

Tecnologías avanzadas de la producción: perspectiva científica

**RAMÓN LÓPEZ ARENOSA,
JOSÉ A. MARTÍN PEREDA,
FRANCISCO TIRADO**

1. INTRODUCCIÓN

En el mundo actual el cambio tecnológico es uno de los factores determinantes del desarrollo económico.

Según los estudiosos de la teoría de los ciclos económicos, el periodo comprendido entre 1960 y la actualidad constituye la fase terminal de un ciclo económico de larga duración. Esta fase se caracterizaría por el agotamiento de las aportaciones de las tecnologías disponibles y el consiguiente descenso del ritmo innovador de productos.

De acuerdo con esta teoría de los ciclos, la fase terminal depresiva coincide con el periodo en que se generan las nuevas tecnologías que constituirán la base de desarrollo del ciclo siguiente. En consecuencia, el potencial de crecimiento económico español dependerá fundamentalmente del ritmo de incorporación de la nueva base tecnológica a su actividad económica.

Los estudios teóricos y empíricos indican que el próximo ciclo de actividad se basará en un pequeño número de avances clave: tecnologías de la información, biotecnología y tecnologías de nuevos materiales.

Es importante precisar que las nuevas tecnologías no deben identificarse con nuevos sectores de actividad. Sin duda generan nuevos productos, pero su impacto fundamental será sobre los procesos y productos de sectores tradicionales.

Estas tecnologías base tienen dos características comunes: su polivalencia y su conexión con la infraestructura científica. Los desarrollos de estas ciencias son de aplicación a multitud de procesos y productos con poca relación entre sí. La microelectrónica, un apartado de las tecnologías de la información, se aplica a ordenadores, relojes o juguetes, alcanzando desde los productos industriales más sofisticados hasta el electrodoméstico. La biotecnología proporciona soluciones en campos tan dispares como los fármacos, alimentos, ganadería o destrucción de residuos industriales. Por su parte los nuevos materiales pueden incorporarse a la estructura de un edifi-

cio o a un cepillo de dientes, permitir la construcción de un tren por levitación magnética o una prótesis articular. Se suele decir que son tecnologías de alto poder de penetración.

Por otra parte se observa que estas tecnologías están muy próximas a la ciencia básica, al desarrollo científico. La distancia entre el descubrimiento científico y su aplicación industrial es cada vez menor, al igual que el contenido científico de las aplicaciones es cada vez mayor.

Otro aspecto a considerar en un planteamiento de tecnologías avanzadas de la producción es el de la industria tradicional. Existen muchos ámbitos del sector productivo no implicados directamente en las tecnologías avanzadas y que en absoluto padecen de obsolescencia. En 1976 se calculaba en EE.UU. que el sector manufacturero, aparte de las tecnologías de la información, empleaba al 30 por ciento de la población activa, siempre previsible que en el año 2000 tal porcentaje alcanzase al 25 por ciento. En la CE este sector manufacturero es responsable de cerca del 20 por ciento del PIB.

Estos sectores económicos se encuentran sometidos a una fuerte presión por parte de países en vías de desarrollo que, gracias al bajo costo de la mano de obra, compiten favorablemente en precios. La mejora del posicionamiento en el mercado pasa por una doble vía: la incorporación de tecnologías avanzadas a su proceso productivo, automatización en sentido amplio, y la mejora de las técnicas tradicionales aprovechando los avances científico-técnicos en las distintas áreas. De este modo puede alcanzarse tanto un perfeccionamiento en los procesos como innovaciones en los productos, logrando disminución de costes y aumentos en la calidad y fiabilidad.

Dos son pues los ángulos de incidencia de las tecnologías avanzadas de la producción. La aplicación de las nuevas tecnologías de la información al proceso productivo, lo que se suele denominar automatización en sentido amplio, y la sustitución de procesos tradicionales por otros mejorados por el avance científico.

En ambos casos se requiere una gran integración entre los agentes científicos y empresariales, tanto para lograr la rápida aplicación productiva de los progresos científicos, como para orientar el trabajo académico hacia problemas industriales. Un típico proceso de *feedback*.

La automatización se inscribe dentro de las tecnologías de la información. Este área comprende tres niveles diferenciados por su tipo de incidencia:

1. Un primer nivel de características más horizontales que genera tecnologías de soporte como la microelectrónica y la fotónica.
2. Un segundo nivel vertical basado en las aplicaciones informáticas, donde, entre otras, se inscribe la automatización y robótica.

3. Un tercer nivel, también vertical, centrado en las comunicaciones.

La importancia económica del sector es obvia, sin embargo utilizaremos unas cifras orientativas.

En la CE (previo a la entrada de España y Portugal) el 6 por ciento del PIB está generado por el sector; el 29 por ciento del PIB proviene de sectores que aplican sus tecnologías; otro 20 por ciento del PIB se genera en sectores que introducen sus tecnologías de un modo creciente (comercio, automoción, textil,...). El progreso técnico propio de las tecnologías de la información crece a una tasa anual del 20 por ciento.

Desde los primeros sistemas de regulación neumática hasta los sistemas actuales de control distribuido para procesos continuos, la automatización industrial ha evolucionado rápidamente incorporando técnicas emergentes proporcionadas por la informática, la electrónica y los nuevos materiales. Su objetivo último se encuentra en la planta de producción concebida como una gran máquina inteligente en la que entran materias primas y diseños y salen productos acabados.

La automatización no sólo afecta a la maquinaria, sino también a su coordinación, producción e incluso gestión. El fuerte avance de la robótica, al integrar sensores externos que permiten su interacción con el entorno, es un potente incentivo para el desarrollo de conocimientos de inteligencia artificial, lo que genera aplicaciones en áreas cada vez más amplias e incentiva la investigación en ciencias de aplicaciones otrora lejana.

La aplicación de la automatización a los procesos industriales proporciona a las empresas incrementos en la productividad, calidad de sus productos, flexibilidad de adaptación a la demanda y tiempo de respuesta impensables por otro camino, redundando finalmente en el aumento de su competitividad.

En este contexto, la CE lanza un tercer Programa Marco de I+D (1990-1994), aprobado por el Consejo de Ministros el 23 de abril pasado. Contará con un presupuesto de 8.825 millones de ECU (5.700 del III Programa y 3.125 del II aún vigente). La razón por la que se adopta un nuevo programa, articulado con el actual 1987-1991, viene determinada por el ritmo del desarrollo tecnológico, los nuevos retos económicos con los que se enfrenta la Comunidad, la creciente competencia mundial y la necesidad de abrir perspectivas más allá del Mercado Único. En él, las tecnologías de la información, y en particular las de la producción, tendrán una atención especial.

2. SISTEMA INTERNACIONAL

Prácticamente todos los países industriales han promovido proyectos de desarrollo y difusión de las tecnologías avanzadas de la producción.

En esta sección se presenta un breve resumen del contenido y peculiaridades de los principales de estos planes para situar el Plan Español en relación con su entorno internacional.

2.1. EE. UU.

El Programa de mayor envergadura es el ICAM (*Integrated Computer-Aided Manufacturing*) financiado por el Departamento de Defensa. El objetivo de este programa es mejorar la productividad en la industria suministradora del ejército norteamericano, especialmente en la industria aeroespacial, y ha supuesto una inversión entre 1977 y 1985 de 250 millones de dólares divididos entre 65 contratos principales a más de 50 empresas.

Los resultados de este programa permanecen en propiedad del Departamento de Defensa que se los ofrece a cada nuevo contratista para que los aplique en su fabricación.

A partir del ICAM se han creado otros dos grandes proyectos:

- TECHMOD (*Technical Modernization*) que es un programa de cooperación entre USAF y sus principales contratistas que tiene por objeto mejorar las técnicas de fabricación existentes.
- Proyecto 1105 (*Conceptual Design for Computer Integrated Manufacturing*) que consiste en desarrollar los conceptos y la ingeniería de detalle de la fabricación del futuro.

Se pueden citar entre los principales resultados del programa ICAM:

- MCL (*Manufacturing Control Language*) Software desarrollado por McDonnell-Douglas para control de robots.
- *Large Plastic Incremental Deformation del U.S. Air Force Material Laboratory* que permite analizar por simulación el comportamiento de un metal en el proceso de moldeo.
- Sistema de gestión de procesos de fabricación desarrollado por GENERAL ELECTRIC y NORTHROP.

Además del programa ICAM, otras Agencias del gobierno norteamericano han generado programas de robótica y fabricación flexible: *National Bureau of Standards*, *National Science Foundation*, NASA...

2.2. Francia

El programa ARA (*Automatisation et Robotique Avancée*) iniciado en octubre de 1980 y promovido por la Dirección General de Investigación Científica y Técnica, ha centrado los desarrollos en nuevas tecnologías de fabricación.

El programa se divide en cuatro grandes áreas:

- Teleoperación avanzada: integración hombre-máquina para sistemas de intervención a distancia en ambientes peligrosos o de difícil operación, tales como aplicaciones espaciales, industria nuclear, submarina, etc.
- Mecánica y tecnología para robótica: investigaciones orientadas al diseño de robots ligeros a través de dos vías complementarias:
 - Desarrollo tecnológico: accionadores y sistemas de transmisión que permitan importantes ganancias de peso.
 - Desarrollo metodológico: modelización y control de estructuras ligeras.
- Robótica general: Sistemas y *software* de robots y especialmente de robots en operaciones de montaje.
- Sistemas flexibles de fabricación: métodos y herramientas de diseño y gestión automática integrada de sistemas flexibles de producción.

Estos programas se configuran como áreas preferentes de investigación y en ellos participan diferentes centros de investigación o universidades para la realización de proyectos específicos. Además existe un panel de observadores, constituido por empresas industriales, para el seguimiento de cada programa.

2.3. Gran Bretaña

El Departamento de Industria estableció en 1982 el *Flexible manufacturing systems scheme*.

Este programa presenta la doble vertiente de promoción de la difusión y aplicación de robots en la industria y de desarrollo de robots y elementos auxiliares de robótica. Está dotado con 60 millones de libras que se aplicarán a promover la introducción de sistemas de fabricación flexible mediante:

- subvención del 50 por ciento del coste del proyecto de ingeniería,
- subvención del 33,3 por ciento de la inversión,
- subvención del 33,3 por ciento del coste de los proyectos de desarrollo de nuevos modelos de robots industriales. Estas subvenciones se han concedido tanto a fabricantes británicos como extranjeros y han servido para incentivar la instalación de una fábrica de robots de UNIMATION.

