemistry Chemical Physics*. Los anteriores, son algunos ejemplos de la investigación desarrollada en el año 2019.

Adicionalmente durante el año 2019, los académicos del Instituto publicaron 4 libros y 18 capítulos de libro (Anexo A), lo cual representa un ligero incremento respecto a lo reportado en el año 2018. Sin embargo, no supera a lo publicado en el año 2017 en el cual se tuvo un máximo, tal como se observa en el siguiente gráfico.

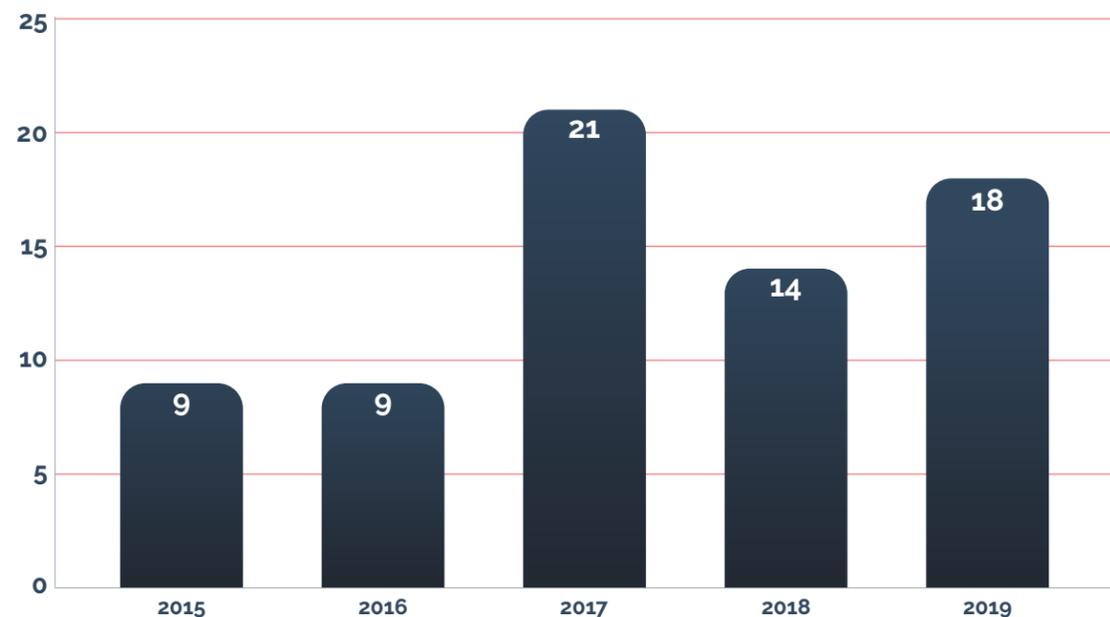


Tabla 3.1.7 Número de capítulos de libros publicados por académicos del IF en los últimos cinco años

Por lo que respecta a la difusión de los resultados de las investigaciones que se llevan a cabo en el IF, los académicos presentaron 271 trabajos en congresos internacionales y 189 en congresos nacionales (Anexo B).

### 3.2 Formación de Recursos Humanos

Parte esencial del IF es la formación de personal altamente calificado, y todos los departamentos participan en la formación de recursos humanos impartiendo cursos regulares y dirigiendo tesis a nivel posgrado y de licenciatura. En el 2019 el número de estudiantes asociados, de todos los niveles académicos fue de 526. Lo que muestra un aumento considerable en los estudiantes de licenciatura y maestría, particularmente. Como se muestra en la Tabla 3.2.1. Sin embargo, el número de tesis concluidas fue de tan solo 87. En la Tabla 3.2.2 mostrada a continuación se indica el número de tesis concluidas por nivel en los últimos años, así como por departamento en el año 2019 (Anexo C). Estas cifras muestran que este año se dirigieron 0.34 tesis de licenciatura por investigador, mientras que los promedios para maestría y doctorado son 0.22 y 0.13, respectivamente.

En los últimos años se observa una disminución en la dirección de tesis, siendo más notorio los niveles de licenciatura y maestría. Esto se debe principalmente a las diferentes modalidades de titulación y graduación actuales. También se observa un

ligero incremento en las tesis dirigidas de doctorado respecto al año 2018. Al hacer un análisis de estos datos se deduce que es necesario llevar a cabo algunas estrategias contempladas en el Plan de Desarrollo Institucional 2019–2023 para incrementar la formación de personal altamente calificado. Sin embargo, estas fueron suspendidas temporalmente por la emergencia sanitaria. A efecto de dar cumplimiento con las estrategias para atraer estudiantes y aumentar la oferta académica se deberán tomar acciones en la organización de la oferta de cursos en licenciatura y posgrado de acuerdo a las diferentes temáticas de investigación en el IF.

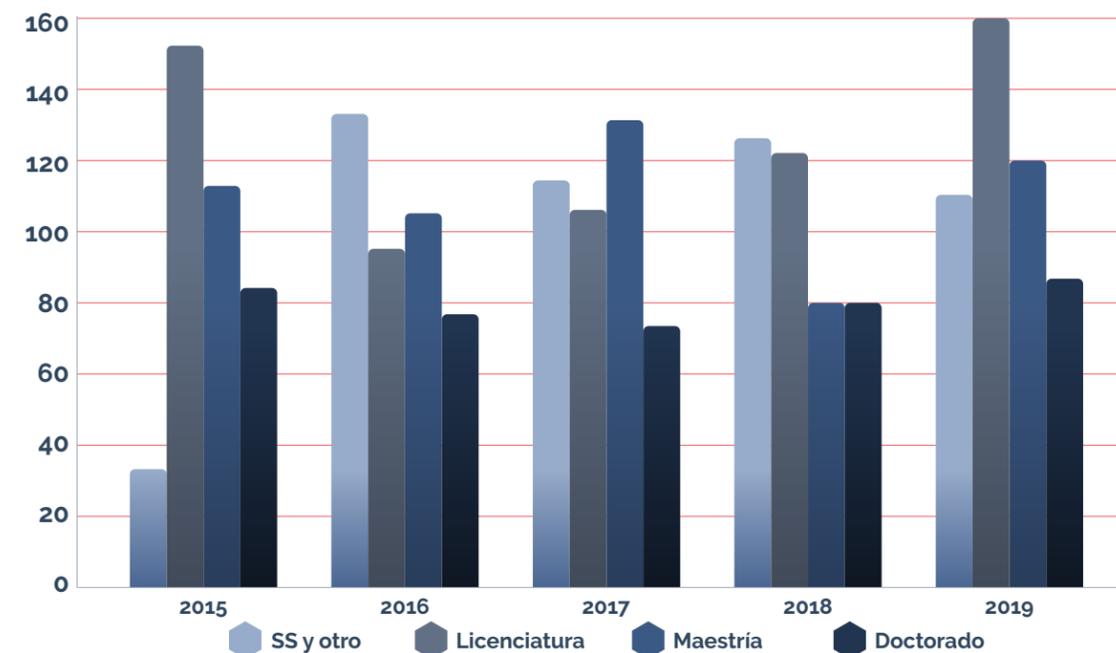


Tabla 3.2.1 Número de estudiantes asociados por categoría en los últimos cinco años. Servicio social, iniciación temprana a la investigación y ayudantes de investigador (SS y otros).

Nivel	2015	2016	2017	2018	2019
Licenciatura	39	49	47	44	43
Maestría	43	40	25	32	28
Doctorado	10	21	23	11	16
<b>Total</b>	<b>92</b>	<b>110</b>	<b>95</b>	<b>87</b>	<b>87</b>

Tabla 3.2.2 Tesis dirigidas por académicos del IF en los últimos cinco años



Tabla 3.2.3 Total de tesis dirigidas de todos los niveles en los últimos cinco años

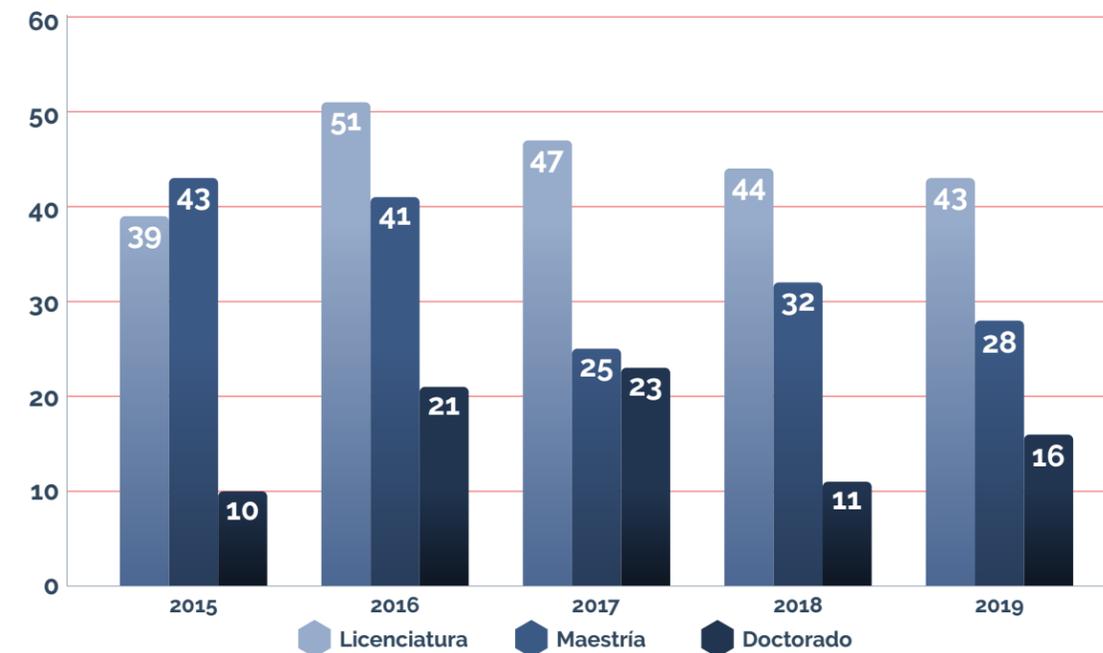


Tabla 3.2.5 Número de tesis dirigidas por grado en los últimos cinco años

En la siguiente Tabla se muestra el número de tesis dirigidas por departamento en cada uno de los tres niveles durante el 2019. Cabe aclarar que los Departamentos de Física Experimental y Física Teórica son los que tiene el mayor número de investigadores.

Departamento	Licenciatura	Maestría	Doctorado	No. Tesis	Tesis/Inv
Estado Sólido (15 investigadores, 3 Téc. Acad.)	3	1	0	4	0.27
Física Experimental (23 investigadores, 9 Téc. Acad.)	12	8	6	26	1.13
Física Química (14 investigadores, 3 Téc. Acad.)	4	1	2	7	0.5
Física Teórica (24 investigadores)	1	7	4	12	0.5
Materia Condensada (16 investigadores, 9 Téc. Acad.)	6	0	1	7	0.44
Sistemas Complejos (12 investigadores, 1 Téc. Acad.)	0	3	1	4	0.33
Física Nuclear y Aplicaciones de la Radiación (12 investigadores, 5 Téc. Acad.)	6	5	0	11	0.92
Física Cuántica y Fotónica (15 investigadores, 2 Téc. Acad.)	9	2	2	13	0.87
Unidades de apoyo y posdocs	2	1	0	3	-
<b>Total</b>	<b>43</b>	<b>28</b>	<b>16</b>	<b>87</b>	<b>0.66</b>

Tabla 3.2.4 Dirección de tesis en el IF por departamento durante el año 2019

### 3.3 Docencia

Por lo que respecta a las actividades docentes del personal académico del IF, en la siguiente tabla se muestra el número de cursos impartidos en los últimos cinco años. Se observa que, a partir del año 2016, se ve reflejado un incremento en el número de cursos impartidos tanto a nivel licenciatura como posgrado por académicos en el IF. En la siguiente tabla se indican los cursos impartidos en los últimos cinco años por el personal académico del IF y en el Anexo D, se puntualizan los nombres de los cursos impartidos. **El promedio del número de cursos impartidos por los Investigadores y Catedráticos del Instituto en el año 2019 fue de 1.7 cursos al año.** Mientras que el promedio del número de cursos impartidos por los Técnicos Académicos del Instituto en el año 2019 fue de 0.7 cursos al año. Cabe mencionar, que esta no se considera como una actividad primordial para los Técnicos Académicos, pero sí para Investigadores y Catedráticos.

**El total de cursos impartidos es de 256** y es importante mencionar que **alrededor de 70 de estos cursos se llevan a cabo dentro de las instalaciones mismas del IF.** Es de destacar dos puntos, el incremento constante en la impartición de cursos, y el hecho de que los Catedráticos se han incorporado exitosamente en esta actividad en los últimos años.

Nivel	2015	2016	2017	2018	2019
Licenciatura	159	164	151	161	158
Posgrado	44	98	79	85	98
<b>Total</b>	<b>203</b>	<b>262</b>	<b>230</b>	<b>252</b>	<b>256</b>

Tabla 3.3.1 Cursos impartidos por nivel en los últimos cinco años



Tabla 3.3.2 Total de cursos impartidos en los últimos cinco años por personal académico del IF.

Nivel	2015		2016		2017		2018		2019	
	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P
Investigadores	134	64	136	93	118	75	140	79	126	92
Técnicos Acad.	22	3	28	5	33	4	27	5	32	6
<b>Total</b>	<b>156</b>	<b>67</b>	<b>164</b>	<b>98</b>	<b>151</b>	<b>79</b>	<b>167</b>	<b>84</b>	<b>158</b>	<b>98</b>

Tabla 3.3.3 Cursos por nivel (L=licenciatura, P=posgrado) y por categoría en los últimos cinco años

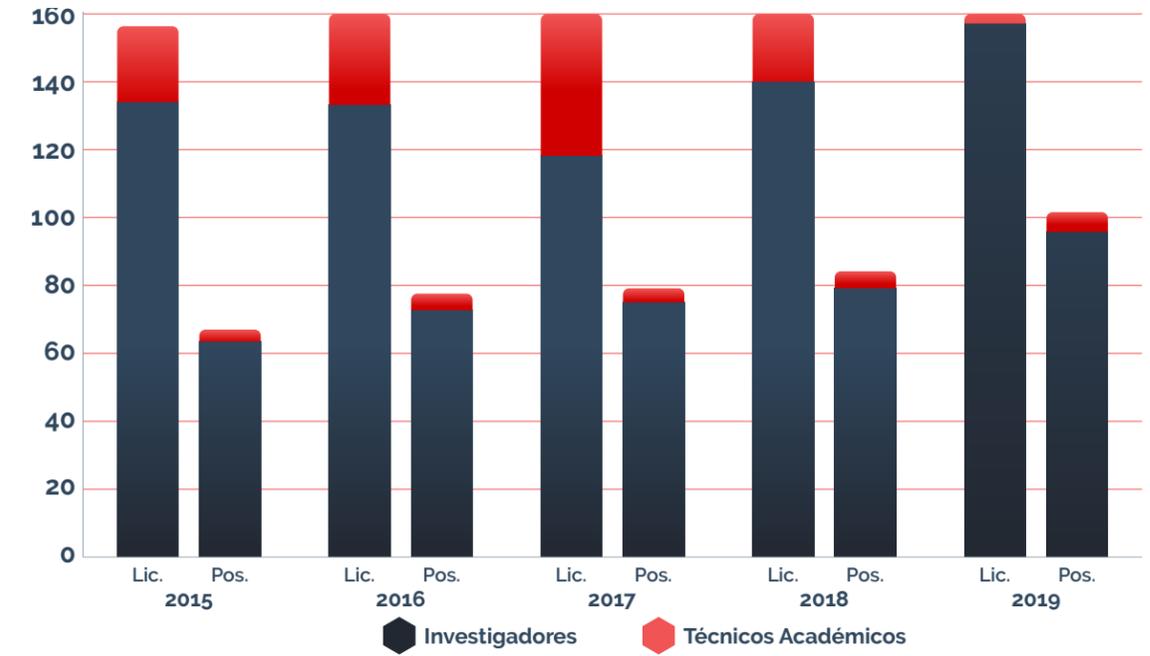


Tabla 3.3.4 Cursos impartidos por nivel y categoría en los últimos cinco años

### 3.4 Difusión y Divulgación

En torno a la difusión del conocimiento generado en el IF se busca dar continuidad a la presencia de los miembros del Instituto en los diferentes foros. Durante el año 2019 los académicos del IF participaron como **ponentes y/o organizadores en 635 eventos científicos**, tales como congresos, coloquios y seminarios (Anexos B y E). Otro aspecto importante, son las actividades de divulgación en donde se publicaron 23 artículos, además de 35 reportes técnicos (Anexo A).

Algunos de los congresos de carácter internacional en los que se hizo presencia son: *24th International Conference on Medical Physics*; 1er Taller Internacional sobre Tecnologías Cuánticas; International Materials Research Congress 2019; *The 1st Latin American Radiocarbon Conference*; Conferencia Internacional sobre Polímeros y Materiales Avanzados; XX Conferencia Internacional Sol-Gel; 19ª Conferencia Internacional de Dosimetría del Estado Sólido y el VI Congreso Latinoamericano de Arqueometría 2019; *Southern Wide Field-Of-View Gamma Ray Observatory*. Dentro de los eventos nacionales los académicos y estudiantes del IF asistieron al LXII Congreso Nacional de Física; 43º Simposio sobre Física Nuclear; XVII Taller Mexicano sobre Campos y Partículas; VII Taller de Espectrometría de Masas con Aceleradores; XII Reunión de la División de Información Cuántica 2019, entre otros eventos.