Paralelamente a estas acciones, se ha creado un centro de demostración y formación dirigido a las empresas y un servicio de asesoramiento a través de la Asociación de Investigación de Ingeniería de Producción (PERA).

2.4. Japón

Las acciones del gobierno japonés tienen tres líneas directrices:

- Desarrollo de componentes de robots (accionamiento, manipulación, movimiento del robot, interrelación con el entorno, sistemas de control, lenguajes de programación ...) a través de acciones coordinadas entre las empresas y los laboratorios públicos de I+D.
- Integración de estos elementos mediante proyectos comunes como, por ejemplo, el desarrollo de robots que operen en entornos hostiles.
- Desarrollo de nuevas aplicaciones y mercados para robótica: submarinos, nucleares, espaciales.

Además de estos proyectos de desarrollo, el MITI ha generado unos mecanismos muy importantes de estímulo de la demanda:

- Promoción de una empresa de *leasing*.
- Amortización especial de robots de gama alta, 5 o más ejes.
- Financiación privilegiada para las PYME que introducen robots para mejorar las condiciones de seguridad en el trabajo (forja, alimentación de prensas, moldeo por inyección, ...).

2.5. República Federal Alemana

Desde el punto de vista de la investigación el Ministerio alemán de Ciencia y Tecnología actúa por dos vías:

- Financiación de proyectos de investigación a través del Programa FERTIGUNG-STECHNIK (Tecnología de fabricación) que concede subvenciones por valor de 40 millones de marcos por año.
- Coordinación de la investigación. Para ello, ha definido cinco Áreas Especiales de Investigación en Aquisgrán, Berlín, Darmstadt, Hannover y Stuttgart, básica en robótica: CAD, fabricación flexible, control de procesos, dinámica de máquina y tecnología de superficies.

De cara a la difusión de las tecnologías de producción a partir de enero 1984, comenzó a funcionar un programa de cuatro años dotado con 530 millones de DM para subvencionar:

- Utilización de CAD/CAM (300 millones de marcos) y diseño de robots y periféricos inteligentes (50 millones de marcos).
- Proyectos de I+D en fabricación flexible y calidad (148 millones de marcos).
- Estudios de los diferentes impactos que origina la introducción de estas tecno-

logías y difusión de la tecnología (ferias, exposiciones, publicaciones y seminarios).

2.6 *International Advanced Robotics Program*

La cumbre de Versalles (1982) de los jefes de Estado o de Gobierno de los países industrializados decidió estrechar la cooperación científica y por ello se establecieron dieciocho programas, uno de los cuales ha sido el de robótica avanzada (IARP). Hasta 1986 las sucesivas reuniones anuales de la Cumbre de Países Industrializados han pedido información sobre la marcha de los diferentes Programas, dejándolos a partir de dicha fecha total autonomía para seguir sus actividades.

El objetivo del Programa de Robótica Avanzada es promover el desarrollo de los sistemas de robótica avanzada que puedan sustituir al trabajo humano en actividades complejas en entornos duros o peligrosos y contribuir a la revitalización y crecimiento de la economía mundial.

Los países miembros iniciales del IARP fueron Canadá, Alemania Federal, Italia, Francia, Reino Unido, Estados Unidos y Japón, que tiene la Secretaría. Posteriormente se incorporaron la Comunidad Económica Europea y Austria.

Para posibilitar la incorporación de otros países se creó la figura de país observador y en este momento pertenecen al IARP como miembros observadores Australia, Holanda y Noruega.

Las actividades desarrolladas por el IARP incluyen:

- Elaboración de informes describiendo el estado de la I+D en robótica avanzada en los países participantes.
- Realización y acogida de *workshops*.
- Intercambio de delegaciones en estudio.
- Intercambio de investigadores.
- Ejecución de estudios en colaboración.

2.7. Comisión de las Comunidades Europeas

En 1984 la CEE puso en marcha el Programa ESPRIT dirigido a promover la investigación preindustrial en las tecnologías de la información mediante la financiación parcial de proyectos de desarrollo realizados conjuntamente por empresas o centros de investigación de, al menos, dos países comunitarios. El ESPRIT contempla cuatro áreas de investigación:

- Perspectivas de la microelectrónica.
- tecnologías de *software*.
- Ofimática.
- Fabricación integral con computador.

Este último apartado engloba de forma general la aplicación de las tecnologías de la información a la fabricación, conteniendo como uno de sus principales apartados la robótica y la fabricación flexible.

El contenido del proyecto de *Fabricación Integral con Computador* es:

- Arquitectura de sistemas integrados; arquitectura de sistemas, subsistemas gráficos.
- Diseño asistido por computador; elementos de diseño de productos y procesos de producción, utilización de técnicas de IA en CAD.
- Fabricación asistida por computador.
- Sistemas de control de máquinas; control numérico, montaje automático y robótica, optimización de la calidad.
- Subsistemas y componentes; tratamiento de imagen, subsistemas microelectrónicos, captadores.
- Aplicaciones de sistemas de fabricación integral con computador; creación de centros de aplicación y desarrollo de fabricación integral con computador, proyectos de soporte a la fabricación integral, diseño de productos para su fabricación automatizada, valoración de sistemas de fabricación integral, interrelación de sistemas de fabricación integral y sistemas de información de gestión.

Otro programa comunitario de incidencia en este área es el BRITE/EURAM.

Este programa de I + D se sitúa dentro del II Programa Marco y tiene por finalidad la mejora de la competitividad de la industria comunitaria de manufactura.

Su estrategia se resume en tres principios:

- Fomentar el desarrollo e implantación de tecnologías avanzadas en la industria.
- Fomento de la colaboración en la investigación y desarrollo entre industrias y centros de investigación.
- Fomento de la transferencia de tecnología entre distintos sectores industriales e incorporación de tecnologías paralelas a los procesos productivos.

Los temas cubiertos por este programa son intencionadamente amplios y se agrupan en cuatro áreas:

- Área 1: Tecnología de Materiales Avanzados.
- Área 2: Metodología de Diseño y Calidad de Productos y Procesos.
- Área 3: Aplicaciones de las tecnologías de Fabricación.
- Área 4: tecnologías de Procesos de Fabricación.

BRITE/EURAM es el más horizontal de los programas comunitarios por su carácter multidisciplinar y multisectorial, constituyéndose en uno de los más importantes de cara a los sectores industriales y académicos.

Desde el punto de vista aplicado, sus beneficios se concretan en: desarrollo de materiales avanzados y sus procesos; diseño de mejoras técnicas; reducción del lapso entre el diseño y el producto final; mejora de la gestión del proceso de producción; disminución de los costes de producción.

Como puede apreciarse por sus objetivos, su paralelismo con el Plan Nacional está a caballo entre los Programas Nacionales de Nuevos Materiales y de Automatización Avanzada y Robótica, y Modernización de la Industria Tradicional.

3. SITUACIÓN Y EVOLUCIÓN EN ESPAÑA

3.1. Introducción

Las tecnologías de la producción han tenido en nuestro país, casi de manera generalizada, una muy escasa actividad de Investigación y Desarrollo durante las últimas décadas de nuestra historia. La actividad fabril de principios de siglo, que repercutió de forma directa en toda una serie de sectores repartidos de forma no homogénea por España, no se vio continuada de manera innovadora después de la guerra civil, y si en ciertos momentos de este siglo pudieron llegarse a ofrecer toda una serie de productos que, con bastante éxito, llegaron a introducirse competitivamente en el mercado mundial, la situación que hemos visto desarrollarse a partir de la década de los cuarenta, ha sido un empeoramiento paulatino de nuestra capacidad de incidencia en los mercados y un retroceso considerable en áreas en las que, tradicionalmente, España tenía un notorio peso específico. Las consecuencias de todo ello están en la mente de todos y no es éste el lugar más indicado para recordarlas, pero sí parece procedente señalar que sólo sectores de características netamente tradicionales han sido los que han podido sostener con un cierto éxito la representación de nuestro país en los conciertos internacionales. Industrias de carácter penetrante y con incidencia en otros segmentos, como pueden ser las relacionadas con la electrónica, han sido las que con más fuerza han sentido esa especie de desfallecimiento que ha invadido a gran parte de la industria española en su proceso de modernización y adaptación a los nuevos requisitos de esta sociedad finisecular.

Cabría preguntarse cuáles han podido ser las causas más significativas para que la producción española haya podido llegar a la situación en la que se encuentra hoy. Situación que, por otra parte, no es exclusiva de nuestro país, sino que también puede hacerse extensiva a algunos otros que han visto cómo su balanza de pagos ha

ido empeorando según pasaban los años. Y aunque sea una sobresimplificación excesiva, y como consecuencia no absolutamente cierta al igual que toda sobresimplificación, podría indicarse que las razones más inmediatas han de buscarse en dos hechos esenciales.

El primero no es otro que la no adaptación de los métodos de producción a lo que los nuevos requisitos del mercado requerían. Algunas características de los productos, como la calidad, la fiabilidad, el rendimiento, la seguridad en el uso, incluso el diseño, han sido olvidadas por un gran número de fabricantes, más atentos a un beneficio inmediato que a una continuidad en la producción a largo plazo.

El segundo, íntimamente relacionado con el anterior, pero que constituye un verdadero entorno propio así como el eje central de estas líneas, es el de la no introducción de líneas de Investigación y Desarrollo de nuevos productos y nuevas técnicas dentro de cada industria. Así, por ejemplo, un gran número de métodos tradicionales han seguido empleándose para la fabricación de muchos productos tradicionales; y si en un mercado particular esto puede constituir una ventaja, no ocurre lo mismo en uno global, donde aparecen otros factores que inciden de forma notoria sobre el resultado último. Por otra parte, si lo anterior podía tener una cierta motivación, de carácter más artesanal que otra cosa, lo que resulta ya por completo inadecuado es el empleo de técnicas convencionales para la fabricación de nuevos productos con características altamente tecnológicas. Los ejemplos que han surgido a lo largo de nuestras últimas décadas han sido innumerables y son un claro ejemplo de por dónde no deberían ir nuestras industrias.

Parece pues procedente, de acuerdo con lo anterior, iniciar la búsqueda concreta de cuál debe ser el sendero por el que se modernicen nuestras tecnologías de la producción en un afán concreto de que puedan integrarse en los niveles más avanzados a escala mundial. Y esta búsqueda, afortunadamente, y en concreto en lo que se refiere al segundo de los hechos mencionados anteriormente, no debe partir de cero, ya que durante los últimos años se han asentado una serie de factores muy significativos para su desarrollo. En el presente estudio se indicarán, en primer lugar, cuáles han sido estos antecedentes que han propiciado dicha búsqueda. A continuación se expondrán los resultados más señalados obtenidos hasta hoy y, finalmente, se concluirá con un análisis de cuáles podrían ser las nuevas orientaciones a tomar en el futuro, con el fin de que el camino iniciado no se trunque.

3.2. Situación previa al Plan Nacional

3.2.1. Antecedentes

Dos son las fases que pueden marcarse claramente en la definición de una serie de actividades conducentes a la mejora paulatina de las técnicas de producción.

Nuevos materiales y tecnologías avanzadas de la producción

Ambas se encuentran separadas, de manera nítida, por la aprobación en 1986 de la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica. El periodo anterior a la llamada Ley de la Ciencia se mueve en un ámbito poco favorable a la colaboración ciencia-industria, tanto en el marco normativo, como en las actitudes mutuas.

La normativa sobre dedicación del profesorado universitario y la dificultad formal para establecer convenios entre industrias y centros públicos de investigación no llega a impedir la existencia, al menos en un marco legal. Esta situación mejorará a partir de la aprobación en 1983 de la Ley de Reforma Universitaria que, al menos en el ámbito universitario, abre la puerta a una relación legal con la industria de un modo ágil.

Durante este periodo existen dos vías fundamentales de apoyo a la mejora tecnológica del sector productivo, los Planes Concertados de Investigación y las Asociaciones de Investigación, ambas impulsadas por la extinta Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica (CAICYT).

Los Planes Concertados de Investigación fueron creados en 1968 como marco administrativo de un proyecto de investigación presentado por una empresa, aprobado por la Administración y desarrollado por la propia empresa en régimen de ayuda financiera del Estado regulada bajo contrato. Su finalidad es promover proyectos

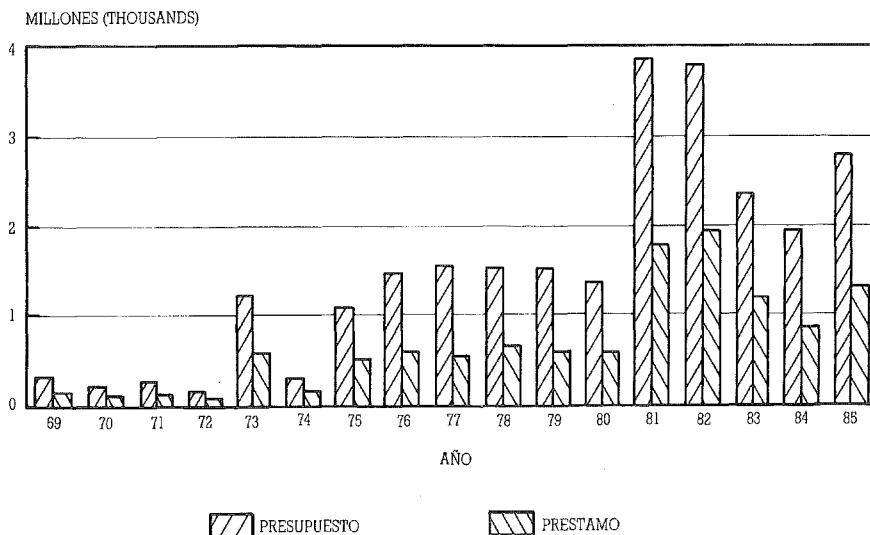


Gráfico 1. Planes concertados ordinarios. Financiación.
Fuente: CAIOYT, OIOYT.

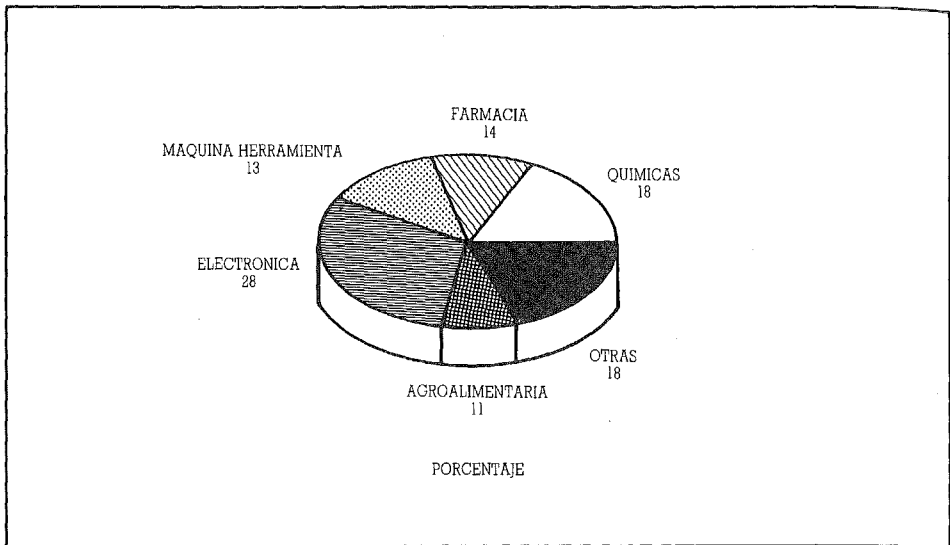


Gráfico 2. Planes concertados ordinarios. Reparto temático.
Fuente: CAIOYT, OIOYT.

concertados de investigación aplicada o desarrollo experimental capaces de originar una explotación comercial a corto o medio plazo.

Con el tiempo se completó el marco normativo con los Planes Concertados Coordinados, en los que la empresa o grupo de empresas implicadas convenían con uno o más centros públicos de investigación para la realización del proyecto. Esta modalidad, propiamente activa desde 1981, supone un gran empujón a la colaboración del sector científico en la modernización industrial. Hasta 1985, último año de actividad de estos planes, se financian 555 Planes Concertados ordinarios, con una ayuda de 11.955 millones de pesetas, sobre un presupuesto total de 25.805 millones de pesetas.

En 1981 comienzan su actividad los Planes Concertados Coordinados, antecedente de los actuales Proyectos Concertados, financiando 95 actuaciones hasta 1985. El préstamo total fue de 7.171 millones de pesetas sobre un presupuesto de 12.672 millones de pesetas, con 104 actuaciones empresariales y 118 de centros públicos de investigación.

La distribución temática en este caso, más próximo al presente, nos permite establecer un paralelismo con la nomenclatura del Plan Nacional. Claramente se aprecian las tendencias anteriormente señaladas en torno a los ejes científicos de futuro.

Es significativo señalar que de 162 planes que concedió la Ponencia 10 de la CAICYT, dedicada a tecnologías que hoy se denominan *duras* (microelectrónica, comunica-

Nuevos materiales y tecnologías avanzadas de la producción

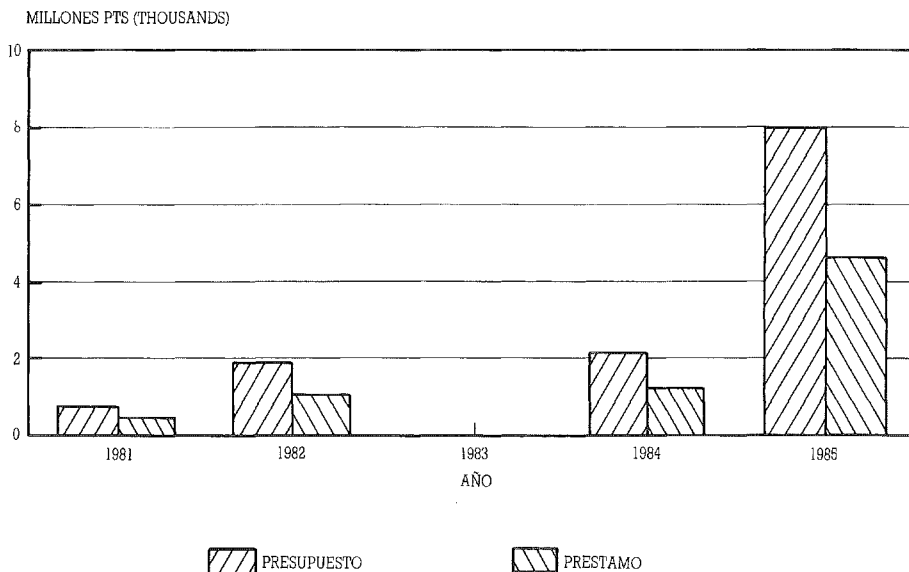


Gráfico 3. Planes concertados coordinados. Financiación.
Fuente: CAICYT.

ciones, informática, robótica,...) durante el periodo de 1969 a 1984, 55 fueron destinados al sector de la automatización industrial. Esto indica, por una parte, la sensibilidad que ya en ese momento se tenía hacia este campo y, por otra parte, el interés que comenzaron a mostrar todo un conjunto de industrias que sintieron la necesidad de su modernización.

Otra vía para introducir una modernización tecnológica en nuestro sector productivo son las Asociaciones de Investigación. Reguladas en 1961, se constituyen como sociedades sin ánimo de lucro, soportadas por un colectivo empresarial, cuya misión es desarrollar proyectos de I + D en temas de interés para sus empresas soporte.

Mediante este procedimiento se pretende salvar la falta de masa crítica de la mayor parte de nuestras industrias que, por sí mismas, no pueden mantener gastos de I + D. La CAICYT ejerce una función de tutela y apoya su actividad investigadora mediante subvenciones.

En 1987 se realizó un estudio por encargo de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, del cual extraemos los datos más significativos.

En ese momento existen 32 asociaciones registradas, de las que 22 desarrollan actividad de investigación en alguna medida, y solicitan subvenciones a CICYT. Declaran un presupuesto global de 2.912 millones de pesetas, del que 1.259 millones de pesetas se dedican a actividades de I + D, con una subvención de CICYT de 271 millones de pesetas.