Por otra parte, el IF desde su fundación tiene la tradición de organizar eventos académicos en sus instalaciones, tales como coloquios y seminarios con temas afines a los diferentes departamentos del IF, de los cuales se realizaron **175 seminarios** (Anexo E). Entre ellos se tienen los Coloquios del IF, donde los ponentes son reconocidos investigadores a nivel internacional de los cuales se realizaron 8. En el año 2019 destaca el coloquio que impartió el Prof. Takaaki Kajita, Premio Nobel de Física 2015. Entre los seminarios departamentales que se llevan a cabo periódicamente están los siguientes: Manuel Sandoval Vallarta, Sotero Prieto, Física Médica, Ángel Dacal, Lunch Nuclear, Cosmología, Sistemas Complejos, Física Estadística, de Técnicos Académicos y de Estudiantes Asociados. Adicionalmente, se llevan a cabo seminarios de los tutores del Posgrado en Ciencias Físicas. Por otro lado, se realizaron 19 eventos académicos en las instalaciones del IF, además de 7 eventos culturales, como cinedebate y recitales musicales.

### 3.5 Intercambio Académico y Sabáticos

A fin de fortalecer y difundir la movilidad entre los académicos del IF, la Secretaría Académica supervisa y coordina los trámites del personal académico del Instituto. En el marco del Programa de Intercambio Académico que ofrece la UNAM, en el año 2019, nueve académicos del IF asistieron a diversas instituciones nacionales y fuera del país, y seis investigadores de otras instituciones visitaron nuestro Instituto.

Por otra parte, cinco Investigadores del Instituto realizaron su estancia sabática en diferentes instituciones del país y del extranjero, en el marco del Programa de Superación Académica, dos en España (Centro Nacional de Aceleradores, Universidad Autónoma de Madrid respectivamente), otra en las Universidades de Sonora y Baja California, una más en el Instituto Politécnico Nacional y otra en Alemania (Universidad Johannes Gutenberg de Mainz). Cuatro investigadores más del IF finalizan su estancia sabática en el año 2020. Adicionalmente varios académicos del IF realizaron estancias de trabajo en diferentes instituciones nacionales e internacionales, y se recibieron varias visitas de investigadores de diferentes universidades nacionales e internacionales (Anexo F).

El IF cuenta con diferentes Cátedras con las que se estimula la visita de profesores distinguidos en diferentes áreas del conocimiento. La Cátedra Tomás Brody tiene como propósito promover el desarrollo de investigaciones en el área de Física Teórica, con especial énfasis en las disciplinas que trabajó el Ing. Tomás Brody, entre las que se encuentran: Física Compu-



Detector de Partículas  $V_0$ , Experimento ALICE.

tacional, Fundamentos de la Mecánica Cuántica, Probabilidad y Estadística y Problemas Filosóficos de la Ciencia. La Cátedra Ángel Dacal Alonso tiene como objetivo invitar a distinguidos investigadores extranjeros del más alto nivel para que impartan cátedras y colaboren en proyectos de investigación en el Instituto de Física. Se darán preferencia a aquellas propuestas que contribuyan a promover el establecimiento de proyectos novedosos en los campos de Física Experimental con especial énfasis en Física Nuclear, Aplicaciones en Técnicas Nucleares e Instrumentación y Desarrollo de Equipos Científicos. La Cátedra Elena Aizen de Moshinsky tiene como objetivo invitar a distinguidos investigadores para que impartan cátedras y colaboren en proyectos de investigación en Física Teórica. Las cátedras brindan apoyo económico consistente en el pago de viáticos y/o pasajes que permiten anualmente, que profesores de excelente nivel académico puedan realizar estancias que van de dos a seis semanas.

### 3.6 Colaboraciones Internacionales

Doce Investigadores del IF participan en varias colaboraciones internacionales. Entre ellos, el observatorio HAWC (*High Altitude Water Cherenkov Observatory*), localizado en el Volcán Sierra Negra, Puebla, en él se ha revelado un catálogo de nueve regiones de nuestro universo que emiten rayos gamma de alta energía, lo que las hace la fuente de rayos cósmicos de mayor energía reportadas hasta el momento. Se participa también en la colaboración ALICE (*A Large Ion Collider Experiment*), donde en el año 2019, académicos del IF desarrollaron un nuevo detector de partículas que se instaló en el LHC (*The Large Hadron Collider CERN*). Otros proyectos internacionales en los que se participa son DESI (*Dark Energy Spectroscopic Instrument*), que tiene como objetivo estudiar la naturaleza y dinámica de la energía oscura en diferentes escalas cosmológicas; El Laboratorio Canadiense SNOLAB, ubicado a dos km bajo tierra y cuyo objetivo es la búsqueda de la materia oscura y el estudio de la física de neutrinos, para este laboratorio un académico y sus becarios posdoctorales realizan modelos para tres grandes detectores, PICO, SBC y DEAP. En esta misma línea de investigación, el laboratorio LABChico será el primer laboratorio subterráneo en México, construido a 100 metros de profundidad dentro de una montaña en Mineral del Chico, Hidalgo. Se buscará, por primera vez en el país, medir la radiación natural de la zona y detectar materiales contaminantes, principalmente plomo en agua u otros sitios. El proyecto cuenta con financiamiento del programa británico *Global Challenges Research Fund* (GCRF), se busca propiciar un acercamiento directo entre la ciencia y la sociedad, la gente

podrá conocer el laboratorio, además de llevar muestras de agua u otros materiales para ser analizados y descubrir su nivel de radioactividad por medio de detectores de alta tecnología. El número de artículos pertenecientes a estas grandes colaboraciones representan aproximadamente el 25% de la producción total del IF.

Un grupo de investigadores y estudiantes del IF construyeron un importante instrumento que se envió al Gran Colisionador de Hadrones, ubicado en el Centro Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN), en Suiza. Bajo el liderazgo del investigador Varlen Grabski, el grupo también integrado por Rubén Alfaro Molina y Arturo Menchaca, todos ellos investigadores del IF, así como varios de sus estudiantes, desarrollaron totalmente en México el denominado Vo+, un detector de partículas que se instaló en el Experimento ALICE del Gran Colisionador de Hadrones (LHC). <https://www.fisica.unam.mx/es/noticias.php?id=2018>

El 22 de octubre cerca de las 7 de la noche, el instrumento conocido como DESI miró al cielo, enfocó sus "ojos" en la galaxia M33 y registró el espectro de su luz, el primero de los 40 millones de espectros que medirá durante los próximos 5 años y con los que será posible construir el mapa tridimensional del Universo más preciso de la historia. Con esto, se dio el banderazo de salida de dicho instrumento, en el que colaboran más de 30 mexicanos, entre ellos dos del IF: Axel de la Macorra, líder de la participación mexicana, y Mariana Vargas Magaña. <https://www.fisica.unam.mx/es/noticias.php?id=2037>

El 10 de julio de 2019, 36 instituciones de nueve países, entre ellos México a través del proyecto HAWC, firmaron oficialmente un acuerdo para crear una nueva colaboración internacional con el objetivo de hacer la investigación y el desarrollo de la tecnología necesaria para construir un nuevo observatorio de rayos gamma de campo de visión amplio que estará ubicado en Los Andes y que cubrirá el hemisferio sur. Este observatorio complementará al observatorio HAWC de rayos gamma situado en el volcán Sierra Negra, Puebla, en el hemisferio norte. Con esto, se unifica una comunidad mundial alrededor del proyecto SWGO de diferentes grupos dedicados a este campo. Afirmó Andrés Sandoval, investigador del Instituto de Física de la UNAM, portavoz de la colaboración HAWC y representante del consorcio de instituciones mexicanas participando en el proyecto SWGO. <https://www.fisica.unam.mx/es/noticias.php?id=1945>



Rocio  
Jáuregui  
Renaud



Saúl  
Ramos  
Sánchez



María  
Ester  
Brandan



Rosario  
Paredes  
Gutiérrez

### 3.7 Premios y Reconocimientos

Durante el año 2019, académicos y estudiantes asociados al IF recibieron múltiples e importantes reconocimientos, entre ellos se encuentran los siguientes:

La Investigadora del IF, Rocio Jáuregui Renaud, fue designada por el Consejo Universitario como nueva integrante de la Junta de Gobierno de la UNAM en su sesión del 12 de febrero.

El Dr. Saúl Ramos Sánchez fue condecorado con el Reconocimiento Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos 2019, en el Área de Docencia en Ciencias Exactas. Un reconocimiento que valora su trayectoria docente y su constante esfuerzo en la formación de especialistas en física de altas energías dentro y fuera de la UNAM.

La Investigadora María Ester Brandan Siqués se convirtió en la segunda mujer del IF en ser nombrada emérita por el SNI, la máxima distinción que otorga a académicos sobresalientes.

La Dra. Rosario Paredes Gutiérrez, recibió el reconocimiento Sor Juana Inés de la Cruz por parte de la UNAM. Este reconocimiento honra el trabajo, talento y compromiso institucional de la Dra. Paredes en las áreas de investigación, docencia y difusión de la cultura.

Los estudiantes asociados Rafael Díaz Hernández Rojas y Edgar Calva Coraza egresados de la Maestría en Ciencias (Física y Física Médica, respectivamente) fueron galardonados con la medalla Alfonso Caso que otorga el Consejo Universitario de la UNAM.

El Dr. Pedro Eduardo Román Taboada, quien realizó el doctorado en el IF bajo la asesoría del investigador Gerardo García Naumis, recibió el premio Weizmann 2018 en la categoría de ciencias exactas por parte de la Academia Mexicana de Ciencias.

La División de Partículas y Campos de la Sociedad Mexicana de Física, entregó la medalla de honor al Dr. Paul Artur Jens Erler. <https://www.fisica.unam.mx/es/noticias.php?id=1771>

Dentro de los eventos que enorgullecen el trabajo que realizan nuestros académicos, también se encuentra la labor tan importante como la realizada por el Investigador Víctor Romero Rochín como Coordinador de las Olimpiadas de Física, que organiza la Sociedad Mexicana de Física (SMF). Con un ré-

cord de 45 medallas para México en justas internacionales y tras ocho años como coordinador, Víctor Romero Rochín deja un proyecto consolidado y con "vida propia" para permanecer en el futuro. <https://www.fisica.unam.mx/es/noticias.php?id=1799>

### 3.7.1 Premios Otorgados por el IF

En cuanto a los premios otorgados por el IF, en este periodo se entregó la Medalla Marcos Moshinsky 2019 al Dr. Gabriel Merino, investigador del Cinvestav Unidad Mérida, para distinguir las aportaciones notables de científicos nacionales al campo de la Física Teórica.

La M. en C. María Cristina Garza Lozano, recibió el Premio IF para Técnicos Académicos, el cual reconoce las labores técnicas de apoyo a la investigación y su gran trayectoria académica.

Seis jóvenes Investigadores recibieron las Cátedras Marcos Moshinsky, las cuales se entregan junto con la Fundación Marcos Moshinsky. Estas Cátedras tienen el propósito de reconocer el trabajo de jóvenes investigadores que están en vías de consolidar una carrera científica. Los galardonados en el área de Ciencias Físicas fueron: César Fernández Ramírez, del Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM; Guillermo Iván Guerrero García, del IF de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí; y Laurence Sabin, del Instituto de Astronomía, UNAM. En Matemáticas, el ganador fue Cristóbal Núñez Betancourt, del Centro de Investigaciones en Matemáticas, A.C. (CIMAT). Finalmente, en las áreas Químico-Biológicas, los ganadores fueron Fatuel Tecuapetla Aguilar, del Instituto de Fisiología Celular, UNAM y Ranier Gutiérrez Mendoza, del Departamento de Farmacología, CINVESTAV-IPN.

Por lo que respecta a las Medallas y Diplomas Juan Manuel Lozano Mejía, el cual reconoce la alta calidad de los trabajos de tesis de Licenciatura, Maestría y Doctorado de los estudiantes asociados dirigidas por académicos del IF. El 7 de febrero del 2020 la Medalla a nivel doctorado se le otorgó a Diego Mauricio Gómez Coral, asesorado por el investigador Arturo MENCHACA; la Medalla a nivel maestría se le otorgó a José Gabriel Mercado Vásquez, asesorado por el investigador Denis Boyer, y la Medalla a nivel licenciatura se le otorgó a Elizabeth Mendoza Sandoval, asesorada por el investigador Giuseppe Pirruccio. En el Anexo G se indican todos los nombres de los estudiantes galardonados con la Medalla y el Diploma "Juan Manuel Lozano Mejía", así como la lista de ganadores del concur-



Gabriel Merino



María Cristina Garza

so de "Carteles de Divulgación" en el que participaron los estudiantes asociados del IF. <https://www.fisica.unam.mx/es/noticias.php?id=2126>

### 3.8 Vinculación con la Sociedad y Sector Productivo

Uno de los objetivos del IF es estrechar lazos con la sociedad, el sector gubernamental, el sector productivo nacional e internacional con el fin de mejorar la transferencia de conocimiento y la innovación. En este sentido, en el año 2019 se comenzó a trabajar en un plan de vinculación y comunicación que nos permita buscar recursos, transferir conocimiento, tener presencia en la sociedad y formar parte activa de la cultura. En particular la Unidad de Vinculación del IF tiene como misión el incrementar las oportunidades de vinculación entre el IF y el sector privado, así como con otras instituciones del Sistema Nacional de Innovación y comercializar los conocimientos generados por sus Académicos y Técnicos, con ello se busca crear una cultura de innovación para el desarrollo y crecimiento de México. En este ámbito, destaca el cumplimiento de una de las metas establecidas en el Plan de Desarrollo Institucional, ya que en el año 2019 se llevó a cabo el evento "Destino: Innovación 2019", en colaboración con la Facultad de Ciencias, cuyo objetivo fue el diseño de mesas de negocios en las que los académicos presentaron a los integrantes de los sectores industriales sus trabajos de investigación y desarrollo tecnológico e innovación, así como sus servicios tecnológicos, para una potencial vinculación. Se gestionaron 16 convenios de colaboración, y se mantiene el Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) de los Laboratorios del IF (SGC-Labs IF) bajo un Sistema Integrado en las Normas Internacionales ISO9001 "Requisitos para los sistemas de gestión de la calidad" e ISO17025 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo", atendiendo auditorías internas y externas para evaluar el SGC de los laboratorios del IF. También se prepararon carteras de proyectos y servicios con los cuales se tuvieron acercamientos con la SECTEI y CONAGUA.

Por otro lado, nuestros académicos participan activamente en diferentes iniciativas para difundir la física como parte de la cultura. Por ejemplo, la iniciativa NiñaSTEM Pueden, impulsada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y la Secretaría de Educación Pública (SEP), para motivar a niñas de secundaria a que estudien carreras de ciencia, tecnología, ingeniería o matemáticas (STEM por sus siglas en inglés). Se llevan a cabo investigaciones dirigidas a mejorar el medio ambiente, a mejorar la detección oportuna de diferentes enfermedades, así como para preservar y estu-

diar nuestra herencia cultural. Nuestra comunidad, es una comunidad comprometida con las causas más apremiantes y justas que aquejan a nuestro país y al mundo, y desde nuestro instituto se estudian los problemas y se proponen soluciones.

### 3.9. Financiamiento a la Investigación

Durante el año 2019, 108 proyectos recibieron financiamiento para el desarrollo de sus investigaciones, de ellos 42 se concluyeron. Del total de proyectos, 68 corresponden a recursos otorgados por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), de los cuales 33 se concluyeron y 23 son nuevos proyectos en el 2019. Adicionalmente el IF recibió apoyo del CONACyT y de organismos externos como la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México (SECTEI) para el financiamiento de proyectos de investigación; durante este periodo se desarrollaron 40 proyectos con financiamiento, de los cuales 9 llegaron a su fin.

En las siguientes tablas se muestra el financiamiento obtenido por el IF en los últimos cinco años, de parte de DGAPA-UNAM a través de los proyectos PAPIIT y del CONACyT, así como por ingresos extraordinarios. Cabe resaltar que el año 2019 fue un año en el que el CONACyT cambió sus políticas de apoyo a la ciencia, sobre todo respecto a los apoyos económicos otorgados a los Laboratorios Nacionales (LEMA, HAWC, LANMAC y LANCIC) con que cuenta el IF, reduciendo significativamente el monto total.

Financiamiento	2015	2016	2017	2018	2019
CONACyT	49.44	57.72	27.30	35.76	20.81
PAPIIT	10.78	14.42	13.97	12.41	11.17
Ingresos extraordinarios y concurrentes	10.78	14.42	13.97	12.41	8.79
<b>Total</b>	<b>75.62</b>	<b>86.26</b>	<b>55.04</b>	<b>57.51</b>	<b>40.77</b>

*Tabla 3.9.1 Financiamiento a la investigación en los últimos cinco años (millones de pesos)*

## 4. Actividades Departamentales

### 4.1 Estado Sólido

Después de la reestructuración de los departamentos llevada a cabo en el año 2017, el Departamento de Estado Sólido quedó conformado con 15 Investigadores y tres Técnicos Académicos. En este departamento se realiza investigación sobre propiedades ópticas, eléctricas y magnéticas de sistemas cristalinos y amorfos, orientada de manera especial a materiales nanoestructurados con aplicaciones en fotónica y nanociencia. Otras líneas de investigación son la adsorción de átomos y moléculas individuales en superficies; influencia en la respuesta óptica no lineal de nanocompuestos metálicos y puntos cuánticos; propagación de ondas en medios inhomogéneos; interacción radiación materia en sólidos cristalinos, entre otras.