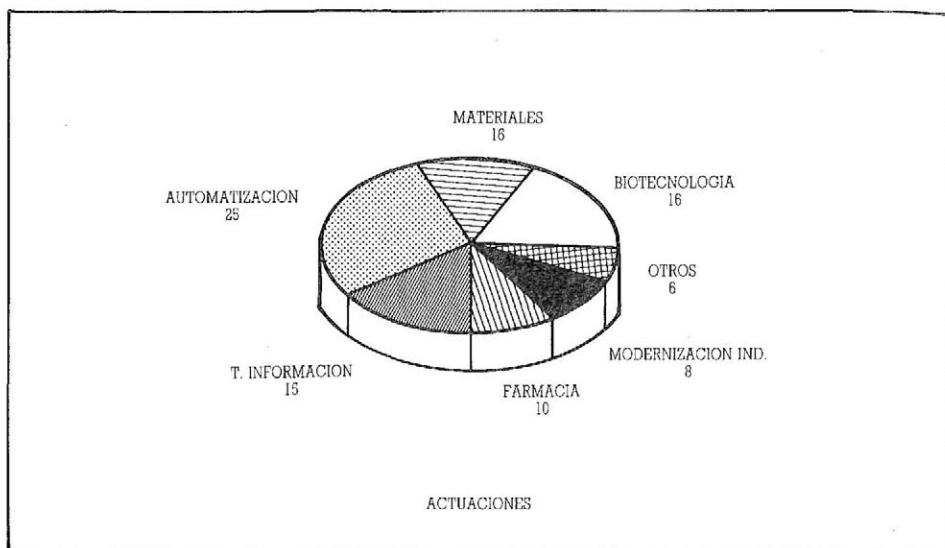


Gráfico 4. Planes concertados coordinados. Reparto temático.
Fuente: CAIOYT.

Se dispone de datos pormenorizados de 16 asociaciones, de los que se desprende que están apoyadas por 2.843 empresas y emplean a 143 titulados superiores.

Llama la atención el número de investigadores existente en estas instituciones, muy bajo para la amplitud de campos que cubre.

Investigación, en los que los únicos participantes en el proyecto eran centros públicos, se registró también una cierta actividad en el área, aunque con unas características más localizadas que en el caso anterior. Si el número de empresas que tuvieron conexión con los Planes Concertados de Automatización, fue de cuarenta, el número de grupos que, con unas características significativas de densidad específica actuaban en nuestro país en ese momento, quedaba reducido a tan sólo 4. Algunos otros grupos iniciaban un lento despegue, pero la situación académica en general era bastante deficitaria.

Situándose en un plano diferente de actividad, hay que señalar igualmente la importancia que ha tenido para el desarrollo de la modernización de nuestra industria el Plan PAUTA (Plan de Automatización Industrial Avanzada), del MINER, encuadrado dentro del PEIN (Plan Electrónico e Informático Nacional). Este Plan, lanzado en su primera versión en 1983, tenía como fin el promover la implantación de instalaciones altamente automatizadas susceptibles de servir como estímulo y demostración. Como ya se ha indicado, el nivel en el que se movía esta acción era ligeramente distinto del puramente de I + D al que aquí nos estamos refiriendo. Pero no hay que olvi-

dar que uno de los métodos más efectivos que existen para la demostración de que actividades de I + D son necesarias para incrementar la competitividad industrial es la instalación de sistemas desarrollados recientemente en otros entornos y adaptados a las necesidades reales de la propia empresa. Y, de una forma u otra, ese era el fin primario del PAUTA.

ASOCIACIONES DE INVESTIGACIÓN
(Datos y cifras de interés a diciembre de 1986)

Asociaciones de Investigación	Nº empresas asociadas	% sector	Nº titulados superiores	Presupuesto en millones de pesetas
Curtidos	235	95	2	6
Conservas Vegetales	286	90	15	60
Alfalfa	12	95	2	13
Madera y Corcho	312	17	8	49
Asinave (Naval)	29	94	4	—
Textil Algodonera	272	75	7	62
Papelera	155	90	7	56
Metalmúrgica Navarra	230	86	8	287
Asinel (Eléctrica)	135	85	38	1.032
Remolacha Azucarera	8	86	7	126
Máquina Herramienta	117	92	2	12
CEPREVEN (Seguridad)	280	80	4	73
Detergentes	58	—	3	19
Aitemin (Equipos Mineros)	49	60	13	278
Calzado	575	64	15	285
Bisutería	67	96	4	47
Cerveza	23	100	4	18
Industria del Mueble	—	—	—	94
Cerámica	—	—	—	137

Con estas acciones, más la ayuda que en paralelo concedía el CDTI para temas equivalentes a los anteriormente mencionados, se fue iniciando la siembra del paso hacia una modernización de un cierto número de industrias españolas.

3.2.2. Situación en organismos públicos de investigación al inicio del programa

Es difícil definir la situación de la comunidad científica respecto de las tecnologías avanzadas de la producción al inicio del Plan Nacional de I + D. Sólo en el área de automatización avanzada se ha realizado un estudio a fondo de sus efectivos y situación.

Este área, más reciente y polarizada, resulta fácilmente identificable, mientras que en otras tecnologías la caracterización de las situaciones entre la práctica de la ciencia básica y el desarrollo industrial queda muy difusa. Faltan criterios exigentes de clasificación de las actuaciones, capaces de discernir hasta qué punto sus objetivos inciden en la producción o se mantienen a un nivel más alejado de ésta.

En el periodo 1983-1986, la CAICYT financia 194 proyectos de investigación, 1.500 millones de pesetas en total, en áreas tecnológicas distintas de las tecnologías de la información. El análisis del contenido en I+D de estos proyectos está por realizar.

La situación es más clara en el área de automatización avanzada, fundamental en la modernización industrial y con perfiles muy definidos.

El conjunto de los grupos de investigación con actividades en automatización y robótica se encontraba distribuido en la geografía española de acuerdo con la siguiente estructura:

De los cuales 27 consideraban dicha actividad como principal del Centro. Las mayores concentraciones de personal y medios se encontraban en el País Vasco, Cataluña y Madrid.

Según la encuesta realizada por Fundesco, en 1986 el personal ocupado en este área I+D alcanza un total de 347 personas, aportando 273 EJC, de las que 268 (205 EJC) puede considerarse con capacidad investigadora, siendo el resto personal de apoyo y auxiliar.

Es de destacar la evolución que ha sufrido el personal dedicado al tema que nos ocupa entre 1981 y 1986, donde se observa un crecimiento de tipo exponencial, con una tendencia a la estabilidad del personal temporal y un fuerte crecimiento del permanente.

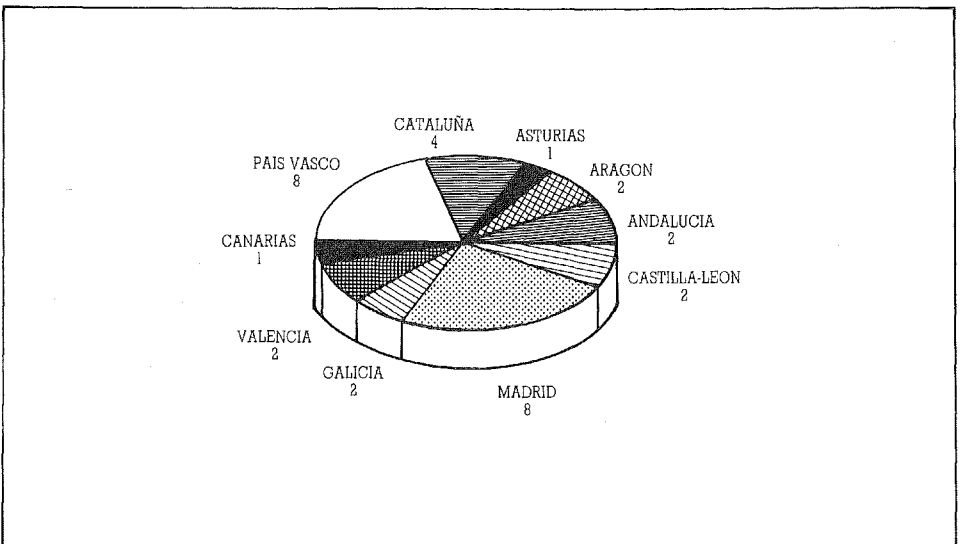


Gráfico 5. Grupos activos en automatización. Situación previa al Plan Nacional.
Fuente: OIOYT.

Nuevos materiales y tecnologías avanzadas de la producción

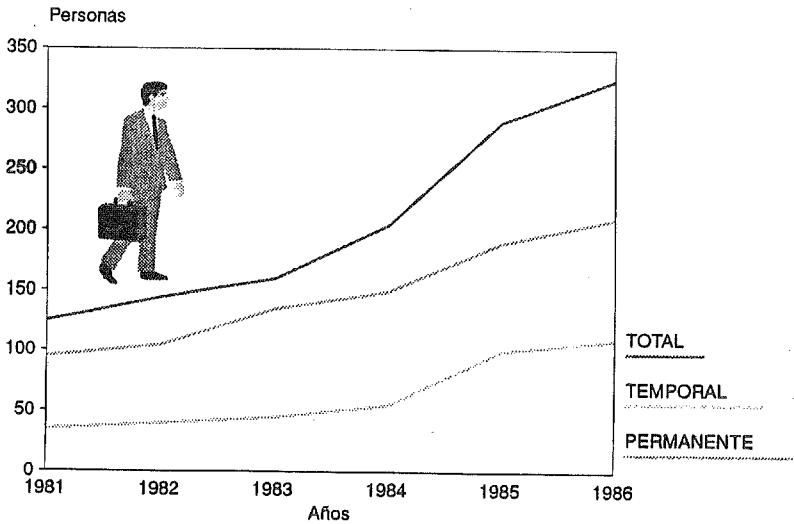


Gráfico 6. Personal ocupado (todas las categorías).
Fuente: FUNDESCO 1986.

Durante este periodo ha predominado claramente la financiación pública en torno al 70 por ciento, siendo la de origen internacional casi testimonial, aunque con un fuerte crecimiento en 1986, sin duda debido a la integración de España en la CEE.

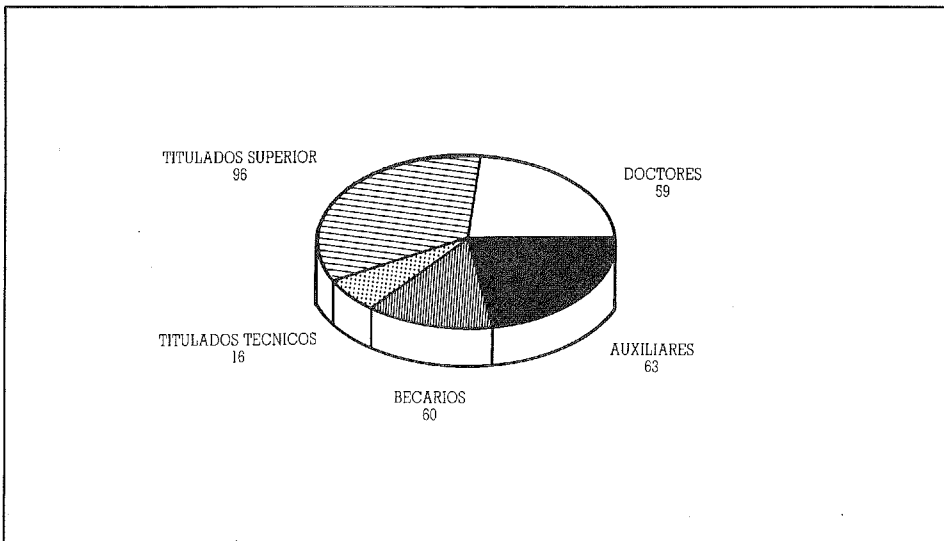


Gráfico 7. Personal ocupado 1986. EJC por categorías.
Fuente: Encuesta FUNDESCO 1986.