A mediano y largo plazo el departamento tiene como propuesta orientar el uso de nanoestructuras de diversos tipos y configuraciones, y su adaptación con modelos que predigan el comportamiento óptico. La respuesta que se espera de los sistemas bajo estudio puede ser lineal o no lineal. Se están desarrollando experimentos para medir magnitudes que caractericen a la conducción eléctrica y la magnetización, orientadas principalmente a sistemas mono y bidimensionales, y a sistemas del orden nanométrico, y poder así, acercarse a los pocos modelos existentes de transporte eléctrico y magnetización en este tipo de sistemas.

Por otro lado, las líneas de nanofotónica, plasmónica y óptica cuántica son fundamentales en el desarrollo, a corto, mediano y largo plazo, de nuevos dispositivos optoelectrónicos que permitan, entre otras cosas, continuar con la aplicación de la Ley de Moore y con el desarrollo de computadoras cuánticas. En la actualidad, la caracterización cristalográfica de estos materiales, en el IF, se restringe a la determinación del tipo y tamaño de red de Bravais, del alcance del orden de la periodicidad traslacional y del acercamiento a la determinación de su estructura. Se planea contar con la capacidad de determinar estructuras cristalográficas a partir de datos de difracción de rayos X por monocristales. Se tiene contemplado avanzar en el desarrollo de configuraciones apropiadas de equipamiento para poder obtener información experimental de los objetivos propuestos.

### 4.2 Física Cuántica y Fotónica

Durante la reestructuración de los departamentos llevado a cabo en el año 2017, se creó el Departamento de Física Cuántica y Fotónica, el cual quedó integrado por 15 Inves-

tigadores y dos Técnicos Académicos. El objetivo del departamento es realizar investigación experimental y teórica de vanguardia sobre las propiedades fundamentales de sistemas cuánticos en general, de la luz, y el acoplamiento de ésta con la materia. Las líneas de investigación que se cultivan en el departamento dan lugar a una variedad temática importante que abarca áreas como mecánica cuántica y semiclásica, óptica, estructura de la materia, interacción radiación-materia, física estadística y física de la información, entre otros.

El departamento cuenta con cuatro laboratorios actualmente, uno de ellos ya ha dado resultados de impacto internacional, mientras que los otros se encuentran en fase de consolidación para abordar las áreas arriba descritas y uno más se encuentra en desarrollo. Todos están en condiciones de crecimiento. En lo que respecta a la parte teórica, el departamento tiene investigadores tanto maduros como jóvenes, con experiencia e impacto en diversas áreas de la física atómica y de muchos cuerpos. A continuación, se describen los principales logros obtenidos durante el año 2019.

Se logró la descripción de superfluidez no convencional en gases dipolares de Fermi en 2D. Se concluyó la investigación de Condensados de Bose-Einstein en trampas armónicas en dimensiones 3, 2 y 1. Particularmente, se realizó un estudio comparativo de las soluciones estacionarias y dinámicas de la ecuación de Gross-Pitaevskii en 3D con las aproximaciones en 1D y 2D. Por otra parte, se lograron avances significativos en el estudio de la evolución temporal de gases degenerados ante condiciones iniciales diversas, así como en el estudio de las propiedades estructurales y radiativas de moléculas homonucleares formadas por un átomo de Rydberg y un átomo con configuración cercana al estado base. Se continuó con el estudio sobre efectos de retardo en el intercambio de fotones entre átomos de Rydberg cercanos y con el estudio de los efectos ópticos no lineales resultantes de la interacción de luz estructurada con redes atómicas naturales y artificiales.

Se reportó el descubrimiento teórico sobre los exponentes críticos correctos de la transición a la condensación de Bose-Einstein, dando a su vez la explicación de por qué desde los 60's del siglo pasado se habían hallado de forma incorrecta. Abordó de manera original la forma asintótica la función de onda de los pares de Cooper, así como de las funciones de correlación de densidad del fluido, a lo largo del cruzamiento BEC-BCS de un gas de fermiones ultrafrío, como resultado de este estudio se graduó un estudiante de maestría del PCF y se envió un artículo a publicación. Se continuaron desarrollando

los estudios de la dinámica de partículas brownianas en potenciales de energía extendidos y patrones de luz complejos, de estos estudios se publicaron cinco artículos en revistas de circulación internacional. Se continuó trabajado en las líneas de investigación de generación y aplicaciones de campos ópticos estructurados; formación de solitones espaciales y guías de onda inducidos en medios coloidales; generación y estudio de campos acústicos estructurados; analogías entre sistemas ópticos no-lineales y condensados de Bose-Einstein, y el estudio de sistemas dinámicos por medio de técnicas de micromanipulación óptica.

### 4.3 Física Experimental

En el Departamento de Física Experimental se utilizan y diseñan técnicas experimentales basadas en radiación para realizar investigación básica y aplicada. Por ejemplo, se estudia el uso de la radiación en medicina, en la generación de imágenes biomédicas y en el estudio y conservación del patrimonio cultural. Se investiga la modificación de materiales por iones y se desarrolla instrumentación para estudiar la formación de astropartículas y antimateria, obtener imágenes a partir de radiación atmosférica, y detectar radiación cósmica y gamma de alta energía. El Departamento de Física Experimental está integrado por 23 Investigadores y nueve Técnicos Académicos, los cuales están organizados en cinco grupos de trabajo:

- Grupo de Fenómenos en Sistemas Microestructurados (FESMI), en este grupo se encuentra el Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC)
- Grupo de Dosimetría y Física Médica (DOSIFICAME)
- Laboratorio de Imágenes Biomédicas (LIB)
- Grupo de Astropartículas y Astrofísica de Altas Energías (HAWC)
- Grupo de Física Nuclear y Sub-nuclear (FINSU)

En este periodo los principales logros del Departamento de Física Experimental se resumen de acuerdo a los grupos de investigación constituidos y los laboratorios nacionales.

#### 4.3.1 Grupo de Fenómenos en Sistemas Microestructurados (FESMI)

Durante este periodo se continuó trabajando en el grupo en el estudio de las propiedades ópticas de nanopartículas de Pt sintetizadas en sílice por implantación de iones, obteniéndose resultados novedosos como su fotoluminiscencia y propiedades ópticas no lineales. Como resultado relevante se obtu-

vieron nanocompuestos híbridos de nanopartículas de Pt y Si en sílice que pueden ser excitados en intervalos espectrales importantes para las aplicaciones de la fotónica.

En el caso particular de las muestras de arreglos ordenados de nanoestructuras metálicas de oro y plata, fabricadas por evaporación térmica o implantación de iones en combinación con la litografía por nanoesferas (NSL), fue posible usarlas con éxito como potenciales sustratos para aplicar la técnica SERS (*Surface-Enhanced Raman Spectroscopy*) en la detección amplificada de la señal Raman de moléculas de rodamina 6G.

#### **4.3.2 Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC)**

Por otra parte, el grupo FESMI ha avanzado de manera significativa en la consolidación del LANCIC, dando continuidad a la aplicación de nuevas técnicas espectroscópicas combinadas con metodologías de imagenología, como la imagen hiperespectral, que es una infraestructura única en el país. Todas las metodologías desarrolladas son adecuadas para estudios no destructivos de colecciones y materiales de interés histórico. En este periodo destacan los estudios de las pinturas murales mayas de Calakmul, Chiapas, y el ajuar de Garra de Jaguar de piedra verde y cuatro máscaras mayas de otras ofrendas funerarias del mismo sitio. Asimismo, se pueden mencionar los estudios de los incensarios del sitio maya de Palenque y las bolas de hule Olmecas de El Manatí, y la paleta de colores de Diego Rivera del acervo del Museo Casa Estudio.

Es importante resaltar la integración del LANCIC al proyecto de red europea "*Integrated Platform for the European Research Infrastructure on Heritage Science* (IPERION-HS) asociada a la *European Research Infrastructure for Heritage Science (E-RIHS PP)*", vinculando así al LANCIC con los 20 grupos más avanzados en este ámbito de investigación de Europa, Israel, y del continente americano (USA y Brasil), con excelentes perspectivas para la proyección internacional del laboratorio.

#### **4.3.3 Grupo de Dosimetría y Física Médica (DOSIFICAME)**

En dosimetría básica en materiales dosimétricos se calcularon secciones eficaces para electrones de baja energía en aislantes que sirven como dosímetros; se propusieron límites en la integración sobre la transferencia de momento y energía y se concluyó la necesidad de incluir a los excitones en los cálculos. Se estudió la dependencia de la respuesta de películas radiocrómicas irradiadas con fotones de baja energía con la transferencia lineal de energía (LET). Se usaron los materiales CaF<sub>2</sub>: Tm (TLD-300) y LiF:Ti,Mg (TLD-100) para evaluar la

energía del campo de radiación secundaria y la dosis fuera-del-haz de un linac usado en radioterapia en el Hospital Médica Sur.

Vinculado a la imagen molecular preclínica y sistemas de transporte y liberación de fármacos/radionúclidos, se investigaron técnicas de microfotografía computarizada contrastada y de resta de imágenes de la columna vertebral en un modelo experimental de lesión, y para el proceso de regeneración ósea en mandíbula y cráneo de roedores de experimentación.

Respecto al tema de imágenes médicas, anatómicas y funcionales, se desarrollaron biomarcadores no invasivos basados en elastografía por ultrasonido para caracterizar cambios mecánicos del cérvix uterino durante el embarazo y se inició la implementación de algoritmos de análisis de retrodispersión ultrasónica para la caracterización de lesiones mamarias. Se iniciaron colaboraciones del Laboratorio de Ultrasonido Médico con el Instituto Nacional de Perinatología y el Centro Nacional de Equidad de Género y Salud Reproductiva de la Secretaría de Salud.

Dentro de las aplicaciones médicas de la dosimetría y control de calidad de procedimientos, se completó el análisis del desempeño de sistemas de mastografía con tecnología CR usados en servicios de salud mexicanos, y se detectó una pobre calidad de la imagen; esto se asoció a falta de mantenimiento y de control de la calidad, y ausencia de físicos médicos. El diseño del maniquí TL de mama M3D se adaptó a grosores de mama entre 2 y 7 cm.

#### **4.3.4 Laboratorio de Imágenes Biomédicas**

Las principales líneas de investigación de este laboratorio incluyen: a) el desarrollo de instrumentación para Imagen Molecular (animales pequeños y mama), b) la implementación de técnicas de imagen molecular (nuevos detectores y algoritmos), c) la simulación Monte Carlo del transporte de radiación ionizante en materia y sus aplicaciones en imagenología y radioterapia, y d) la dosimetría de haces de fotones en campos convencionales y no convencionales.

En esta etapa, se tuvieron avances en el ensamblado del prototipo de Mamografía por Emisión de Positrones (PEM) que incluyó: a) puesta en funcionamiento del sistema de lectura de datos en coincidencia de 288 canales, b) caracterización y optimización de 20 tarjetas decodificadoras de lectura y 20 tarjetas adaptadoras, c) caracterización de 20 módulos de detec-

ción formados por cristales centelladores LYSO acoplados a detectores de estado sólido, d) optimización del proceso de pixelizado láser de cristales LYSO, e) desarrollo de programas de adquisición y procesamiento de datos, y de reconstrucción de imágenes tomográficas.

Por otra parte, se avanzó en la simulación Monte Carlo del transporte de luz en monocristales LYSO, tomosíntesis de mama y radioterapia guiada por imagen. Se concluyeron estudios sobre la dosimetría de un sistema de braquiterapia electrónica de baja energía y en la caracterización de ruido en tomografía computarizada con haz de cono.

#### 4.3.5 Grupo de Astropartículas y Astrofísica de Altas Energías y Laboratorio Nacional HAWC

Durante este periodo el observatorio HAWC de Rayos Gamma continuó con su operación ininterrumpida las 24 h del día almacenando la información de 25,000 cascadas atmosféricas por segundo producidas por rayos cósmicos y rayos gamma de alta energía. Con ello se ha incrementado en un 25% la estadística de fuentes galácticas y extragalácticas. Además, se concluyó la puesta en operaciones del arreglo *outriggers* con 350 pequeños detectores de Cherenkov en agua que muestrean, en un área de 100,000 m<sup>2</sup> alrededor del arreglo principal de HAWC, las cascadas atmosféricas, lo que va a dar como resultado una mayor estadística a las más altas energías mejorando al mismo tiempo su resolución.

En esta etapa se han publicado cinco artículos en revistas internacionales. Uno de ellos, *Multiple Galactic Sources with Emission Above 56 TeV Detected by HAWC* Phys. Rev. Lett. 124, 021102 presenta por primera vez cuales son las fuentes galácticas que producen rayos gamma de más de 50 y 100 TeVs. Esto es de gran importancia pues indica donde están los PeVatrones que aceleran a los rayos cósmicos.

Otro de los artículos publicados: "*All-sky Measurement of the Anisotropy of Cosmic Rays at 10 TeV and Mapping of the Local Interstellar Magnetic Field*", *The Astrophysical Journal, Volume 871, Number 1*; fue una colaboración con el experimento IceCube en la Antártica sobre las anisotropías en la dirección de llegada de los rayos cósmicos. De forma tal que HAWC observa el hemisferio norte y IceCube lo hace en el Hemisferio Sur.

Dado el éxito de HAWC se ha formado una nueva colaboración llamada SWGO (*Southern Wide-field Gamma-ray Observatory*) para diseñar un observatorio como HAWC, pero de nueva generación para ser situado en el Hemisferio Sur.

#### 4.3.6 Grupo de Física Nuclear y Sub-Nuclear FINSU

En esta fase, los miembros del Grupo FINSU del IF realizaron estudios de producción de antideuterones como resultado de las interacciones de rayos cósmicos primarios con materia interestelar. Este mecanismo de producción antinúcleos constituye un fondo en la búsqueda de evidencias de física no estándar, como materia oscura. El tema es relevante para la física dentro de la colaboración AMS02. Esto formó parte de una tesis que obtuvo la Medalla Juan Manuel Lozano Mejía a la mejor tesis doctoral en 2019. Durante 2019 AMS02 publicó tres artículos en *Physical Review Letters*, uno de ellos sobre el flujo de isótopos de He, tema en que el grupo FINSU colabora especialmente.

En cuanto a la participación en la Colaboración ALICE, durante 2019 se publicaron 35 artículos, cuatro de ellos sobre la producción de núcleos, antinúcleos e hipernúcleos, temática en que el grupo del IF ha colaborado especialmente. En cuanto a instrumentación, luego de construir varios prototipos y realizar las pruebas respectivas utilizando haces del acelerador SPS del CERN, a principios de 2019 la Colaboración ALICE aprobó la construcción del detector V0+. De marzo a octubre de 2019, con ayuda del personal del Taller Mecánico del IF, se maquinaron los 40 centelladores, así como las matrices para las fibras, antes de insertar en ellas las 50,000 fibras ópticas que lo componen y después rectificar la superficie de salida. Entre noviembre 2019 y febrero 2020 los miembros del FINSU viajaron al CERN para ensamblar el detector en el contenedor de aluminio del V0+, construido en el Instituto Neils Bohr de Copenhagen. Los fotomultiplicadores respectivos, adquiridos con recursos de la UNAM y el CONACYT, fueron caracterizados en CERN, con el apoyo de personal del Instituto Stephan Meyer de Viena. Por otra parte, el prototipo del detector para monitorear el Volcán Popocatepetl utilizando muones atmosféricos fue probado durante 2019.

#### 4.4 Física Nuclear y Aplicaciones de la Radiación

El Departamento de Física Nuclear y Aplicaciones de la Radiación se creó en el año 2017. En él se realiza principalmente investigación experimental en Física Nuclear, Interacción Débil, Materia Oscura, Neutrinos y Aplicaciones de la Radiación Natural e Inducida por Aceleradores. Se llevan a cabo mediciones ultra-precisas de concentraciones de isótopos radioactivos, cosmogénicos y antropogénicos: <sup>14</sup>C, <sup>10</sup>Be, <sup>26</sup>Al, <sup>129</sup>I y Pu, para datación y otras aplicaciones, así como investigación en Termodinámica en y fuera de equilibrio. Está integrado por 12 Investigadores y cuatro Técnicos Académicos.

A continuación, se describen los principales logros del año 2019.

Se observó por primera vez el núcleo exótico  $^{31}\text{K}$  por medio de la desintegración en tres protones. Así mismo, se compararon las colisiones elásticas del  $^7\text{Be}$  y el  $^8\text{B}$ , a energías coulombianas, dada su similitud en masa. Se estudió experimentalmente la condensación de alfas en distintos elementos pesados, con énfasis en el *clustering* y se aportaron nuevos datos para las distribuciones elásticas del  $^9\text{Be}$  a energías coulombianas. Se presentaron los primeros resultados en reacciones de doble intercambio de carga del Proyecto NUMEN.

Se sigue gestionando la construcción del laboratorio subterráneo en Mineral del Chico, planeada para 2020. Se publicaron los resultados de la más reciente toma de datos con el experimento internacional DEAP, donde el IF colabora, y se mejoraron los límites de exclusión para WIMPs con argón líquido como material. En el Laboratorio DM-v se logró calibrar y obtener el modelo de Monte Carlo del detector de germanio y los contadores alfa, con lo que se han iniciado mediciones de componentes para detectores y materiales.

En el Laboratorio de Espectrometría de Masas con Aceleradores (LEMA) se desarrolla investigación de frontera relacionada con radionúclidos cosmogénicos y antropogénicos. La medición de concentraciones de  $^{14}\text{C}$  en aerosoles atmosféricos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) entre 2015 a 2017, permitió determinar el aporte de fuentes fósiles (como gasolina) y biogénicas (quema de biomasa). La datación del agua subterránea de pozos de la Cuenca del Valle de México ayuda a identificar zonas de recarga potenciales para estudiar la sostenibilidad hídrica. La datación con  $^{14}\text{C}$  cuenta con la certificación bajo las Normas ISO9001-2015 y 17025, dando servicio para numerosos materiales arqueológicos, históricos y artísticos. En el LEMA también se midieron concentraciones del radioisótopo  $^{10}\text{Be}$  en muestras de agua de lluvia y en  $\text{PM}^{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$ , para el establecimiento de su producción en la ZMCM. Se determinó el cociente isotópico  $^{26}\text{Al}/^{10}\text{Be}$  y  $^{10}\text{Be}/^7\text{Be}$  en  $\text{PM}_{2.5}$  y lluvia, respectivamente. Esto se relaciona con las condiciones ambientales y climáticas pasadas, pues son excelentes trazadores de la circulación de las masas de aire en la atmósfera. También se hicieron los primeros experimentos para medir secciones de producción de rayos X por impacto de protones, usando haces producidos en el LEMA, con muy buenos resultados.

En el marco de la teoría de Termodinámica Disipativa del Origen de la Vida, se desarrollaron las ecuaciones cinéticas para

la estructuración fotoquímica disipativa del núcleo-base adenina a partir de HCN en agua, bajo un flujo de fotones en el ultravioleta cercano.

El estudio de los aerosoles atmosféricos, en particular  $\text{PM}_{2.5}$ , usando la Fluorescencia de Rayos X, ayudó a identificar la presencia de partículas de polvo transportadas desde el Desierto del Sahara hasta la Península de Yucatán, así como la influencia de partículas en la formación de cristales de hielo en nubes. Igualmente, se determinó la presencia de aeropartículas producidas por quemas agrícolas e incendios forestales en la ZMCM, durante el período de contingencia ocurrido en mayo de 2019. También se colaboró en los primeros estudios extensos de aerosoles atmosféricos en la ciudad de San Francisco de Campeche.

Se doparon películas delgadas de ZnO con Mn para estudiar la correlación entre la concentración del dopante y los cambios en las propiedades ópticas, eléctricas y estructurales del ZnO. Se estudiaron aleaciones de Ti con Pd (Ti-Pd) y con Al, V y Cr (Ti-Al-V-Cr), para establecer la relación de los elementos dopantes con la capacidad de almacenamiento de hidrógeno en los hidruros metálicos.

Finalmente, en lo relacionado con los aceleradores Van de Graaff, el CN-Van de Graaff de 5.5 MV ha reanudado su operación. Los primeros datos, obtenidos en el segundo semestre de 2019, ya fueron presentados en un congreso internacional y se espera sean publicados este 2020. Por otro lado, con el acelerador de electrones se trabajó en el diseño y realización de experimentos de irradiación de polímeros con diferentes tipos de radiación (para elegir el tipo a utilizar): electrones, ultravioleta o visible.

#### 4.5 Física Química

El departamento está formado por 14 Investigadores y tres Técnicos Académicos, que se integran en cinco grupos experimentales y seis grupos teóricos. El objetivo del departamento es realizar investigación de frontera, experimental y teórica, en temas de materia condensada blanda, estado sólido, nanociencias y física química. Las líneas de investigación que se cultivan en el departamento abarcan el estudio de la materia a la escala nano, meso y macroscópica, asociada a temas de frontera de la física, tales como: Autoensamblaje supramolecular y sus consecuencias en el comportamiento viscoelástico en fluidos; transferencia de calor en sistemas plasmónicos; actividad óptica de nanopartículas metálicas con ligandos orgánicos quirales; plasmónica y fenómenos fí-

sicos y químicos en superficies; nanocúmulos bimetálicos e influencia del sustrato en las propiedades de cúmulos metálicos soportados; tribología; estructura de banda de materiales compuestos a base de colestéricos elastómeros y nanoinclusiones metálicas; física de coloides; superconductores anisotrópicos, entre otros. Las tres principales áreas que se abordan en el departamento son: a) Física Computacional de la Materia Condensada; b) Física de las Superficies e Interfaces y c) Física de los Fluidos Complejos.

Entre los principales logros del año 2019 se tiene el estudio realizado a través de la Teoría de las Funcionales de la Densidad (DFT) de la interacción de cúmulos bimetálicos Pt-Cu con un tamaño de hasta cinco átomos con la superficie de CeO<sub>2</sub> (111), empleando la técnica de optimización global Basin Hopping y usando la función de correlación de intercambio PBE + U, se encontraron las geometrías estables y el ordenamiento químico energéticamente favorable para los grupos bimetálicos Pt-Cu tanto soportados en CeO<sub>2</sub> (111) como en fase gaseosa. La publicación fue merecedora de la portada del mes de julio de la revista *Physical Chemistry Chemical Physics*. El tipo de cálculos reportados en este artículo son importantes debido a que el control de la reducción electrónica de los gases Ce<sup>4+</sup> a Ce<sup>3+</sup> en la superficie de CeO<sub>2</sub> a nivel atómico puede tener enormes implicaciones en la catálisis heterogénea. Por otra parte, se determinó la interacción entre partículas coloidales en la intercara aire/agua utilizando pinzas ópticas, tanto para partículas con superficies homogéneas como para Janus. Se continuó con el estudio de las propiedades fisicoquímicas del dióxido de cerio como soporte de nanopartículas de metales de transición, utilizando la adsorción y descomposición de metanol en la superficie como reacción prueba de la actividad química y de su modificación como resultado de la adición de un segundo metal a las nanopartículas, el cambio en la morfología del soporte o su dopaje. Se consolidó la investigación del tema de transferencia de calor radiativa entre superredes plasmónicas y polaritónicas. Se mostró por primera vez el efecto de la oxidación en la transferencia radiativa de calor, la posible modulación del calor (*heat management*) por medio de cristales polaritónicos y también se mostró que las aproximaciones que típicamente se hacen en el cálculo de la transferencia de calor omiten varios modos importantes por lo que los cálculos subestiman la energía radiada.

Por otra parte, se realizó el estudio teórico utilizando métodos de función espectral, en colaboración con experimentos, sobre arreglos bidimensionales de nanopartículas. Utilizando los métodos de estos sistemas también se estudió la transferencia de calor radiativa incluyendo por primera vez to-

dos los órdenes multipolares del campo cercano entre dos y tres cuerpos de tamaño nanométrico. Finalmente, se desarrolló un método de desdoblamiento de bandas con el fin de estudiar interacciones entre capas bidimensionales, tal que la celda unitaria se hace muy grande y la interpretación de las bandas resulta imposible.

#### 4.6 Física Teórica

El departamento realiza labores de investigación de fenómenos físicos que van desde lo más fundamental hasta lo aplicado, así como la enseñanza y difusión de éstos en las siguientes áreas: Partículas elementales, Teoría de campos, Astropartículas y cosmología; Fenómenos colectivos clásicos y cuánticos; Física Atómica, Nuclear y Molecular; Mecánica Cuántica y Física Matemática, y la relación entre ellos. El departamento, está integrado por 24 Investigadores. Adicionalmente, se cuenta con investigadores posdoctorales y estudiantes asociados, tanto de posgrado como de licenciatura. Las tres principales áreas de investigación que se desarrollan son: Partículas elementales, Teoría de campos, Astropartículas y cosmología, Física cuántica y física matemática, Materia condensada, Fenómenos colectivos y Temas interdisciplinarios.

El grupo de Altas Energías y Cosmología se está consolidando con visibilidad a nivel internacional. Se han iniciado colaboraciones en la interfase entre la teoría y el experimento en varias áreas: astropartículas, medidas de precisión, cosmología, física hadrónica, neutrinos, durante los siguientes años se espera: a) Fortalecer la incidencia en las tres fronteras de la investigación de partículas elementales: de la energía, de la intensidad y la cósmica, así como las distintas teorías que puedan ser probadas en dichos escenarios; b) Como parte del punto anterior, se requiere fortalecer las colaboraciones con los grupos experimentales tanto a nivel local como con colaboraciones internacionales. Entre estas se encuentran a futuro el CEPC, HL-LHC y el FCC-ee; c) Se están fortaleciendo las líneas de investigación experimentales y observacionales asociadas a temas de Cosmología y Astropartículas; d) De igual manera se está trabajando en el enfoque de métodos contemporáneos de Materia Condensada en Física de Partículas Elementales, tanto en aspectos perturbativos como no-perturbativos; e) Se espera que el grupo se consolide como un referente a nivel nacional.

La Física Cuántica ha heredado problemas de fundamentación que continúan siendo de interés y relevancia para una buena comprensión de los fenómenos cuánticos. Las investigaciones teóricas en este campo cobran actualidad y adquieren

perspectivas novedosas frente a los avances experimentales a escalas de partículas individuales, dimensiones nanométricas y tiempos de atosegundos. Por otro lado, algunos aspectos modernos de mecánica cuántica incluyen el estudio de los operadores Hamiltonianos en el espacio de parámetros de los sistemas, con aplicaciones en física molecular, atómica, nuclear y de partículas elementales. A mediano plazo se espera: continuar desarrollando la fundamentación de la Teoría Cuántica tanto desde la perspectiva de la electrodinámica estocástica como desde nuevos enfoques. Se continuará y extenderá la investigación de problemas actuales y fundamentales relacionados con las correlaciones cuánticas, el límite cuántico-clásico, la dualidad partícula-onda, la descripción en el espacio fase de la mecánica cuántica, el origen y la naturaleza del espín y otras propiedades emergentes, así como con las líneas de investigación que emerjan de los avances más recientes en el área. Como parte del programa de reforzamiento del campo, se colaborará en el desarrollo e implementación del paquete de materias de Mecánica Cuántica para la licenciatura en Física de la Facultad de Ciencias.

Una de las líneas que se están desarrollando en el área de Materia Condensada es la de predecir las propiedades de los sistemas de muchos cuerpos cuánticos interactuantes y a cualquier densidad, lo cual ha sido posible mediante la simulación por computadoras usando métodos de Monte Carlo Cuántico. Dada la relevancia y crecimiento exponencial de las simulaciones moleculares en los últimos años, resulta primordial realizar investigación en los métodos DIVIDE-AND-CONQUER, usando la última tecnología de hardware, como lo son las tarjetas gráficas, GPUs, e incluyendo inteligencia artificial. Se está desarrollando una línea en aspectos de teoría del campo usando tanto métodos de materia condensada como de partículas elementales para lograr una retroalimentación y colaboración entre las dos áreas. El estudio de fenómenos en materia condensada y en partículas elementales se ha visto beneficiado por el desarrollo de metodologías y conceptos compartidos. El avance y comprensión de las propiedades de nuevos materiales, así como de diversos aspectos en cosmología y física de partículas elementales requerirá apoyar el desarrollo de grupos de trabajo dedicados al estudio de las interrelaciones entre dichas disciplinas científicas.

#### 4.7 Materia Condensada

El Departamento de Materia Condensada está constituido por 16 Investigadores, nueve Técnicos Académicos y dos laboratoristas. En el departamento se realiza investigación teórica y experimental sobre la estructura cristalina y propiedades de la

materia en su estado condensado. Las principales áreas de investigación que se abordan, son: Cristalografía; estudios de sistemas de dimensión cero, uno y dos; aplicaciones de dosimetría e inteligencia artificial en problemas de física.

##### 4.7.1 Cristalografía

El departamento cuenta con el mayor grupo de expertos a nivel nacional dedicados al análisis de la distribución atómica en sistemas micro y nanocristalinos. Para ello se emplean básicamente las técnicas de Microscopía Electrónica y Difracción de Rayos X, incluyendo el uso de la Radiación de Síncrotrón. Estos análisis los enriquecen con simulaciones de los experimentos tanto de microscopía electrónica como de difracción de rayos X; y con cálculos cuánticos de primeros principios de cúmulos atómicos y de distribuciones atómicas con simetría traslacional.

En este rubro se estudió la distribución espacial del plasmón confinado en nanopartículas de bismuto. Se estudiaron las estructuras cúbica y octahedrales de  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

Se estudió la transformación cristalográfica de la hidroxiapatita en dientes humanos, y su evolución con el tratamiento térmico. También se sintetizó esta fase partiendo de péptidos derivados de proteínas de adhesión del cemento radicular.

Se generó un modelo para la corrección del fondo en los patrones de difracción debido a la dispersión del aire. El modelo es atractivo para incorporarse en todos los códigos que usan el Método de Rietveld para modelar patrones de difracción de rayos X.

##### 4.7.2 Estudios de Sistemas de Dimensión Cero

Se sintetizaron nanopartículas de Ag y Cu con una distribución controlada empleando aldehído cinámico como agente reductor, y como agente de pasivación. Se sintetizaron nanopartículas de óxido de hierro en presencia de un campo magnético externo, lo cual influye en las formas adquiridas por las nanopartículas. De igual manera se sintetizaron estas partículas empleando química verde. Se sintetizaron nanopartículas de silicio partiendo de silicio amorfo. Se estudiaron mediante Espectroscopía Raman nanopartículas compuestas de Ga y  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ . Se sintetizaron, mediante química verde, nanopartículas antimicrobianas de ZnO. Se detectó piezoelectricidad en nanocristales de hidroxiapatita proveniente de la dentina de diente humano. Se modificaron las propiedades mecánicas de pastas de cementos con agregados pétreos al

mezclarlas con nanopartículas de fosfatos naturales. Se sintetizaron nanopartículas de óxido de estaño empleando sonnoquímica. Empleando cálculos cuánticos de primeros principios, se analizó la evolución de la distribución atómica de un cúmulo del sistema superconductor de  $H_2S$  como función de la presión. Ello, para buscar entender la superconductividad que se genera en este sistema cuando está sujeto a altas presiones.

#### 4.7.3 Estudios de Sistemas de Dimensión Uno

Se reportan nanotubos con multicapa y de tipo bambú con dominios quirales en condrita carbonosa del meteorito Allende. Se estudian la correlación entre las propiedades estructurales y electrónicas de nanoalambres de Au-Fe sintetizados mediante química suave.

#### 4.7.4 Estudios de Sistemas de Dimensión Dos

Se realizó un estudio buscando correlacionar el comportamiento de las fronteras de grano con el observado en bicapas de grafeno rotadas. Se estudiaron películas orgánicas semiconductoras como elementos de reconocimiento químico y biológico. Se estudió la estructura y luminiscencia de películas de carburo de silicio sintetizadas mediante plasma. Se estudiaron las propiedades ópticas de nanopartículas de plata embebidas en películas dieléctricas. Se estudiaron las propiedades fotocatalíticas de películas de titanio para la oxidación de Rodamina B. Se estudiaron las propiedades ópticas de películas de óxido de zinc dopadas con manganeso.

#### 4.7.5 Aplicaciones de la Dosimetría

Se estudió el contenido de potasio en proteínas de amaranto empleando espectroscopía gama. Se describió una metodología para mapear la concentración de  $^{220}Rn$  y  $^{222}Rn$  las condiciones climáticas de una bodega, empleando la técnica de trazas nucleares. Se analizó la concentración de  $^{222}Rn$  en el agua potable de la Ciudad de Taxco, Guerrero, México. Se simuló la distribución de radón en una habitación empleando simulaciones de dinámica de fluidos.

#### 4.7.6 Inteligencia Artificial en Problemas de Física

Empleando técnicas de inteligencia artificial se generaron potenciales de interacción entre los átomos de las fases cristalinas de titanio y cúmulos atómicos de alúmina. Para ello el sistema de aprendizaje se alimentó con miles de distribuciones atómicas generadas realizando cálculos cuánticos de primeros principios de dinámica molecular.

Mediante técnicas de inteligencia artificial se infirió la existencia de cientos de nuevos compuestos con estructura cristalina del tipo perovskita. Se partió de bases de datos cristalográficos de miles de compuestos. Para generar los rasgos que identifican la simetría de cada compuesto se hicieron relaciones de empaquetamiento de la estructura, así como del entorno local alrededor de cada átomo. La estabilidad de los compuestos propuestos por la inteligencia artificial fue probada realizando optimización de la distribución atómica empleando cálculos cuánticos tanto moleculares como con condiciones periódicas.

Se estudia el uso de las técnicas de inteligencia artificial para inferir la simetría de la distribución de los átomos de un compuesto, partiendo de su patrón de difracción de rayos X de polvos. Se emplea una base de datos que contiene la cristalografía de miles de compuestos. El sistema de aprendizaje se alimenta con miles de patrones de difracción generados con esta base de datos, empleando la simetría de las celdas unitarias como la variable de referencia.

Se imparte en la Facultad de Ciencias de la UNAM un curso sobre Inteligencia Artificial en la Física. El curso emplea mucha de la matemática conocida de los alumnos durante su formación como físicos. Los ejemplos que se dan de aplicación son sobre problemas que se analizan en la física. Lo cual contrasta con un curso impartido por educadores dedicados sólo al cómputo.