Ciencia, tecnología e industria en España

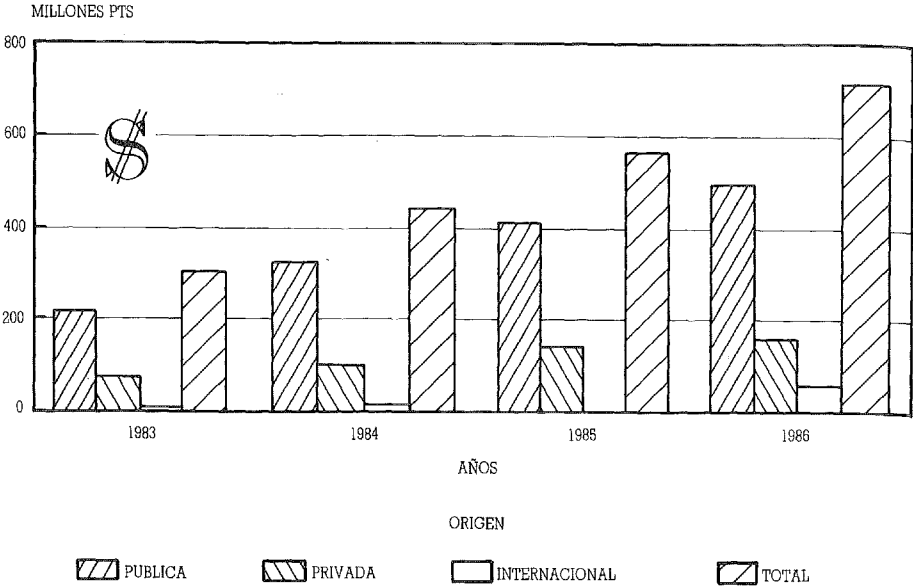


Gráfico 8. Financiación por origen.

Fuente: Encuesta FUNDESCO.

El análisis de los datos de financiación indica que los fondos públicos se han dedicado básicamente a la creación de infraestructura, mientras que los de origen privado cubren fundamentalmente gastos de personal.

La infraestructura de los grupos existentes consiste básicamente en sistemas de desarrollo, minicomputadoras, terminales para CAD, paquetes diversos de *software*, muy pocos sistemas de visión artificial, algunos robots, destacando una célula de fabricación flexible de IKERLAN. El total es evaluable en 1.533 millones de pesetas y supone un nivel aceptable en equipamiento básico, aunque muy bajo en material específico.

En el periodo anterior al Plan Nacional 1983-1987, se han desarrollado 69 proyectos de investigación realizados con financiación pública (1.440 millones de pesetas), 46 con financiación privada (480 millones de pesetas), y 8 con fondos internacionales (90 millones de pesetas).

El conjunto de automática y robótica español en este periodo, cubre la mayoría de las grandes áreas de investigación actuales, aunque con nivel desigual y grandes lagunas en líneas concretas, apreciándose una gran descoordinación.

Una de las líneas más carentes de actividad es la de sensores para control de procesos, a pesar de la importancia de éstos para todo proceso de automática y a pesar de la existencia de especialistas en la materia que se encuentran más orientados a la física de materiales.

Nuevos materiales y tecnologías avanzadas de la producción

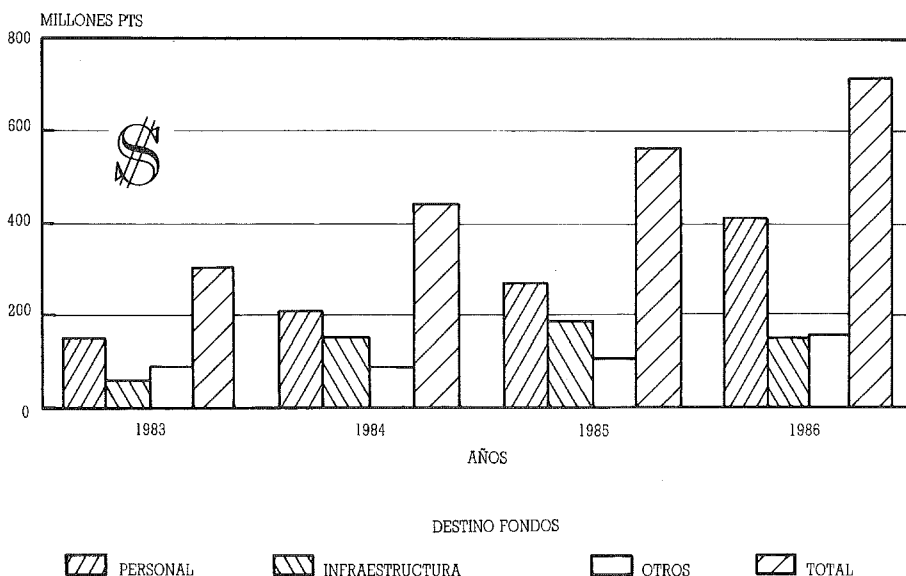


Gráfico 9. Financiación por destino.

Fuente: Encuesta FUNDESCO.

Otro punto débil de la investigación española son los actuadores tanto mecánicos como electromecánicos.

En el campo de los procesos continuos existe cierto trabajo en sistemas eléctricos (generación, transporte y distribución) aunque poco apoyado por las industrias del sector. En procesos químicos sólo existen algunas aportaciones en la industria del cemento y del azúcar. No existe ninguna actividad en modelización y simulación de procesos continuos, y sólo un grupo trabaja en autómatas programables.

Sí es notable la contribución en control adaptativo, con realizaciones industriales punteras por parte del grupo investigador de la UNED.

En desarrollo de robots existe un tímido principio con tres realizaciones independientes, de las que dos dan inicio a comercialización.

El control numérico tiene cierto desarrollo industrial, pero, salvo algún caso aislado, al margen de los grupos investigadores.

Los sistemas de fabricación flexible son objeto de estudio a nivel de simulación por falta de equipos adecuados, salvo el Instituto de Cibernética que ha desarrollado un sistema para la planificación y ejecución de tareas de ensamblado mediante robots.

En el campo de mantenimiento y manejo de materiales se trabaja en sistemas de gestión de cintas transportadoras y vehículos autónomos para transporte por planta.

Otras áreas sin cobertura serían: control de procesos de fabricación, gestión de la producción asistida por ordenador, automatización integral,...

3.3. Programa Nacional de Automatización Avanzada y Robótica

El Programa Nacional de Automatización Avanzada y Robótica, aunque integrado desde el primer momento en el Plan Nacional de I+D, no inició su actividad hasta 1989 al plantearse la Comisión Interministerial la necesidad de armonizarlo con otras actuaciones. Por otra parte, las recomendaciones de concentración de objetivos efectuadas por el Consejo Asesor y por la Comisión Mixta Congreso-Senado, aconsejaron la eliminación del previsto P.N. de Fotónica y la asignación de sus objetivos entre otros programas, correspondiendo al Programa de ROB los relacionados con el uso de la radiación láser en el procesado de materiales y en los sistemas fotónicos para la medida de magnitudes físicas y reconocimiento de formas.

La importancia de la automatización de procesos en el sistema productivo no requiere argumentación puesto que es obvia para el hombre actual. Ya en el periodo de vigencia de la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica (CAICYT), los Planes Concertados de Investigación, proyectos de desarrollo realizados por industrias, muchos de ellos en colaboración con Centros Públicos de Investigación y Universidades, supusieron una actividad de mejora paulatina de las técnicas de producción.

Por otra parte, el Plan PAUTA (Plan de Automatización Industrial Avanzada) del MINISTERIO DE ENERGÍA Y TURISMO, incorporado en el PEIN (Plan Electrónico e Informático Nacional), se inició en 1983 con una notable aceptación. Los niveles de robotización de nuestro sector productivo presentan niveles de crecimiento del 30 por ciento anual en el periodo 1984-1987.

Pese a este fuerte crecimiento, basado en tecnología y productos importados, el análisis de la Comisión de Programa destaca la existencia de condicionantes que limitan el desarrollo del sector:

- Falta de difusión de sus ventajas entre los directivos empresariales.
- Desfase en la adaptación de los técnicos.
- Exigencia de grandes inversiones iniciales.
- Dificultad para diseñar las nuevas factorías y estrategias de gestión.
- Retraso de las empresas españolas de ingeniería para entrar en este campo.
- Ausencia de producción nacional de equipos y elementos auxiliares.
- Falta de coordinación entre los grupos especializados de investigación existentes.
- Dificultades de colaboración entre centros de investigación y empresas.

Por consiguiente, el Programa Nacional de Automatización Avanzada y Robótica,

nace con la misión de impulsar el desarrollo de la automática en este país, mediante la creación de la capacidad de investigación y desarrollo necesarios y su adecuada transferencia a la industria.

Sus objetivos pueden esquematizarse del siguiente modo:

1. Equipos, robots y elementos auxiliares.
2. Sensores y sistemas sensoriales.
3. Tecnologías de inteligencia artificial.
4. *Software* y lenguajes aplicados a automática.
5. Tecnologías de manipulación y fabricación flexible.
6. Inspección, control, mantenimiento, comunicaciones y redes locales industriales.

A través de estos objetivos se pretende fomentar la investigación orientada a las áreas de telepresencia, técnicas de inteligencia artificial aplicada, tecnología de equipos, elementos y control, lenguajes interactivos y tecnologías de sistemas.

3.3.1. Movilización y coordinación

Los estudios prospectivos realizados al inicio del Programa detectaron treinta grupos de investigación con actividades relacionadas con la temática de interés. De ellos, como se ha expuesto anteriormente, sólo cuatro participaban en proyectos específicos. La mayor densidad se da en Madrid (8 grupos), seguido del País Vasco (6) y Cataluña (4).