### 4.8 Sistemas Complejos

El Departamento de Sistemas Complejos tiene como objetivo principal desarrollar investigación de frontera en el área de la complejidad, incluyendo temas de física estadística, dinámica no lineal, física cuántica, sistemas de baja dimensionalidad y estructuras moleculares complejas. Las investigaciones que realizan los 12 investigadores miembros del departamento abarcan estudios teóricos de física fundamental hasta aplicaciones interdisciplinarias. Durante el año 2019, las líneas de investigación abordadas y logros obtenidos, fueron los siguientes.

#### 4.8.1 Dinámica de Sistemas Biológicos y Sociales: Formación de patrones, materia activa, distribuciones de rango, dinámica de ecosistemas, dinámica social, forrajeo, redes complejas, teoría de juegos

En años recientes existe un esfuerzo muy marcado por la exploración y estudio de sistemas colectivos con partículas autpropulsadas. Esto se debe fundamentalmente a los re-

sultados empíricos que muestran cómo la difusión anómala y vuelos de Lévy son comunes en los entes biológicos en muchas escalas, desde bacterias y células cancerígenas en fase de movilidad metastásica, hasta los humanos en ambientes urbanos y rurales. Durante el año 2019 se consolidó el aporte a este tópico de investigación de frontera, concluyendo una colaboración de varios años con investigadores de Brasil y Gran Bretaña, donde se ha estudiado las propiedades colectivas de la movilidad en insectos sociales (termitas confinadas).

Se publicó en la revista *Physical Review Letters* un estudio sobre la distribución estadística de los tiempos de primer encuentro entre una partícula browniana y un sitio de reacción fijo que alterna de manera intermitente entre estados reactivos y no reactivos, o invisibles. Se observó un régimen de escalamiento nuevo, no observado con sitios siempre reactivos, y se estableció una conexión con problemas de absorción parcial. El problema tiene mucha relevancia para entender la cinética de procesos celulares tales como la expresión genética intermitente o el transporte de iones a través de membranas cuyos poros se cierran y abren estocásticamente. Se han hecho avances en torno al estudio de sistemas de partículas activas, por un lado, se ha establecido explícitamente una correspondencia entre las características intrínsecas de no equilibrio de partículas activas (llamadas *run-and-tumble*), con un medio efectivo alejado del equilibrio, el cual es térmicamente no homogéneo. Por otro lado, se ha analizado la descripción de las anticorrelaciones observadas en sistemas de partículas activas a través de la generalización del modelo de Ornstein-Uhlenbeck.

Se terminó un modelo para describir como un animal (*trichoplax adhaerens*) sin sistema nervioso y con cilios propulsores al azar puede moverse en forma coherente para buscar alimento. Los resultados fueron publicados en PNAS. Adicionalmente se hizo un estudio estadístico de las modificaciones que sufren células troncales de embriones humanos como funcionarios del número de células en el cultivo. Se descubrió una segregación de las mismas que se interpreta como el precursor de la diferenciación celular, es decir, que el destino final de las células madre está también influenciado por la geometría, estos resultados fueron publicados en *Nature Scientific Reports*.

Se estudió un modelo para reproducir los electrocardiogramas en diferentes arritmias. El modelo consiste en el acoplamiento de tres osciladores no lineales que representan los marcapasos principales del corazón. Se construyó un aparato

analógico que reproduce los resultados del modelo digital. Los resultados fueron publicados en *Nature Scientific Reports*.

#### 4.8.2 Física Estadística de Sistemas Fuera de Equilibrio

La llamada Criticalidad Auto Organizada cumple tres décadas desde su proposición, desde entonces ha generado un profundo interés y una copiosa producción científica, pero ha permanecido como hipótesis sin demostración y/o justificación formal. Se llevó a cabo un paso decisivo para racionalizar esta hipótesis por primera vez en el lenguaje de la mecánica estadística. Se construyó un modelo térmico análogo a la dinámica no lineal hacia los atractores que forman la cascada de duplicación de períodos. El proceso de auto organización refleja una familia de transiciones de fases que culmina en propiedades carentes de escalas.

Se sentaron las bases para construir una visión cuantitativa global de las distribuciones de datos jerarquizados (frecuencia/rango, tamaño/rango) al obtener un esquema semejante al de las clases de universalidad en el Fenómeno Crítico y expresables en el lenguaje del Grupo de Re Normalización. Este avance contribuye a transformar el carácter empírico de, por ejemplo, las leyes de Zipf y Benford, en uno de naturaleza reminiscente a la de la física estadística. Las distribuciones se obtienen vía un formalismo de dinámica no lineal y muestran relaciones con teoría de números.

El paradigma guía sobre la naturaleza de los sistemas complejos: "estos sistemas se ubican en el Borde del Caos" ha sido reemplazado en los últimos tiempos por "estos sistemas evolucionan en la Criticalidad". Se obtuvieron los primeros elementos para la demostración explícita, inédita, de la equivalencia de los dos paradigmas mediante el empleo de las propiedades de las familias de atractores de ambas cascadas, duplicación de períodos y de bandas caóticas que confluyen en la transición al caos.

#### 4.8.3 Inteligencia Artificial, Aprendizaje Automático, Redes

Se han desarrollado diferentes trabajos de investigación relacionados con el estudio de la movilidad humana desde la perspectiva de los sistemas complejos. Mediante el análisis de bases de datos de movilidad en grandes ciudades del mundo, obtenidas por medio de aplicaciones de celular, datos de sistemas de bicicletas y con registros de taxis se han detectado patrones en la actividad humana en áreas urbanas. Actualmente, se está aplicando toda esta experiencia para entender la movilidad humana en los sistemas ECOBICI y METROBÚS de la Ciudad de México. Con estas investigaciones se han logrado

publicaciones de alto impacto en temas de movilidad y en el desarrollo de nuevos métodos que permiten modelar estos fenómenos como procesos dinámicos que ocurren en una red.

#### 4.8.4 Nuevos Materiales: Propiedades fisicoquímicas de nanocúmulos, nanopartículas y nanomateriales

Se lograron avances significativos en el estudio teórico sobre el origen y cuantificación de la quiralidad en cúmulos protegidos con ligandos orgánicos. Estos estudios fueron de gran interés para la comunidad internacional especializada en un campo emergente de la nanociencia llamado *Atomically Precise Nanochemistry*. Los resultados de estos estudios se publicaron a principio de 2019 en la revista *Accounts in Chemical Research*, FI=21.66.

Se generó un grupo de investigación en el IF que combina metodologías teóricas y experimentales para el estudio de las propiedades ópticas y quirópticas de nanopartículas metálicas en interacción con aminoácidos, que son relevantes en procesos de reconocimiento molecular quiral. Los primeros resultados obtenidos por este grupo fueron sobre los modos y sitios de adsorción de la cisteína en nanopartículas de oro de tamaño ~ 2 nm.

#### 4.8.5 Materiales Desordenados y de Baja Dimensionalidad

Se estudiaron las propiedades electrónicas y ópticas de borofeno, grafeno con deformaciones de Kekulé, fosforeno, grafeno alfa-T3 y modelos de grafeno rotado a ángulos mágicos. Los resultados indican nuevos tipos de transiciones ópticas que nunca habían sido vistos en otros sistemas físicos, resultado de la interacción entre las distribuciones estadísticas de los electrones y la inclinación de los llamados conos de Dirac. Un resultado importante fue el entendimiento de la interacción del agua con grafeno. Esto tiene importancia en la aplicación del grafeno para purificar agua, así como para explicar la recientemente observada superconductividad de alta temperatura en compuestos grafiticos.

#### 4.8.6 Fundamentos de Mecánica Cuántica: Formulación no Hermitiana de estados resonantes en mecánica cuántica y de la evolución temporal en sistemas cuánticos abiertos

El artículo *Heisenberg uncertainty relations for the Non-Hermitian resonance solutions to the Schrödinger equation* publicado en *Phys. Rev.*, muestra que los estados resonantes, los cuales constituyen una base no hermitiana, satisfacen las relaciones

de incertidumbre de la posición y la cantidad de movimiento de Heisenberg, para un amplio rango de parámetros de potenciales cuánticos. Este resultado es de interés en investigaciones orientadas a extender los fundamentos de la mecánica cuántica a hamiltonianos no hermitianos en problemas de evolución temporal.

El artículo *Interference in the time domain of a decaying particle with itself as the physical mechanism for the exponential-nonexponential transition in quantum decay*, publicado en *Phys. Rev.*, demuestra que físicamente la transición exponencial-no exponencial a tiempos largos se debe a que las componentes de momento muy cercanas a cero obedecen una ley de decaimiento no exponencial que se comporta como potencia inversa del tiempo, la cual eventualmente interfiere con el decaimiento puramente exponencial dando origen a la desviación predicha en 1957 por Khalfin, la cual estaba basada en un argumento matemático. Asimismo, se demuestra qué mecanismo para la desviación no exponencial propuesto en 1972 por Fonda, Ghirardi y Rimini no describe correctamente la transición exponencial-no exponencial.

#### 4.8.7 Evolución Temporal de Sistemas Cuánticos

Se logró desarrollar un nuevo método para encontrar de manera analítica la evolución de sistemas cuánticos forzados en el tiempo. Este método permite el estudio de muchos sistemas físicos y aplicaciones: materia bajo radiación electromagnética, átomos fríos, computación y control cuántico, etc. Por su importancia, el método fue la portada de la prestigiosa revista alemana *Ann. Der Physik. (Method for finding the exact effective Hamiltonian of time driven quantum systems)*.

Otras líneas de investigación que se desarrollaron en el Departamento de Sistemas Complejos, durante el año 2019, fueron: Evolución de proteínas, Formación de patrones en nubes, Formación de huracanes: enfoque de inteligencia artificial y estadístico.

Se logró estudiar la evolución biológica de la proteína Actina, la cual ha evolucionado muy poco desde los orígenes de la vida y por ello es ideal para su estudio. En particular usamos un método basado en una escala de hidrofobicidad derivada de un análisis fractal de la curvatura de proteínas. El método puede usarse para estudiar problemas importantes tales como la evolución de virus, células cancerígenas, etc.

También se logró modificar ecuaciones no-lineales del tipo Ginzburg-Landau o Swift-Hohenberg adicionando ruido estocástico para explicar la formación de patrones de nubes. Se aplicó al estudio de fotos satelitales de campos nubosos en la mesoescala. Se inició una colaboración con el Instituto Weizmann de Israel para trabajar en este tema.

## 5. Productividades de las Unidades de Apoyo

### 5.1 Laboratorio Central de Microscopía

El Laboratorio Central de Microscopía del IF de la UNAM (LCM) es una unidad de servicios que apoya proyectos de investigación vinculados con la Física de la Materia Condensada, el Estado Sólido y la Ciencia de Materiales, empleando diversas técnicas modernas de microscopía, incluso a la Escala Atómica. Están asociados al LCM tres Técnicos de tiempo completo, tres de tiempo parcial y dos administrativos de base de tiempo completo.

El LCM cuenta desde el año 2002, con un microscopio electrónico de transmisión de alta resolución (HRTEM) marca JEOL, modelo *JEM-2010 FEG* (resolución 0.19 nm), un microscopio electrónico de barrido de bajo vacío *JEOL-5600LV* (resolución 3 nm), un microscopio de fuerza atómica *JEOL-JSPM4210* (resolución dependiente de la punta analizadora) y un microscopio electrónico de barrido de alta resolución marca JEOL modelo *JSM-7800 FEG* (resolución 0.7 nm), el cual fue adquirido en el año 2013. Adicionalmente, a partir de octubre de 2019 el LCM estableció un convenio de colaboración con la compañía INSTRUMENTS NANOTECH, S.A. DE C.V. mediante el cual se nos permite operar en nuestras instalaciones un microscopio electrónico de barrido de mesa, marca EmCrafts modelo *CUBE-II*. En noviembre de 2019 el laboratorio de preparación de muestras del LCM recibió el equipo «*Cressington 108 Manual Sputter Coater*» que fue adquirido mediante la gestión de recursos PAEP del Posgrado en Ciencia e Ingeniería de Materiales UNAM. Este equipo es útil para el crecimiento de películas delgadas metálicas para preparación de muestras dieléctricas. A finales del 2019, el LCM a través de su coordinador operacional sometió el proyecto «Apoyo a la infraestructura para el estudio del estado sólido por microscopía electrónica de barrido y transmisión» a la convocatoria "CONACYT 2019 - Apoyos para Adquisición y Mantenimiento de Infraestructura en Instituciones y Laboratorios de Investigación Especializada". Dicha propuesta fue apoyada con un monto de \$4,600,000.00 (M.N) que fueron destinados para la adquisición de modernos equipos para la preparación de muestras, entre los que se destacan: Sistema de pulido de alta precisión asistido por haces de iones marca Gatan Modelo 695 PIPS II ADVANTAGE (único en su tipo en México), un cortador ultrasónico de discos marca Gatan Modelo 601 y un pulidor generador de hoyuelos con auto terminador marca Gatan Modelo 657. Con esta modernización se apoyarán los trabajos diarios del área de preparación de muestras y se tendrá incidencia directa en la calidad de las imágenes que se obtengan mediante las diferentes técnicas de microscopía.

Por otra parte, durante el año 2019, se apoyaron 24 proyectos científicos cuyos responsables son investigadores del IF. Estos proyectos abordan diversas áreas de investigación, tales como: el estudio de nanopartículas metálicas y nanomateriales estructurados, óxidos metálicos, semiconductores, transformación de fase, películas delgadas, biomateriales, catalizadores, modificación y síntesis de materiales por haces de iones, materiales cerámicos, caracterización estructural de muestras arqueológicas, estructuras unidimensionales, auto-organización de la materia condensada suave y aleaciones metálicas, entre otros. Durante el año mencionado, se brindaron un total de 971 de sesiones para académicos del IF (268 sesiones de en el TEM *JEM2010 FEG*; 365 sesiones en el SEM *JSM-7800 FEG*; 192 sesiones de SEM en el equipo *JSM-5600LV*; y 146 de Microscopía de Fuerza Atómica con el equipo *JEOL-JSPM4210*). Por lo que respecta al apoyo a otras dependencias de investigación de la UNAM, se brindó asesoría y análisis a académicos de los Institutos de: Investigaciones en Materiales, Ecología, Energías Renovables, Ciencias Nucleares, Ingeniería, Biología, Química y Geofísica; ICAT, a Centros de Investigación como CFATA-Juriquilla; así como a las Facultades de Ciencias, Química, de Estudios Superiores Cuautitlán, y al Posgrado de Odontología, Ciencia e Ingeniería de Materiales y Ciencias Físicas. En cuanto al apoyo a proyectos de investigación a dependencias académicas y centros de investigación del país, se dio servicio a investigadores de la Asociación Odontológica Mexicana, Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Polímeros, Instituto Nacional de Antropología e Historia, ININ, BUAP, entre otras. A la iniciativa privada, en el año 2019 se brindó servicios a las siguientes empresas: Grupo Phi Innovación y Desarrollo, Mavi Farmacéutica S.A. de C.V., Probiomed, S.A. de C.V., Laboratorios KEM, Laboratorios PISA., y el Centro de Investigación en Polímeros, entre otros. El total de servicios externos otorgados a la industria y por los cuales generamos ingresos extraordinarios fue de 137 en los diversos equipos del LCM.

En el aspecto de divulgación, se brindaron numerosas visitas guiadas a las instalaciones del LCM, de instituciones tales como: Escuela Nacional Preparatoria, Facultad de Ciencias, Posgrado de Ciencias Médicas Odontológicas y de la Salud y Posgrado de Ciencia e Ingeniería de Materiales de la UNAM; así como en el evento del día de puertas abiertas 2019 del IF. En dichas visitas, se atendieron estudiantes de nivel bachillerato, licenciatura y posgrado. Además, algunos de los técnicos académicos asociados al LCM impartieron cursos y han apoyado diversos eventos relacionados con la difusión de las técnicas de microscopía electrónica.

El impacto que tiene el LCM en el trabajo tanto de la comunidad del IF como de otras instituciones del país, se ve reflejado en el número total 1109 de servicios que se otorgaron durante este periodo.

## 5.2 Taller Mecánico Central

A lo largo de los años, un área de apoyo importante ha sido el taller mecánico central, que atiende a más del 50% de los académicos y es parte fundamental para la física experimental y del mantenimiento general de equipos y edificios. Este apoyo es indispensable para coadyuvar a los laboratorios a generar innovación, elemento indiscutible para realizar investigación de frontera y eventualmente generar tecnología propia. Actualmente el Taller requiere de una reorganización, separando los trabajos de conservación de infraestructura física y su funcionamiento, del desarrollo y mantenimiento de instrumentación científica. La instrumentación científica requiere de varias etapas: i) la concepción intelectual por investigador(es) y técnico(s); ii) diseño mecánico y electrónico por los técnicos en los laboratorios de diseño y electrónica; iii) la maquinación de piezas en el taller y de los desarrollos electrónicos; y finalmente iv) la implementación en los laboratorios. Esta labor requiere de trabajo en equipo, actualización de técnicas, profesionalización y capacitación de su personal.