Tras dos convocatorias de proyectos de investigación, 1989 y 1990, se han movilizado en el Programa 44 grupos, 14 más de los previstos, con 524 investigadores y 267 EJC. A falta de una convocatoria más para completar el ciclo normal de proyectos, se ha logrado un efecto movilizador de cerca del 50 por ciento más sobre los efectivos previstos, propiciado por la generación de nuevos grupos y el acercamiento a la temática de otros preexistentes. En este contexto es significativa la incorporación de grupos procedentes del campo de la óptica, de gran valía científica, que se han incorporado a temas de visión artificial.

Es interesante hacer notar la juventud del personal que trabaja en este área, ya que de los 85 proyectos de investigación aprobados en los dos años, el 59 por ciento de los investigadores principales es menor de 40 años.

Destaca también el protagonismo de la Universidad, con el 60 por ciento de los proyectos y los investigadores, así como la alta participación de otros OPIs, la mayor de todos los programas, con el 30 por ciento de los proyectos y el 44 por ciento de la financiación. Esto se debe, fundamentalmente, a la incorporación de los centros de investigación tutelados del Gobierno Vasco, con alto nivel de calidad y especialización en el área.

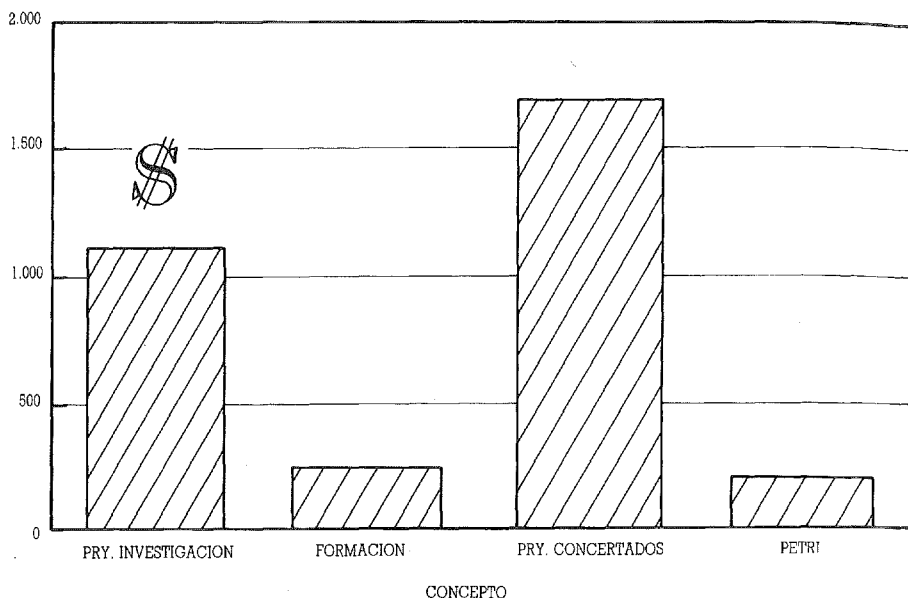


Gráfico 10. P.N. Automatización y robótica. Distribución de Fondos 1989/90.
Fuente: OICYT.

Por Comunidades Autónomas destaca Madrid, con 33 proyectos aprobados, 202 investigadores y el 33 por ciento de la financiación, seguido del País Vasco, 16 proyectos, 88 investigadores y 28 por ciento de la financiación, y Cataluña, 10 proyectos, 74 investigadores y 13 por ciento de la financiación.

La cobertura de los objetivos señalados anteriormente viene expresada en la siguiente tabla:

Objetivo	Proyectos	Investigadores	EJC	% Presup.
1	20	127	64	26
2	26	156	87	27
3	16	105	51	16
4	4	13	8	6
5	12	76	46	11
6	9	46	23	14

Como puede apreciarse existe una notable concentración sobre la investigación en equipos y sistemas sensoriales, mientras aparece con escasa cobertura el desarrollo de *software* para automatización. Sin embargo esta carencia es ficticia al corresponder a una zona de solapamiento con el P.N. de TIC, por lo que esta actividad se encuentra repartida en efectivos y financiación entre ambos programas.

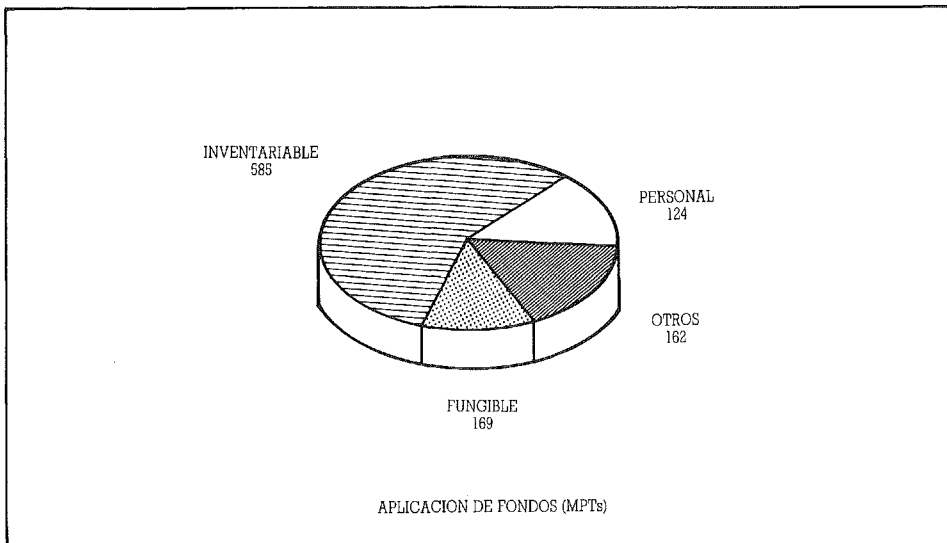


Gráfico 11. P.N. Automatización y robótica. Proyectos de investigación 1989/90.
Fuente: OICYT.

La clasificación de proyectos por objetivos merece algunos comentarios adicionales ya que, como toda clasificación rígida, enmascara algunos datos importantes. Un porcentaje elevado de los proyectos, más del 60 por ciento, son proyectos de envergadura medio-alta y cubren, por tanto, más de un objetivo. Este hecho no aparece reflejado en la clasificación, por tanto el nivel de cobertura de los diferentes objetivos sería realmente más uniforme. Los objetivos 5 y 6 implican proyectos de gran presupuesto y envergadura, sólo abordables por determinados grupos que además tengan acceso y relaciones con socios industriales, por tanto, más apropiados para ser cubiertos por proyectos concertados.

Los resultados más significativos de la incidencia del programa sobre el colectivo son los siguientes:

- Potenciación muy importante de los grupos consolidados que han incrementado su capacidad investigadora (EJC) en un 60 por ciento, asumiendo en media 5 proyectos cada uno de ellos en las dos primeras convocatorias.
- Consolidación de grupos que al inicio del Programa estaban faltos de experiencia y tenían un tamaño reducido.
- Reorientación temática de diferentes grupos, tanto del área, como de áreas próximas, que se han acercado a la temática del Programa en áreas donde pueden utilizar su experiencia anterior.

- Aparición de nuevos grupos que con la ayuda del Programa han ido puestos en condiciones óptimas de lanzamiento. En estos casos es más necesario aún en el futuro hacer un seguimiento continuo de su progreso, ya que se ha sido muy flexible en los niveles exigidos.

Durante esta primera fase del Programa, y tal y como se proponía en el documento inicial, el objetivo primario era potenciar el colectivo poniéndolo en niveles adecuados. Este objetivo ha sido la guía fundamental en la gestión del Programa, el resultado ha sido excesiva actividad en determinadas áreas (visión artificial, integración sensorial,...) y poca en otras. En el futuro es necesario definir objetivos más concretos y precisos y utilizar la gestión del Programa para concentrar y coordinar los esfuerzos en esos objetivos.

3.3.2. Participación en programas europeos

Por último, hablando de proyectos de investigación, cabe señalar un dato que nos indica el nivel internacional del colectivo. De los 85 proyectos aprobados, 19 corresponden a proyectos financiados al 50 por ciento por la CEE dentro de los Programas ESPRIT y BRIT/ EURAM. Éstos corresponden principalmente a una única convocatoria de ambos Programas. En estos momentos se están terminando de negociar y firmar los contratos correspondientes a la última convocatoria, por tanto, es previsible que en el ciclo del Programa de ROB, el número de proyectos cofinanciados por la CEE pueda alcanzar una cifra que sobrepase la treintena.

Un aspecto importante a resaltar es que de estos proyectos europeos, aproximadamente el 50 por ciento pertenecen a cada uno de los Programas mencionados, lo que indica un nivel del colectivo elevado, dada la baja participación global de España en el Programa ESPRIT.

La participación de los grupos en los proyectos es muy variable. Como regla general las participaciones en ESPRIT suelen ser más marginales y pequeñas en porcentaje que las participaciones en BRIT/ EURAM. Esto puede estar condicionado por la envergadura global y el nivel tecnológico de los proyectos en ambos programas, más elevado habitualmente en ESPRIT. Pero a pesar de estos condicionantes, es significativo el interés de los grupos en adquirir el máximo de *know-how* del consorcio, en muchos casos mediante la realización de proyectos nacionales complementarios, que tratan de implantar en prototipos propios las tecnologías desarrolladas por el consorcio dentro del proyecto.

A modo de resumen, se puede concluir que la participación del colectivo en proyectos internacionales es muy aceptable, aunque por ahora localizada en exclusiva en los grupos más punteros. Es de esperar, en el futuro, que con la ayuda adecuada

se puedan incorporar a esta participación nuevos grupos potenciados durante el desarrollo del Programa ROB.

3.3.3. Formación de personal

Es evidente que siendo ésta un área emergente y poco desarrollada en España, el Programa de Formación de Personal Investigador tiene aquí una importancia especial. En los objetivos iniciales del P.N. ROB se aspiraba a formar 132 nuevos investigadores. Para ello la actividad formadora se adelantó al comienzo del programa con una primera convocatoria en 1988. A lo largo de los tres años se han concedido 72 becas de posgrado en España y 16 en el extranjero. La limitación de estos números obedece a la falta de solicitudes adecuadas. De todos modos cabe esperar que con la última convocatoria de becas para 1991 se alcancen los objetivos previstos, pero no hay duda que es preciso intensificar los esfuerzos de captación. La fuerte demanda de titulados superiores y las altas retribuciones del sector dificultan la incorporación de candidatos a una formación más especializada.

3.3.4. Articulación investigación-tecnología-industria

La actividad fundamental de conexión con el sector productivo, dentro del esquema de actuaciones del Plan Nacional de I + D, viene dada por los Proyectos Concertados entre Industrias y OPIs, cuya gestión corresponde al CDTI del MINER.