El taller central del IF consta de las siguientes secciones, además de encargarse del mantenimiento general de nuestras instalaciones:

- |                                  |                |
|----------------------------------|----------------|
| 1. Diseño                        | 2. Soldadura   |
| 3. Máquinas y herramientas       | 4. Vacío       |
| 5. Máquinas de control numéricos | 6. Carpintería |

Durante la presente administración se pretende implementar metodologías y estrategias para la administración de la producción y las operaciones, esto para disminuir y optimizar los recursos del taller central del IF, así como aumentar el grado de complejidad técnica abordando las siguientes áreas de oportunidad:

- 1. Distribución de planta.** Enfocado a tener la correcta y eficiente ubicación de áreas de proceso, maquinaria y equipo, así como actualizar infraestructura en lo posible.
- 2. Productividad.** Orientado a contar con las metodologías para la administración de la producción y operaciones dentro del taller.

3. **Viabilidad.** Pretende dar un punto objetivo de análisis costo-beneficio para cada área, maquinaria y equipo, así como analizar los factores internos como externos.
4. **Mantenimiento del Taller.** Se enfoca en contar con el cronograma de actividades de mantenimiento de maquinaria y equipo, así como de los manuales de procedimientos para llevarlo de forma correcta.
5. **Inventarios.** Este apartado es vital para el correcto funcionamiento del taller, ya que genera un gran impacto a la cadena de suministros, aunque la correcta administración de inventarios tanto de material y herramienta no genera un valor agregado al producto, permite reducir los tiempos de proceso de manera significativa.
6. **Seguridad e Higiene.** Enfocado a la prevención de accidentes y a la correcta adecuación del ambiente de trabajo.
7. **Innovación.** Dirigido a la gestión de visitas, asesorías y compras con proveedores de maquinaria, equipo, herramienta y productos de nueva generación, esto para una eficiente forma de trabajo.

Como punto de partida de las mejoras a realizar para el correcto y eficiente funcionamiento del taller se tienen: a) Realización de los lay-outs (Distribución de planta); b) Implementación de cinco s (Productividad); c) Implementación de Kan-ban (Productividad); d) Diseño e implementación de un sistema para el control de inventarios; e) Uso de productos base agua en la sección de carpintería (Innovación y sustentabilidad); f) Análisis de nuevas tecnologías como el corte con agua y router CNC para su futura implementación de procesos productivos. En principio estas son las áreas en las que se debe trabajar, varias de estas técnicas a implementar impactarán directamente en Seguridad e Higiene.

### 5.3 Laboratorio de Electrónica

Durante el periodo en consideración se recibieron 84 solicitudes de servicio (realizadas por 45 Investigadores), de las cuales se completaron y entregaron 65. De las 84 solicitudes, 36 fueron para el área de *Mantenimiento a Equipo e Instrumental*; 27 en el área de *Impresión 3D*; 16 en el área de *Diseño y construcción de prototipos*; tres en el área de *Asesorías en Electrónica*; dos en el área de *Automatización y software*. Adicionalmente, se ha trabajado en mejorar la operación del laboratorio con el fin de ofrecer un mejor servicio. Entre estas labores se encuentran: Limpieza y organización de la bodega del laboratorio. - Levantamiento del inventario del laboratorio en la plataforma electrónica PartsBox (<https://partsbox.io>), la cual se mantiene actualizada en tiempo real. Se ha dado mayor seguimiento a las solicitudes que recibe el laboratorio por

medio de una revisión semanal de todos los tickets que se encuentran en proceso de desarrollo. En este proceso se ha buscado brindar información regular al usuario sobre el progreso de su solicitud. Se encuentra en proceso la preparación de una bitácora electrónica más extensa que la ofrecida por el sistema ASIF del instituto. En esta bitácora, los técnicos podrán incorporar más información sobre sus trabajos, como es el caso de esquemas electrónicos, fotografías o cualquier otro documento útil.

Respecto a los trabajos realizados destaca el haber diseñado y construido un control de temperatura para platina, para el laboratorio de fluidos complejos II. Se construyeron 14 resistores de columna en base al Reporte Técnico FE-086-2017, con esta actualización el acelerador de 2 MV ha tenido una excelente estabilidad en la terminal de alto voltaje por lo que se pretende construir otros 15 resistores para reemplazar a los actuales que se encuentran fuera de la tolerancia admitida. En la parte de mantenimiento y reparaciones especializadas de equipos científicos se otorgó servicio a los siguientes laboratorios: Fluidos Complejos I y II, Dispersión de Luz, Tribología y Superficies, Electrónica Molecular, Acelerador de 2.0 MV, Acelerador de 5.5 MV, Materiales Avanzados y Fotónica de Geles II, sobresalen las reparaciones especializadas de la Mesa vibratoria NFT MOD2, Reparación de Espectrofotómetro de fluorescencia Perkin Elmer LS-55 y la reparación de fuente de láser EKSPLA PL2143A.

Por otra parte, se hizo el diagnóstico y reparación de equipos electrónicos, entre los que destacan: Diseño de una fuente de voltaje para un motor de DC, en el laboratorio de Propiedades Ópticas se realizó el diagnóstico y reparación de un osciloscopio y del sistema de refrigeración de la cabeza de un Láser (YAG-Nd), se puso en marcha del sistema motorizado para un equipo de grabado láser, se implementó un control de temperatura de celdas Peltier de baja corriente. En el área de electrónica y diseño para impresión 3D, se realizaron 27 prototipos por impresión 3D. Se diseñó, construyó y se puso en marcha un gabinete eléctrico para contener el sistema de control para el posicionamiento XYZ del equipo de grabado láser del Laboratorio de Imágenes Biomédicas y un sistema de control para el equipo de Spray Pirólisis del Laboratorio de Películas Delgadas. Se automatizó una válvula de inyección de gas para el Laboratorio de Reactividad Catalítica de Nanomateriales.

### 5.4 Cómputo y Telecomunicaciones

La Secretaría Técnica de Cómputo y Telecomunicaciones tiene diferentes áreas para el apoyo a la investigación. Entre ellas se

tiene el área de cómputo científico y de alto rendimiento, donde esta Secretaría es la encargada de mantener, instalar y actualizar los equipos dedicados a realizar los cálculos necesarios por los investigadores del IF. Adicionalmente, se da soporte técnico tanto a investigadores como estudiantes en la utilización, compilación y administración de estos equipos. El número de usuarios constitucionarios es de 130. Actualmente se cuenta con los siguientes servidores para la infraestructura de cómputo científico del Instituto de uso general se tiene:

- |             |              |              |
|-------------|--------------|--------------|
| 1. Davis    | 2. Mingus    | 3. Ellington |
| 4. Coltrane | 5. Masterlab |              |

Por su parte el grupo de nanociencia computacional se tienen los siguientes servidores:

- |             |           |            |
|-------------|-----------|------------|
| 1. Flatland | 2. Baktum | 3. Storage |
|-------------|-----------|------------|

Siendo supercómputo un área importante para el desarrollo estratégico nacional, la compra de un equipo de cómputo de alto rendimiento más avanzado proveerá de una variedad de beneficios a corto y largo plazo para el IF. Un nuevo equipo le dará a nuestro instituto mayor equidad en herramientas computacionales de alto rendimiento comparados con instituciones académicas de la región y claro, del extranjero, para continuar realizando ciencia de frontera.

Durante el año 2019 se concluyó el espacio del nuevo site de cómputo, el cual cumple con las normas internacionales de construcción de sites, en el segundo semestre del año mencionado, se migró de manera exitosa el equipo de cómputo a este espacio. Adicionalmente, debido a que el servidor de correo electrónico del IF era ya insuficiente y sufría constantes fallas, además de la falta de desarrollo de software para garantizar la seguridad del correo y el bloqueo de SPAM, en agosto se hizo la migración del correo electrónico del IF a Gsuite con la probación de la DGTIC. Por otra parte, a finales del año 2019 se comenzó la instalación del cableado y fibra óptica para la modernización de todos los *switches* y *access points* dentro del proyecto PCPuma, el cual está en espera de que se concluya.

## 5.5 Coordinación Docente

Junto con la Unidad de Comunicación del IF, durante el segundo semestre del año 2019, se sometió a la Secretaría de Educación Ciencia y Tecnología de la Ciudad de México (SECTEI), el proyecto "Física para todos desde el Instituto de Física" para solicitar recursos destinados a apoyar actividades de di-

vulgación, dirigidas a estudiantes de bachillerato y licenciatura, así como periodistas de la divulgación científica. El proyecto consiste de cinco sub-proyectos, a saber, ciclo de conferencias de divulgación científica, El Instituto de Física en la Facultad de Ciencias, Física en femenino, Física para periodistas y Puertas Abiertas 2020 (<https://www.fisica.unam.mx/fisicaparatodos/>). El proyecto fue aprobado con la totalidad de recursos solicitados.

Respecto al trámite de registro y resello de credenciales que lleva a cabo la Coordinación Docente, durante el año 2019 el número total de registros de estudiantes fue de 526 (28 Ayudantes de Investigador, 82 Servicio Social, 209 Licenciatura, 120 Maestría y 87 Doctorado).

El 15 de noviembre tuvo lugar el Día de Puertas Abiertas del IF, edición 2019, ([https://www.fisica.unam.mx/puertas\\_abiertas/pa2019/index.php](https://www.fisica.unam.mx/puertas_abiertas/pa2019/index.php)), donde se ofrecieron alrededor de 100 actividades a los más de 3000 visitantes que estuvieron presentes en el IF. Este número de visitantes superó nuestras expectativas y el registro de años anteriores por alrededor de un 50%. En esta edición además de ofrecer las actividades de años anteriores como son pláticas, exposiciones, exhibiciones, concursos como el gran colisionador y el rally, visitas guiadas y trazos de ciencias entre otros, se presentó la exhibición "Muro de Investigadores Eméritos". Adicionalmente, el Museo de la Luz, el Museo Universum, así como el capítulo estudiantil de la Sociedad Óptica Americana con sede en México, estuvieron presentes y ofrecieron a los visitantes de edades más cortas, diversas actividades y juegos recreativos cercanos al quehacer científico.

Por primera vez en el IF se hizo un evento de bienvenida a Estudiantes Asociados, en el auditorio Alejandra Jáidar, durante el evento se presentó a los estudiantes el equipo de trabajo de la actual administración y las unidades de servicio e infraestructura con la que cuenta el Instituto para el desarrollo de sus actividades. En la edición del evento de bienvenida de los estudiantes del semestre 2020-2 tuvo lugar la Ceremonia de Premiación a los Estudiantes Ganadores de la Medalla o Diploma Juan Manuel Lozano Mejía en las tres categorías. Además, se entregaron también los premios a los ganadores del Concurso de Carteles de Divulgación realizado en el Día de Puertas Abiertas.

Como parte del convenio establecido con Casita de las Ciencias varios años atrás, el IF ofreció a estudiantes del Colegio de Ciencias y Humanidades, del plantel Vallejo, una visita guiada a tres distintos laboratorios, Central de Microscopía, Aerosoles Atmosféricos y LANCIC.

Uno de los cinco sub-proyectos dentro del proyecto SECTEI, es el Ciclo de conferencias de divulgación científica, dirigido a jóvenes de bachillerato y que tiene como finalidad el fomentar vocaciones científicas. Para dicho propósito se planearon seis conferencias impartidas por investigadores del IF, a realizarse entre febrero y mayo de 2020. Las conferencias impartidas fueron las siguientes: "La física en nuestras vidas", "El inesperado encuentro entre la física y la medicina", "De la Tierra a los hoyos negros", "Observando el Universo desde el interior de una mina a 2000 metros bajo tierra", "La luz y la invisibilidad" y "Los átomos y la luz". A las conferencias asistieron estudiantes de la Escuela Nacional Preparatoria de los planteles 1, 4 y 7.

Con el objetivo de promover que los estudiantes de la Licenciatura en Física, de la Facultad de Ciencias UNAM se integren a la comunidad del IF, ya sea desarrollando su servicio social, tesis de licenciatura, o bien se conviertan en estudiantes de posgrado, se planeó un día de actividades en el que los académicos del Instituto muestren la investigación que cultivan. El evento se planteó para el mes de marzo del 2020, en el conjunto Amoxcalli de la Facultad de Ciencias, sin embargo, el evento está momentáneamente pospuesto por la contingencia sanitaria por COVID-19. Las actividades por realizarse son conferencias plenarias, lunch con un científico, y feria de carteles (<https://www.fisica.unam.mx/fisicaparatodos/>).

Cabe destacar que durante el periodo de este informe se realizó la actualización del Reglamento de Estudiantes Asociados. El documento fue aprobado por el Consejo Interno el 11 de noviembre de 2019, entrando en vigor a partir de ese momento. En enero del 2020 se hizo entrega de los premios Juan Manuel Lozano Mejía 2019, cuyo objetivo es el de premiar a las mejores tesis de estudiantes de licenciatura, maestría y doctorado, dirigidas por académicos del IF. Adicionalmente durante el periodo se hizo el diseño de nuevas credenciales para estudiantes asociados, las cuales se entregaron durante el registro y resello correspondiente al ciclo 2020-2.

## 5.6 Biblioteca "Juan B. de Oyarzábal"

La biblioteca "Juan B. de Oyarzábal" del IF, una de las más completas de la UNAM, constituye un importante soporte documental para el desarrollo y la continuidad de las actividades de investigación, docencia y difusión de la cultura que se realizan en el Instituto. Esta unidad de información documental ha incrementado en forma cualitativa y cuantitativa sus colecciones y ha ido incorporado nuevas tecnologías que facilitan, agilizan y optimizan la organización, el control de los materia-

les y algunas actividades específicas que se llevan a cabo. Esta modernización de la biblioteca y su acceso y su difusión a través de su sitio Web, ha hecho que cada vez menos personas acudan físicamente a la biblioteca.

Sin embargo, las bibliotecas siempre han desempeñado una función fundamental a la comunidad y ofreciendo la oportunidad de aprender, educar y ayudar a dar forma a las nuevas ideas y perspectivas, que son vitales dentro de una comunidad creativa e innovadora. La visión de esta administración es la de revitalizar la planta baja de la biblioteca del IF para propiciar una atmósfera que sirva como una zona que promueva la creatividad, discusión y colaboración entre sus miembros con el fin de crear sinergias. Además, puede ofrecer la oportunidad a toda nuestra comunidad tan diversa de aprender y educar con diferentes actividades, creando un espacio para el intercambio libre de ideas. En una primera etapa se hizo una encuesta a la comunidad, con el fin de conocer las necesidades más importantes y así desarrollar un proyecto de remodelación.

## 5.7 Unidad de Comunicación IF (UCIF)

Los principales logros de la UCIF durante el periodo de este informe, se concentran en tres líneas principales: 1) Contenidos propios, 2) Redes sociales, 3) Proyecto "Física para todos desde el IF", 4) Eventos de divulgación. A continuación, se detallan cada uno de estos logros.

### 5.7.1 Contenidos propios

Siguiendo con el modelo de producción de contenidos propios que se planteó la UCIF desde el año 2011, durante el periodo abril 2019-marzo 2020, se realizaron los siguientes contenidos:

- a) 53 noticias sobre eventos, actividades, premios y reconocimientos para los miembros de la comunidad del IF.
- b) 14 artículos periodísticos sobre la investigación que lleva a cabo la comunidad del IF, con énfasis en las explicaciones científicas y la relevancia de su trabajo.
- c) 29 videos sobre la trayectoria de Investigadores y Técnicos Académicos del IF (Perfiles IFUNAM); investigaciones concretas o eventos. Entre estos videos destacan dos memorias filmicas: "Germinal Cocho, un sistema complejo" y "Físicas en la UNAM". Se editaron dos videos institucionales de bienvenida a estudiantes y público en general los cuáles están siendo utilizados en varios de los eventos que organiza el IF. Todos los contenidos propios han sido difundidos

a través de las redes sociales del IF, generando una amplia respuesta por parte de nuestros seguidores.

### 5.7.2 Redes Sociales

En el periodo mencionado, el IF reporta un crecimiento sostenido en sus redes sociales, tal como se indica en el cuadro mostrado a continuación. Cabe indicar que el IF está entre los dos Institutos de la Coordinación de la Investigación Científica con el mayor número de seguidores en Facebook.

Red social	Enero 2017	Enero 2018	Enero 2019	Marzo 2020
Facebook	61,469	68,907	75,113	88,894
Twitter	14,500	18,400	21,926	25,200
YouTube	4,784	5,672	7,164	8,690
Instagram	0	1,004	1,402	1,972

### 5.7.3 Proyecto "Física para todos desde el IF"

En colaboración con la Coordinación Docente, se logró el financiamiento de SECTEI del proyecto "Física para todos desde el IF", el cual tiene como principal objetivo acercar y difundir las investigaciones que se desarrollan en el IF hacia los diferentes sectores, entre ellos, público en general y estudiantes de educación básica, media superior y superior. El propósito, por un lado, es dar a conocer la relevancia que la física tiene en el avance científico y tecnológico que acompaña nuestra cotidianidad y, por otro, acercar a los estudiantes en formación a ser parte del núcleo de la física, eligiéndola para estudiar licenciatura o posgrado.