En cuanto a Proyectos Concertados, la evolución del Programa Nacional de Automatización Avanzada y Robótica experimentada durante el trienio 1988-1990 se puede considerar positiva dado el creciente interés mostrado por las empresas, reflejado por el número de propuestas recibidas y el crecimiento paulatino en las colaboraciones con OPIs llevadas a cabo.

Se han financiado 27 proyectos en este periodo, el 36 por ciento de la demanda presentada en cuanto al número de proyectos se refiere. El presupuesto total aprobado ha sido de 3.949,1 millones de pesetas con una aportación del CDTI de 1.690 millones de pesetas, el 42,8 por ciento para dicho presupuesto. El presupuesto medio por proyecto ha sido de 146,2 millones de pesetas, y la aportación del CDTI media 62,6 millones de pesetas.

A nivel presupuestario los contratos con OPIs han alcanzado el valor de 1.037,6 millones de pesetas, representando el 26 por ciento del presupuesto global de los proyectos aprobados, con una participación media por proyecto de 38,5 millones de pesetas. La distribución del presupuesto anterior entre los diferentes OPIs fue: 21,1 por

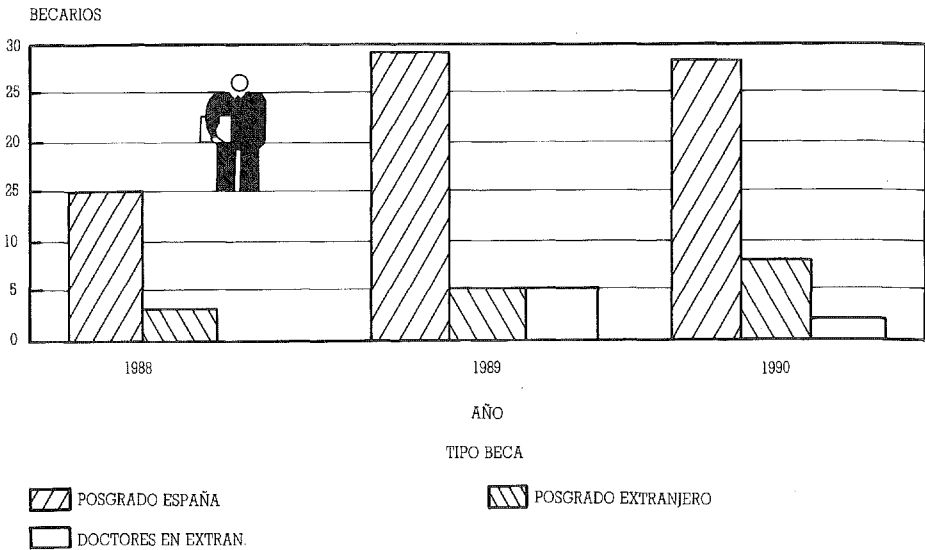


Gráfico 12. P.N. Automatización y robótica. Formación de personal investigador.
Fuente: OICYT.

ciento CSIC, 34,5 por ciento universidad y 44,4 por ciento otras asociaciones o centros de investigación reconocidos.

En total han colaborado 18 OPIs diferentes: 2 pertenecientes al CSIC, 11 universidades y 5 centros de investigación reconocidos. Algunos de estos OPIs han participado en varios proyectos concertados.

La demanda se ha polarizado principalmente en torno a dos de las líneas prioritarias de actuación del Programa Nacional de Automatización Avanzada y Robótica. Se han aprobado 7 proyectos de tecnología de equipos y elementos auxiliares con un presupuesto global que representa el 33 por ciento del presupuesto total aprobado en el trienio y con una aportación del CDTI del 36 por ciento de la aportación total aprobada. Respecto a proyectos relacionados con tecnología de sistemas de fabricación flexibles se han aprobado 9 proyectos con un presupuesto que representa el 34,5 por ciento del presupuesto total aprobado del trienio con una aportación del CDTI del 31,3 por ciento de la aportación total concedida para el mismo periodo.

Geográficamente, el 33,3 por ciento de los proyectos concertados aprobados están localizados en el País Vasco, el 18,5 por ciento en Madrid, el 11 por ciento en Navarra, Galicia y Castilla y León. En este sentido cabe mencionar la poca presencia de la Comunidad de Cataluña en proyectos concertados de investigación dado su alto grado de industrialización y el potencial de los OPIs en dicha comunidad.

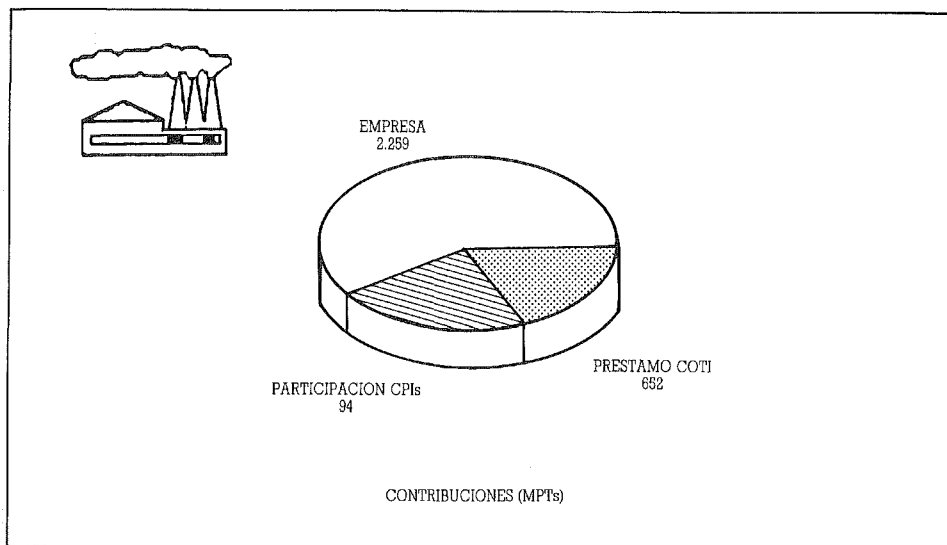


Gráfico 13. P.N. Automatización y robótica. Proyectos concertados.

Fuente: OICYT.

Los sectores industriales a los que han ido dirigidos estos proyectos son: máquina herramienta, máquinas expendedoras, textil, alimentación, electrónico, eléctrico, gestión de aguas, cemento, siderurgia, papelería, transportes, auxiliares de la madera y moldes y agrícola.

Entre los anteriores, destaca por su importancia el sector de máquina herramienta que cuenta con 7 proyectos aprobados, con un presupuesto total de 1.416 millones de pesetas (35,8 por ciento del presupuesto total aprobado en el trienio) y una aportación del CDTI de 582,8 millones de pesetas (34,5 por ciento de la aportación del CDTI total). Cabe mencionar que la mayor parte de las colaboraciones de los Centros de Investigación del País Vasco se realizan en este sector y la mayoría de los proyectos presentados del País Vasco pertenecen al sector de la máquina herramienta.

Otro segmento de actividad, más alejado del producto industrial, está cubierto mediante el Programa PETRI. Dentro de la temática que nos ocupa, se han aprobado 14 actuaciones con una financiación de 96 millones de pesetas y una cofinanciación empresarial de 101 millones de pesetas. Teniendo en cuenta el número de grupos incorporados al Programa, este dato es un buen índice de conexión entre el colectivo investigador y el sector productivo. Las temáticas contempladas son variadas, desde sencillos procesos de automatización analítica hasta la construcción de un prototipo de vehículo autónomo inteligente de aplicación industrial.

Se ha realizado una encuesta de transferencia de resultados de la investigación dirigida en este Programa a 28 grupos escogidos como los más significativos. De ellos

se ha recibido contestación en 22 casos (50 por ciento de los grupos activos en el Programa), que representan a 188 investigadores (35 por ciento de los investigadores) y los resultados se resumen en el cuadro adjunto.

ENCUESTA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS

Becarios Transferidos a Industrias	
Predoctorales	122
Posdoctorales	8
Contratos de Investigación con industrias (millones de pesetas)	
Nacionales	1.361
Multinacionales	436
Extranjeras	54
Contratos de Asistencia Técnica (millones de pesetas)	
Nacionales	30
Multinacionales	4
Extranjeras	0
Patentes	
Nacionales	10
Extranjero	0

En él puede observarse la elevada transferencia de personal cualificado desde la universidad a la industria, sólo superada por el P.N. TIC, a gran distancia de otros programas. Particularmente llama la atención el gran volumen de contratos con industrias, 104 contratos de investigación y 42 de asistencia técnica, así como su incidencia internacional, 30 contratos con multinacionales y 7 con empresas extranjeras. El volumen económico que representa, cerca de 1.900 millones de pesetas, supone la productividad más alta por investigador, 10 millones de pesetas por investigador implicado, excede en cerca de 600 millones de pesetas el presupuesto concedido para proyectos de investigación, 143 por ciento, así como al de Proyectos Concertados con Industrias en 200 millones de pesetas, 112 por ciento.

3.4. Programa nacional de nuevas tecnologías para la modernización de la industria tradicional

Otra línea de incentivación para la mejora de las tecnologías de la producción se ha desarrollado a través de este Programa Nacional gestionado por la Comunidad Autónoma Valenciana.

La continuidad y desarrollo de las llamadas industrias tradicionales pasa por su especialización en productos de alto valor añadido, con calidad asegurada y diseño diferenciado, mediante una optimización de sus procesos productivo y de gestión.

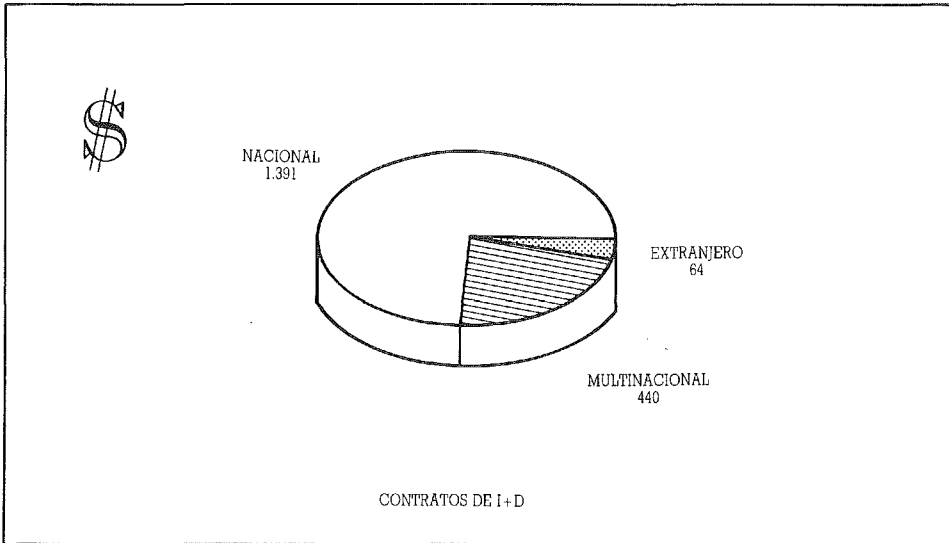


Gráfico 14. P.N. Automatización y robótica. Financiación externa (millones de pesetas).