Las actividades que se han llevado a cabo son:

- Dos pláticas de divulgación (11 de febrero y 11 de marzo) a las que asistieron un total de 153 estudiantes.
- Un encuentro de Física en femenino (11 de marzo) en el que participaron 13 académicas y 58 estudiantes mujeres.
- Se creó el sitio web para el proyecto, a través del cual cualquier persona puede conocer el objetivo, las actividades y los requisitos para participar en cada uno de ellos: [www.fisica.unam.mx/fisicaparatodos](http://www.fisica.unam.mx/fisicaparatodos).
- Se planeó la logística y organización del "Día del Instituto de Física en la Facultad de Ciencias" que se realizaría el 23 de marzo, sin embargo, la emergencia sanitaria por la COVID-19 orilló a suspenderla. El evento incluiría la participación de 68 académicos (9 plenarias, 16 Lunch con un científic@, 43 para la Feria de Carteles).

### 5.7.4 Eventos de Divulgación

La UCIF gestionó y coordinó diversos eventos de divulgación, en los que se difundieron las actividades del IF hacia público no especializado.

- Fiesta de las Ciencias y Humanidad 2019.** Contó con la participación de 7 investigadores y más de 15 estudiantes a través de cinco charlas de divulgación y 2 stand con experimentos permanentes (física médico y micromanipulación óptica). La UCIF coordinó el stand, llevó a cabo la cobertura, difusión y registro fotográfico de todas las actividades.
- Día de Puertas Abiertas 2019.** La UCIF fue fundamental para el diseño de la imagen del evento, cobertura, registro fotográfico y su difusión a través de redes sociales; también participó en actividades concretas como el Rally, el Gran Colisionador de Físicos, Colección Fotográfica "Nuestros Investigadores Eméritos" y la gestión con Universum y el Museo de la Luz, para talleres y presentaciones artísticas.
- Día Internacional de la Física Médica.** La UCIF contribuyó en el diseño, planeación, cobertura, registro fotográfico y difusión del evento a través de videos y notas en redes sociales. También gestionó que el evento se llevara a cabo en el Museo de la Luz.
- Charlas de divulgación.** "El primer segundo después del Big-Bang", como parte de la serie "El Universo Hoy" de Universum; "Neutrinos desde un detector bajo tierra", en la jornada científica Atenco.
- Presentación del libro Ondas Gravitacionales de Shahen Hacyan.** La UCIF planeó, cubrió y difundió el evento en alianza con el Fondo de Cultura Económica.
- Apoyo en la difusión y cobertura de diversos eventos.** "Un día de la física para la sociedad", "DESIfest", "Homenaje a Germinal Cocho", entre otros.

### 5.8 Unidad de Vinculación

En la anterior administración del IF, se creó la Unidad de Vinculación, con el objetivo de asesorar a los académicos y establecer mecanismos y estrategias adecuadas para que el IF se relacione de una manera directa y eficaz con otros centros de investigación, universidades, sectores sociales y las áreas productivas. Adicionalmente, plantea estrategias para incrementar la captación de recursos extraordinarios, lo cual permitirá apoyar las labores de investigación a través de renovación de infraestructura y compra de materiales, entre otras acciones. A continuación, se informa de las actividades realizadas por la Unidad de Vinculación durante el primer año de actividades de la administración 2019-2023.

Derivado del Plan de Desarrollo 2019-2023, la Unidad de Vinculación y Transferencia de Conocimiento (UVTC-IF), se trabaja de acuerdo a los siguientes ejes rectores:

- a) Unidad de Vinculación e Institucionalización
- b) Innovación, Transferencia de Tecnología y Emprendimiento
- c) Gestión de Calidad
- d) Cultura y Difusión
- e) Política Pública
- f) Internacionalización
- g) Educación Continua
- h) Bolsa de Trabajo
- i) Líneas de Negocio

#### 5.8.1 Unidad de Vinculación e Institucionalización

Se gestionaron 16 Convenios de Colaboración, algunos datos de los Convenios que se formalizaron, se encuentran en el Anexo H.

#### 5.8.2 Innovación, Transferencia de Tecnología y Emprendimiento

Se realizó el levantamiento de servicios externos que los académicos ofertan a entidades público/privadas, así como la investigación comercial de dichos servicios en posibles clientes y aplicaciones industriales. En base a lo anterior se está trabajando en un sitio en la página web del IF para hacer más visibles los servicios a centros de investigación e iniciativa privada que ofrece el Instituto. Adicionalmente se realizó el levantamiento de servicios o proyectos de investigación a fin de colaborar con la SECTEI.

#### 5.8.3 Gestión de Calidad

Se trabajó en el mantenimiento del Sistema de Gestión de la Calidad de los Laboratorios del IF (SGC-Labs IF) bajo un Sistema Integrado de las normas internacionales ISO9001 "Requisitos para los sistemas de gestión de la calidad" e ISO17025 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo" en los Laboratorios LEMA, LANCIC y LAREC. En el mes de septiembre del 2019, se atendió la auditoría interna por parte de la CGCI, donde auditores de la UNAM evaluaron el funcionamiento del SGC-Labs IF. Adicionalmente, se atendió la auditoría externa de vigilancia para el mantenimiento del Certificado ISO 9001SIGE e IQNet, en el caso del LEMA por parte del organismo certificador, Sociedad Internacional de Gestión y Evaluación SIGE, A.C. En paralelo se trabajó en los procedimientos y formatos en conjunto con el LCM para incorporarlo al SGC-Labs IF y se formaron 3 auditores internos en el IF, que se encuentran en periodo de entrenamiento.

#### 5.8.4 Cultura y Difusión

Se realizó el evento "Destino: Innovación 2019" en colaboración con la Facultad de Ciencias cuyo objetivo fue el de promover la colaboración entre la industria y la academia, para que las comunidades de ambas instituciones encontremos aliados estratégicos que nos permitan generar valor agregado a través de la incorporación de la ciencia, la tecnología y la innovación. Por otra parte, se realizaron videos para la campaña "Físicos con Empresas" en colaboración con la Unidad de Comunicación del IF. Adicionalmente se realizaron publicaciones en la red social de la UVTC relacionadas al día internacional de la propiedad intelectual, emprendimiento, análisis de patentes, entre otras informaciones.

#### 5.8.5 Política Pública

Se presentó la propuesta "PENTA Nano, la PENTAhélice en la Nanotecnología", con el fin de que la nanotecnología se ubique en la PENTAhélice para alinearse a las actuales políticas gubernamentales y programas financieros de apoyo. Por otra parte, se identificaron las líneas de investigación de los académicos del IF y se revisan las convocatorias de programas que publica la Dirección General de Cooperación e Internacionalización de la UNAM.

#### 5.8.6 Bolsa de Trabajo

Se asistió a las reuniones que organiza la Bolsa Universitaria de Trabajo de la Dirección General de Orientación y Atención Educativa (DGOAE) de la UNAM, se colaboró con en la Feria del Empleo 2019 y se difundieron a través de la Red Social de la UVTC Oportunidades de Empleo.

#### 5.9. Secretaría Administrativa

La función de la Secretaría Administrativa es proporcionar servicio de calidad, a fin de facilitar el cumplimiento de las funciones asignadas para apoyo a la investigación. Junto con la dirección, planea organiza, establece sistemas y procedimientos tendientes a optimizar los recursos humanos, financieros y materiales; cumpliendo con la normatividad aplicable. La meta de esta administración es proporcionar un servicio ágil y coordinado, que brinde un apoyo eficaz y eficiente a las actividades sustantivas del IF, que se traduzca en mejores tiempos de respuesta, contribuir a la protección del medio ambiente y promover la mejora continua de los procesos.

Durante este primer año de gestión de la actual administración, se realizaron los siguientes trabajos que se describe a continuación de manera general.

### 5.9.1 Departamento de Presupuesto

Este departamento es el responsable de llevar el registro y control del ejercicio del presupuesto de todos los departamentos y proyectos. En total se realizaron 3,634 trámites, tales como viáticos, gastos de intercambio, trabajos de campo, boletos de avión, becas, pago a proveedores, entre otros gastos de operación. En las siguientes tablas se muestran el total de los trámites registrados en esta área.

68 Proyectos PAPIIT	1 Proyectos PAPIIME	33 Proyectos CONACyT
2 Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México	1 Fuerza aérea de los Estados Unidos	1 Royal Holloway and Beoford New College
1 London Mathematical Laboratory	1 Queen University Belfast	

Tabla 5.9.1.1 Apoyo en la gestión administrativa a 108 proyectos académicos

### 5.9.2 Departamento de Personal

A través de los esquemas de capacitación de la Dirección General de Personal de la UNAM, el personal administrativo ha asistido a los cursos que se ofrecen, buscando con ello mejorar la calidad de su trabajo en busca de fortalecer los servicios de apoyo a la investigación.

Personal	Talleres de actualización y adiestramiento	Cursos de promoción	Cursos Desarrollo Humano	Taller de Cómputo	Total
Base	2	1	3	10	16
Confianza	5	-	-	-	5
Funcionarios	4	-	-	-	4
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>25</b>

Tabla 5.9.2.1 Asistencia del personal administrativo a cursos y/o talleres de capacitación durante el periodo de mayo 2019 a marzo 2020

Nombre	Categoría	Fecha
María Isabel Refugio Casar Aldrete	Investigadora Asoc. C Tiempo Completo	1º de octubre de 2019
Alfonso Javier Mondragón Ballesteros	Investigador Titular C Tiempo Completo	1º de octubre de 2019
Enriqueta Hernández Saldaña	Investigadora Titular A Tiempo Completo	1º de enero de 2020
Luis David Fernando Romeu Casajuana	Investigador Titular C Tiempo Completo	1º de enero de 2020
Margarito Vásquez Rodríguez	Técnico Académico Asoc. C Tiempo Completo	1º de enero de 2020
Marco Antonio Veytia Vidaña	Técnico Académico Titular C Tiempo Completo	1º de marzo de 2020
Fernando Alba y Andrade	Investigador Titular Emérito Tiempo Completo	8º de marzo de 2020
María de la Luz Díaz Guadarrama	Multicopista	31 de diciembre de 2019
José Martín Duarte López	Oficial de Transporte Especializado	31 de diciembre de 2019
José Carlos Sánchez Bibriesca	Jefe de taller	31 de diciembre de 2019

Tabla 5.9.2.2 Personal que se jubiló durante el periodo de mayo de 2019 a marzo de 2020

### 5.9.3 Departamento de Bienes y Suministros

Recepción y atención a Solicitudes Internas de Compra para la adquisición de bienes, equipos y servicios nacionales	1624
Recepción y atención a Solicitudes Internas de Compra para las adquisiciones al extranjero ante la Dirección General de Proveeduría	147
Alta de Inventarios ante la Dirección General de Patrimonio	186
Recepción y atención a Vales de Salida de Almacén para papelería de uso recurrente	124
<b>Total</b>	<b>2,081</b>

Tabla 5.9.3.1 Gestión de trámites atendidos en área de Bienes y Suministros

## 6. Logros de la Actual Administración: Evaluación y seguimiento del Plan de Desarrollo Institucional 2019–2023

El 21 mayo de 2019, la Dra. Cecilia Noguez tomó posesión de la Dirección del IF, designada por la Junta de Gobierno. A continuación, se mencionan los principales logros de su administración durante su primer año de gestión; así como los avances del Plan de Desarrollo Institucional 2019–2023.

### 6.1 Cambios en la Estructura de Organización

Dado los nuevos retos y necesidades institucionales, en el transcurso del año se revisó y adaptó el siguiente organigrama propuesto, de acuerdo a las necesidades actuales, a fin de renovar su estructura funcional. En él se conserva su estructura departamental, conformado por ocho departamentos, apoyado en sus recomendaciones académicas de manera interna por el Consejo Interno y la Secretaría Académica, y de manera externa por la Comisión Dictaminadora y la Comisión Evaluadora del PRIDE. Además, cuenta con las Secretarías; Administrativa, la Secretaría Técnica de Cómputo y Tecnologías de Información y Comunicación (anteriormente Secretaria de Cómputo y Telecomunicación), la Secretaría Técnica de Desarrollo y Mantenimiento de Instrumentación Científica y la Secretaría Técnica de Mantenimiento.

Entre las metas del Plan de Desarrollo Institucional 2019–2023 se tiene la reorganización de la Secretaría Técnica del Taller Mecánico y Mantenimiento el cual se hacía cargo tanto del desarrollo y mantenimiento de instrumentación científica, como del mantenimiento de la Infraestructura. El IF cuenta con cerca de 22 mil metros cuadrados de construcción y 50 espacios de laboratorios, además de oficinas, aulas, salones de seminarios, biblioteca, auditorio, entre otras instalaciones que requieren de mantenimiento preventivo y correctivo de manera cotidiana. Por otro lado, esta misma Secretaría tenía a su cargo el desarrollo de diferentes piezas, que van desde su diseño y maquilación, hasta su ensamblaje y que forman parte de una gran cantidad de experimentos que se desarrollan tanto en México, como en otras partes del mundo. Siendo estas actividades totalmente distintas y con diferentes complejidades y responsabilidades, a finales del 2019 se dividió dicha secretaria dando origen a dos Secretarías independientes:

- Secretaría Técnica de Desarrollo y Mantenimiento de Instrumentación Científica, y
- Secretaría Técnica de Mantenimiento.

A esta última se incorporó el Laboratorio de Electrónica y se reforzó el desarrollo de instrumentación con la contratación de un Técnico Académico que apoya en el diseño mecánico y en electrónica. Con ello se busca:

- Actualizar las metodologías y desarrollo de trabajos de instrumentación científica. Identificar trabajos a corto, mediano y largo plazo, así como por su grado de innovación o dificultad.
- Elaborar guías para una correcta planeación y asignación de los trabajos que permita realizar desarrollos más complejos y en tiempo eficiente.
- Implantar un programa de capacitación para el personal adscrito al taller.

Por otro lado, con la Secretaría Técnica de Mantenimiento de Infraestructura se busca planear y reforzar las labores del mantenimiento de los siete edificios que componen las instalaciones del IF, así como de sus instalaciones eléctricas, hidráulicas, de sus instalaciones de aire, plantas eléctricas, entre otras, que permiten el funcionamiento y cuidado de toda la instrumentación. Aquí hemos comenzado un programa para hacer énfasis en el mantenimiento preventivo de las instalaciones del IF.

Además de estas dos Secretarías Técnicas que apoyan la investigación científica, también se reorganizó la Secretaría Técnica de Cómputo y Telecomunicaciones. Se migraron los equipos que apoyan desde el cómputo científico de alto rendimiento, hasta aquellos que albergan los servicios administrativos y académicos a un nuevo sitio, el cual se terminó de adaptar y que cumple con los más altos estándares. De esta forma, el sitio viejo se remodeló y se adquirió mobiliario adecuado, de manera que ahora los Técnicos Académicos asociados a esta secretaría y los dos de la Unidad de Comunicación comparten un espacio que les permitirá compartir y desarrollar ideas. Cabe mencionar que los integrantes de la Unidad de Comunicación, así como los de la Secretaría Técnica de Cómputo y Telecomunicaciones estaban dispersos en diferentes edificios y contaban con oficinas improvisadas, ocupando espacios destinados a labores de otra naturaleza, como la Biblioteca.

En esta nueva estructura, también forma parte el Laboratorio Central de Microscopía el cual da apoyo a más de 25 proyectos de investigación al año que se desarrollan en el IF y que por lo tanto requiere de un seguimiento puntual. Por otra parte, la Oficina de Seguridad Radiológica paso a depender directamente de la Dirección del IF, dada la relevancia y responsabilidad que tiene la dirección en el mantenimiento y funcionamiento de los aceleradores del IF, así como de todos los asuntos que tiene que ver con dicha oficina, cuyo responsable es el M. en C. César Ruíz Trejo.

También merece hacer mención que en 2019 el Consejo Interno apoyó la propuesta de la Dirección de fusionar el Subcomité de Superación Académica, el cual ahora lo conforman miembros del Comité de Docencia, que a su vez está conformado por la Coordinación Docente y los representantes de las diferentes licenciaturas y posgrados en los que participa el IF en sus Consejos Académicos. El principal objetivo es que los integrantes del Comité Académico estén al tanto del desarrollo de los estudiantes asociados y que puedan representar tanto los intereses de los académicos, como de sus estudiantes.

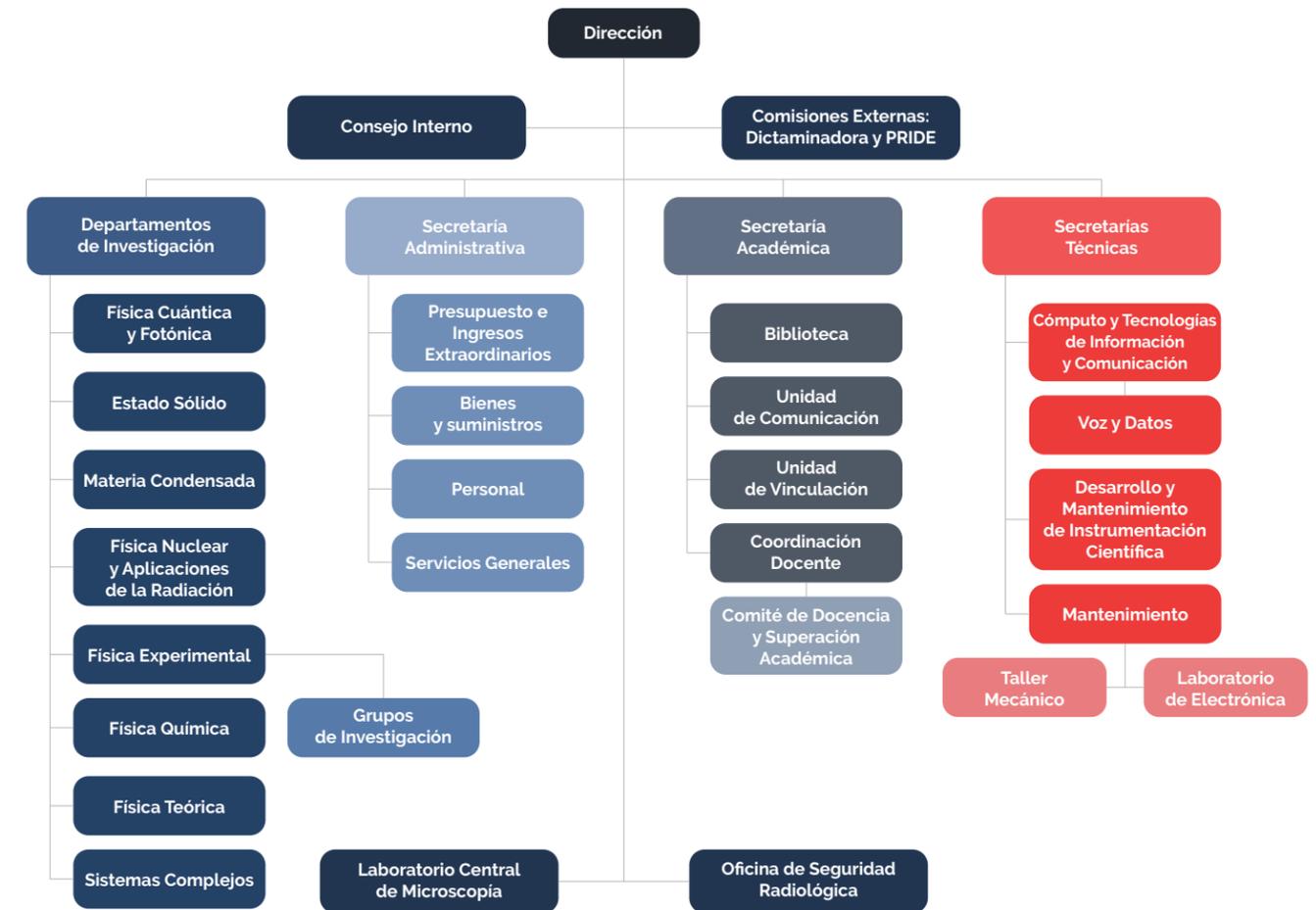


Figura 6.1 Propuesta de Organigrama de la Administración 2019-2023, planteado a partir de las necesidades actuales del IF

## 6.2 Secretaría Administrativa

La Secretaría Administrativa en los últimos años ha incrementado considerablemente el número de trámites administrativos, motivado por el crecimiento que ha tenido la plantilla académica y nuevos requerimientos solicitados al realizar las adquisiciones de equipo y materiales por la Unidad de

Transparencia. El aumento del número de proyectos financiados a través de entidades como CONACyT, PAPIIT, SEC-TEI, proyectos internacionales; entre otros, el incremento del volumen de compras y servicios ha ocasionado una carga de trabajo adicional para el personal, lo que ha derivado en mayores tiempos de respuesta y ante la contingencia sanitaria por la COVID-19, nuevos retos han surgido. Por lo anterior la actual administración del IF está trabajando en alcanzar las siguientes metas:

- Agilizar los procesos administrativos, en el marco de la normatividad universitaria y en su caso la legislación aplicable.
- Incrementar los servicios en línea de los trámites administrativos
- Continuar con la implementación del Sistema Integral de Compras (SIC).
- Fomentar la capacitación del personal de confianza, funcionarios y personal administrativo de base dentro de los programas de capacitación de la UNAM, para reafirmar y/o incrementar las capacidades del personal y que el impacto se vea reflejado en los trámites y servicios que se prestan al personal académico del IF.

Una de las acciones para atender las necesidades de fomentar e incrementar la capacitación del personal de confianza, funcionarios y personal administrativo de base dentro de los programas de capacitación de la UNAM, es que el personal actualmente cuenta con una capacitación constante, los trabajadores asisten a cursos y talleres, lo que ha permitido mejorar el cumplimiento de su trabajo, así como promociones en el escalafón correspondiente.

### 6.3 Reuniones Académicas Internas

Uno de los propósitos de la presente administración es fortalecer los Campos de Conocimiento del IF (CCIF) y el número de áreas generales de investigación que se trabajan en el Instituto, para ello se realizaron las siguientes actividades, que en un futuro ayuden a crecer y renovarse de manera congruente y con metas y objetivos a largo plazo.

#### 6.3.1 Reunión con Jóvenes Académicos

Una de las acciones que se tomaron para el fortalecimiento a la vida académica e institucional, fue realizar una reunión con los académicos de más reciente ingreso para dar a conocer mecanismos de trámites académico-administrativos titulada: *Reunión con Jóvenes Académicos*.



En septiembre del 2019, la Dirección del IF convocó a una reunión de un día, con los 45 jóvenes académicos que ingresaron a laborar la IF a partir del año 2013 y los miembros del Consejo Interno del IF. El objetivo de la reunión fue trazar estrategias precisas para afianzar el desarrollo exitoso de las carreras de los jóvenes académicos dentro del IF. A través de una serie de pláticas, se les informó sobre los procesos para contrataciones, promociones y definitividades, así como aspectos centrales para lograr su independencia, consolidación y liderazgo académico. También se destacaron las diferencias entre las carreras académicas de Investigadores y Técnicos, aclarando cuales son sus labores y responsabilidades primarias. Dentro de esta reunión se abordaron los problemas que se enfrentan, como las evaluaciones, las publicaciones y las revistas nuevas, la competitividad internacional, los temas de igualdad de género y el trabajo que se ha hecho para resolverlos. Contamos con charlas y discusiones como los que se muestran en el programa.

#### 6.3.2 Reuniones de Diagnóstico por Departamento

En el marco de la convergencia de las acciones que realizó el IF en cuanto al impulso y fortalecimiento de la investigación básica y aplicada y a la integración de la comunidad del Instituto reforzando el compromiso institucional en tareas de grupo, departamentales e institucionales, la interdisciplina entre las entidades académicas para potenciar capacidades, nuevas líneas de investigación, servicios para los sectores productivo y público, se realizaron en septiembre del 2019 una serie de reuniones entre los académicos de cada departamento. En ellas, los académicos de cada departamento realizaron un diagnóstico y se plantearon las líneas de investigación a seguir a mediano y largo plazo. El resultado de estas reuniones quedó plasmado en el Plan de Desarrollo 2019-2023.

[https://www.fisica.unam.mx/documentos/2020/Plan\\_De-desarrollo\\_Institucional\\_2019-2023\\_v2.pdf](https://www.fisica.unam.mx/documentos/2020/Plan_De-desarrollo_Institucional_2019-2023_v2.pdf).

Es importante hacer notar que ante los cambios en la vida académica ocasionada por la contingencia sanitaria por la COVID-19, las perspectivas que se describen en dicho Plan de Desarrollo son susceptibles a sufrir modificaciones a corto, mediano y largo plazo debido a diversas causas de índole interno y externo, como es una posible situación de emergencia sanitaria prolongada, así como la posibilidad de una volatilidad económica.

### 6.3.3 Reunión con Estudiantes Asociados al IF

A efecto de fortalecer la integración de los estudiantes asociados de primer ingreso al posgrado en el IF y con el objetivo de tener un acercamiento más estrecho con los estudiantes asociados, la administración organizó al inicio de los semestres 2020-1 y 2020-2, eventos de bienvenida a los estudiantes donde se les muestra lo que es el IF, su origen, su infraestructura, sus investigadores y las líneas de investigación que se cultivan. En el evento se les presenta a los estudiantes los funcionarios con los que se pueden dirigir en determinadas necesidades y circunstancias que se puedan presentar. También en dicho evento se entregaron diferentes reconocimientos que se hacen a nuestros estudiantes como son: la Medalla y el Diploma "Juan Manuel Lozano Mejía" a las mejores tesis de licenciatura, maestría y doctorado. También se entregaron los reconocimientos a los mejores Carteles de Divulgación que se exhiben durante nuestro Evento de Puertas Abiertas.

### 6.4 Instalaciones y Mantenimiento

Se remodeló uno de los laboratorios para estudiar partículas coloidales autopropulsadas en fluidos complejos. Se reubicó la oficina secretarial en el edificio de Colisur, con el fin de tener un par de oficinas que alberguen becarios posdoctorales. A fin de atender la demanda académica de cómputo se realizaron acciones para la modernización de servicios, durante el segundo semestre del año 2019 se realizaron diversas obras de remodelación en el IF. A través de la reorganización de los espacios de la Secretaría Técnica de Cómputo y la Unidad de Comunicación. Destaca la realizada en el edificio Colisur, donde se acondicionó un local que comparten los Técnicos Académicos de las Áreas de Cómputo, de Comunicación y de Diseño. El objetivo es que exista una comunicación constante entre los Técnicos y que las solicitudes de servicio que involucren las áreas mencionadas sean realizadas de manera más eficiente.

### 6.5 Secretaría Técnica de Cómputo y Tecnologías de Información y Comunicación

Una de las metas que se lograron en el segundo semestre del año 2019 fue la primera parte de la actualización de la red alámbrica e inalámbrica de internet, así como su sistema de seguridad a través del traslado del equipo de cómputo al espacio donde se encuentra el nuevo site del IF.

Por otra parte, debido a que el servidor de correo electrónico del IF era ya insuficiente y sufría constantes fallas, en agosto

del 2019 se hizo la migración exitosa del correo electrónico del IF a GSuite. A finales del año 2019 se comenzó la instalación del cableado y fibra óptica para la modernización de todos los *switches* y *access points* (proyecto PCPuma). Dicho cableado está totalmente instalado y estamos en espera de la autorización de la segunda parte del proyecto PCPuma.

### 6.6 Nuevas Contrataciones

También se obtuvieron resultados en el fomento de la política de crecimiento y renovación, ya que en el segundo semestre del 2019 el IF hizo la contratación de dos Técnicos Académicos, una en el área de mecatrónica, la cual busca responder a las nuevas demandas en desarrollo de sistemas electrónicos que han surgido en el IF como resultado de la reciente creación de varios laboratorios de investigación, así como para satisfacer la creciente necesidad de servicios y manutención del equipo electrónico utilizado por la comunidad del Instituto. La otra Plaza de Técnico Académico vino a fortalecer el Área de Ingeniería Electromecánica del Taller Mecánico del Instituto, cuyo objetivo es el de modernizar y mejorar los procesos de diseño y construcción de aparatos e instrumentación científica que soliciten los académicos del IF. Con estas contrataciones se dio un relevo generacional, ya que el Ing. Marco Antonio Veytia Vidaña, quien había estado a cargo del Taller Mecánico por varias décadas, se jubiló el 1º de marzo del 2020.

## 7. Obituario 2019



En este informe anual recordamos a los académicos que laboraron en el IF y que fallecieron en el año 2019. Como reconocimiento a los aportes que hicieron para la institución, se presentan sus semblanzas:

### **Germinal Cocho Gil (1933-2019)**

El 9 de mayo de 2019, falleció a los 86 años, el Investigador Emérito del IF, Adonis Germinal Cocho Gil. Germinal llegó a México a los 11 años, a principios de los años 40 y como consecuencia de la emigración española producto del franquismo. En 1950 inició sus estudios de médico cirujano. Cuando vistió bata blanca practicó con cadáveres del Hospital General de México a lado de su maestro y director de la Unidad de Patología de la Facultad de Medicina, Ruy Pérez Tamayo. Poco tiempo después Germi escribió una tesis, junto con Elías Amador, basada en estudios experimentales sobre fisiología renal. Germinal pensó en la posibilidad de que existieran elementos comunes, principios y leyes, entre los sistemas físicos, biológicos y sociales. Esta innovadora hipótesis, adelantada para su tiempo, se convirtió en una constante en toda su vida académica y fue también, en parte, lo que lo llevó a estudiar física, y luego a hacer la maestría en la UNAM, el doctorado en la Universidad de Princeton, en Estados Unidos, y un posdoctorado en el Centro Internacional de Física Teórica en Trieste. En Trieste inició también una sobresaliente carrera docente. Adoptaba y entrenaba a jóvenes investigadores que con los años se volvieron reconocidos científicos. Durante el periodo de 1965 a 1980, su línea principal de investigación fue la fenomenología de la física de altas energías, destacándose sus trabajos sobre el llamado efecto sombra en las colisiones de nucleones con núcleos a altas energías, así como las colisiones de protones a ángulos grandes.

En los años 80, Germinal se dedicó a temas de cosmología e inició un seminario sobre esta área y sobre vacío cuántico que duró más de 15 años y en el que "se discutían ideas fantásticas y extravagantes sobre la estructura de las fluctuaciones cuánticas en un ambiente de cordialidad y tolerancia absoluta, pero con mucho rigor", dice Carlos Villarreal. Años más tarde Germinal emprendió su investigación en sistemas complejos, gracias a la cual desarrolló trabajos sobre los patrones de color en las serpientes y otros animales, o los motores moleculares capaces de transportar información biológica. También analizó las secuencias genéticas del virus del SIDA, que le permitieron formular modelos de la compleja dinámica del VIH y su interacción con células del sistema inmune. Empeñado en tejer puentes entre disciplinas, Germinal fue uno de los primeros en proponer un programa de inves-

tigación sobre la dinámica de los sistemas complejos, que más tarde derivaría en el actual Departamento de Sistemas Complejos del Instituto de Física. Además, fue uno de los actores más importantes para crear en 2012 el Centro de Ciencias de la Complejidad, el lugar dentro de la UNAM dedicado a analizar lo complejo desde la conexión de diversas disciplinas, tal y como lo hacía Germi. Como consecuencia de su afección por el conocimiento y por la vida, la comunidad científica lo homenajeó de diversas formas. En 2017, durante la presentación de su libro "Ciencia, Humanismo y Sociedad" y en 2018 con la medalla conmemorativa en la celebración de los 80 años del IF. El CEIICH realizó el documental "Germi", en cuya presentación Cocho arrebató sonrisas y simpatías con sus palabras de cierre: "Mientras el cuerpo aguante pues sigo aquí en la UNAM, no tengo ninguna enfermedad seria, no puedo protestar de la vida, hago lo que me gusta, ayudo a la familia, vamos unidos, el mundo está muy revuelto, México también, siquiera puedo ayudar un poco en lo que puedo..."

En el mes de octubre se realizó un homenaje póstumo para resaltar sus contribuciones científicas.



### José Luis Boldú Olaizola (1950-2019)

El 16 de diciembre del 2019, falleció a los 69 años, quien fue Investigador Titular C del IF, José Luis Boldú Olaizola. El Dr. José Luis Boldú, estuvo adscrito al Departamento de Estado Sólido, se jubiló en el año 2017.

José Luis nació en Barcelona, España, el 29 de octubre de 1950. Cuando tenía 3 meses, sus padres se unieron al resto de su familia en la Ciudad de México, México, así como a miles de otros ciudadanos españoles que buscaban asilo en México después de la guerra civil española. Recibió su Licenciatura y Maestría en Física por la UNAM. En 1976 hizo una estancia doctoral en *Oak Ridge National Laboratory (ORNL)*, fue en este lugar donde conoció a su esposa Sandra, nativa de *Oak Ridge*, y se casaron en 1978.

Recibió su Doctorado en Física del Estado Sólido por la UNAM en 1978. Hizo posdoctorados en la Universidad de Carolina del Norte, Chapel Hill en 1980 y otro en ORNL en 1986. Tuvo una larga y respetada carrera en la UNAM, donde también se desempeñó como profesor de Física. Fue Secretario Académico de la Coordinación de la Investigación Científica. Además fundó la Fundación Juventud por la Ciencia, que inspiró a los jóvenes a involucrarse en actividades científicas. También fue presidente de la Sociedad Mexicana de Cristalografía. En 2017 se retiró de la UNAM debido al deterioro de su salud.

**HOMENAJE GERMINAL COCHO**  
Pionero de la complejidad en México

**3 Octubre** | **10 Octubre**

<b>Inauguración</b> 09:00 a 09:30	
<b>Pionero en el Estudio de la Complejidad en México</b> Elena Alvarez Buaylla Gustavo Martínez Mekler 10:00 a 10:50	<b>Quiralidad y Origen de la Vida</b> Hugo Iván Cruz Ignacio Garzón Patricia Santiago
<b>Teoría de Campos</b> Shahen Hacryan Rocio Jáuregui Matias Moreno Carlos Villarreal 10:50 a 11:40	<b>Ciencia y Sociedad</b> Mariana Benítez José Luis Gutiérrez Eduardo Vizcaya X
<b>Germifits y Distribuciones Rango-Frecuencia</b> Jorge Flores Valdés Gerardo García Naumis Rosario Rodríguez Zepeda 12:20 a 13:10	<b>Medicina y Complejidad</b> Marcia Hiriart Carlos Villarreal Moisés Villegas
<b>Emergencia y Complejidad en Ecología y Evolución</b> Lorena Caballero Octavio Miramontes 13:10 a 14:00	<b>Universidad y Docencia - Facultad de Ciencias - UACM</b> Pedro Miramontes Rafael Martínez Rafael Pérez Pascual

Auditorio Alejandra Jáidar, Instituto de Física, UNAM



Instituto de Física  
UNAM