Fuente: OICYT 1990.

El origen y motivo de este programa, promovido por la Generalidad Valenciana, es el de promover actividades de I + D que permitan alcanzar estos objetivos a la industria tradicional.

Las actuaciones del programa se orientan a los siguientes objetivos:

1. Tratamiento de superficies. Acabados.
2. Mejora del comportamiento de los materiales. Mayor fiabilidad. Mejor relación costo/prestaciones.
3. Tecnología de procesos de fabricación.
4. Promoción de la utilización de las tecnologías de la información.
5. Aumento de la flexibilidad de la producción mediante la sustitución de las tecnologías rígidas tradicionales.
6. Mejora de la gestión de la producción, a través de elementos tales como la captura de datos, sistemas expertos,...
7. Métodos de concepción de mantenimiento de la calidad de productos y procesos.
8. Útiles tecnológicos necesarios para la puesta a punto de productos y procesos nuevos.
9. Protección del medio ambiente.
10. Conocimiento de materiales.

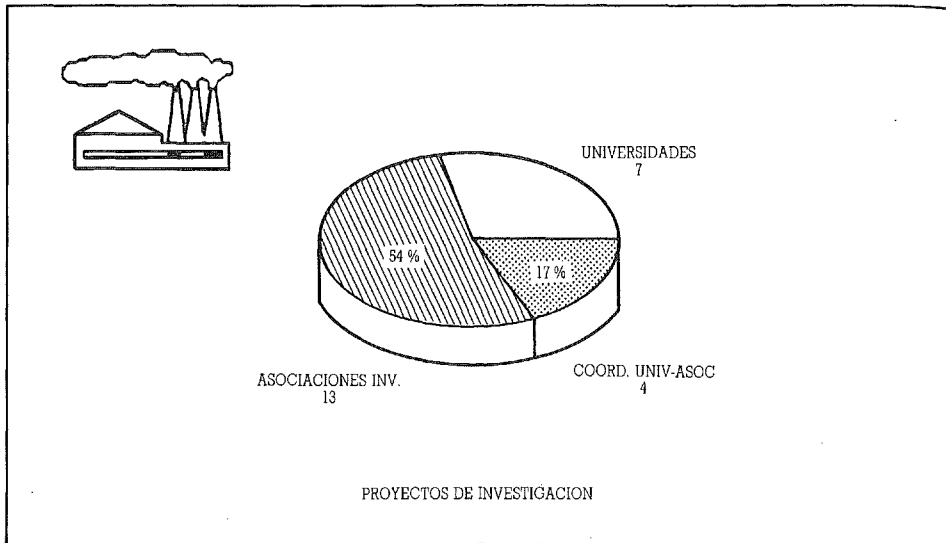


Gráfico 15. P.N. Modernización industria tradicional. Ejecución de proyectos.
Fuente: OICYT.

3.4.1. Movilización

Este programa inició su vigencia en 1989 por lo que no ha desarrollado más de dos convocatorias.

Su escasa difusión ha provocado una concentración de actuaciones en la Comunidad Valenciana, por lo que no es significativo a la hora de valorar su incidencia a nivel nacional.

Sí es importante destacar como novedad específica de este programa su interés por movilizar a las Asociaciones de Investigación, implicándoles en proyectos de investigación ya como únicos protagonistas, ya como parte de un proyecto concertado con un grupo universitario. De este modo se trata de hacer llegar los avances producidos a las empresas asociadas, ordinariamente PYME, que de otro modo tienen gran dificultad para financiar estos trabajos en solitario.

A lo largo de los dos años de vigencia se han financiado 24 proyectos de investigación, 4 de ellos coordinados, con participación de 29 grupos de investigación, 11 pertenecientes a universidades y el resto Asociaciones de Investigación.

Estos proyectos suponen la participación de 170 investigadores, con una aportación de 87 EJC.

En cuanto a los objetivos del programa se aprecia un gran solapamiento con el P. N. de Automatización Avanzada, objetivos 4, 5 y 6, así como con el de Nuevos Materiales, objetivos 1, 2, 3 y 10. Sin embargo la metodología empleada por este programa

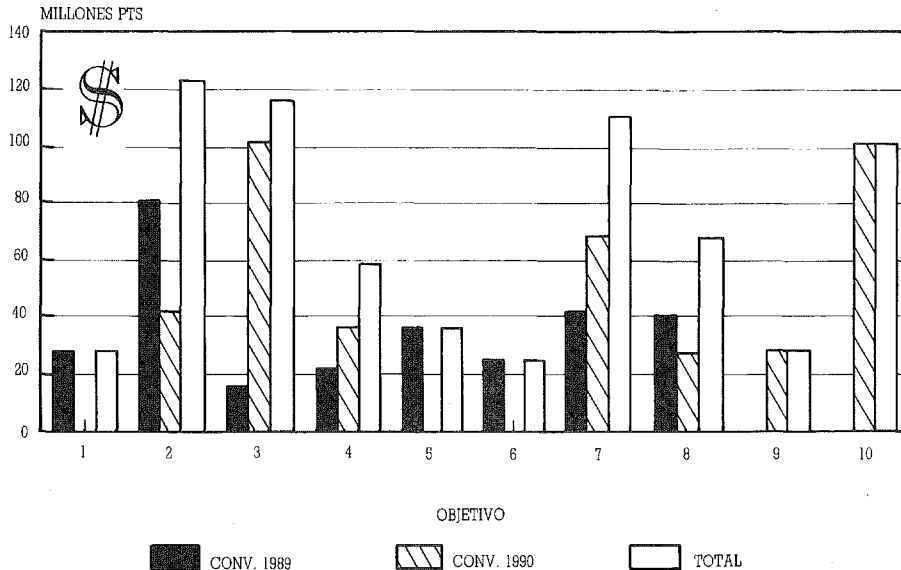


Gráfico 16. P.N. Modernización industria tradicional. Fondos por objetivos.
Fuente: OICYT.

ma es menos innovadora, más dedicada a la mejora tecnológica de fácil acceso, más como procedimiento paso a paso que como transformación radical.

Pese a la juventud de este programa y a su ámbito reducido de actuación, cabe ya comentar algunos logros.

En el primer año de funcionamiento se ha producido y puesto en el mercado un paquete *software* de diseño de calzado por piezas, adaptado al modo de producción de una industria nacional, con emulación de las máquinas cosedoras. En esta misma línea se está poniendo a punto un sistema asequible de corte de patrones por chorro de agua.

Dentro de la industria del juguete, se ha puesto a punto, a nivel prototipo, un horno de moldeo rotacional apto para el trabajo sobre materiales sustitutos del PVC. En una segunda fase se desarrollará su automatización. Este desarrollo ha permitido la presentación de un proyecto EUREKA.

Otro ejemplo llamativo es el desarrollo de una planta multiaxial para tejidos de aplicación en materiales compuestos, a nivel piloto, para aprovechar las propiedades derivadas de los composites y de la tejeduría multiaxial de fibras. La planta piloto ya está en funcionamiento y ha dado origen a una nueva empresa para su explotación, a partir de la financiación conjunta de varias empresas del sector. Estos tejidos ya tienen demanda y existen contratos firmados para suministros en la fabrica-

ción de Buques Cazaminas (E.N. BAZAN), embarcaciones deportivas, lanchas rápidas para el servicio de Aduanas, o bastidores para camiones (EMASA).

Debido a la polarización metodológica de este programa, no se han abordado actuaciones en otros campos, como infraestructura, formación de personal o proyectos concertados con industrias.

3.5. Comentarios y recomendaciones

No vamos a referirnos a los Proyectos Concertados dentro del Plan Nacional de I + D, más propio de un enfoque industrial. Basta recordar aquí que la aportación de tecnologías avanzadas de la producción se canaliza mediante esta actuación en casi todos los Programas Nacionales, cada cual con su campo temático, lo cual ha supuesto una movilización de 37.550 millones de pesetas, con una financiación del Plan Nacional de I + D de 17.102 millones de pesetas, a través de 329 proyectos aprobados, lo que supone, según estimaciones del MINER, haber financiado el 6,9 por ciento de los gastos en I + D empresarial en este periodo 1988-90.

Con esta actuación se han movilizado 241 empresas, con más de 2.000 técnicos e investigadores implicados en los proyectos, y 425 colaboraciones de centros públicos de investigación.

Todo ello supone una gran aportación innovadora en distintos puntos de la fase industrial, desde la definición de productos, establecimiento de procesos o modificación de la tecnología empleada.

A lo largo de este estudio nos hemos centrado en las aportaciones a lo que es estrictamente tecnologías de la producción, influidas básicamente desde el Plan Nacional de I + D mediante los dos Programas Nacionales comentados: Automatización Avanzada y Robótica, Modernización de las Industrias Tradicionales.

Pese a ser unos Programas pequeños, dirigidos a un colectivo nuevo y emergente, el proceso movilizador y coordinador ha producido un resultado extraordinario en los dos años de vigencia.

La integración del sector investigador y del productivo es muy elevada y está produciendo un desplazamiento positivo de grupos investigadores de áreas afines que era uno de los objetivos deseados.

Frente a estas consideraciones positivas, preocupa la baja incorporación de becarios a través del Plan Nacional, así como el gran drenaje de personal formado y en formación que se produce hacia la industria. Esta situación, comprensible por la expansión del mercado de trabajo, no favorece la formación de nuevos grupos investi-

gadores ni la consolidación de los existentes. Esto puede generar una situación de recesión investigadora en un futuro próximo. Por otra parte la transferencia de becarios a la industria, positiva en lo que supone de incorporación al sector productivo de personal con mayor nivel de formación, adolece de una baja proporción de doctores, 6 por ciento, lo que no asegura la consolidación de una I + D en las empresas.

En cuanto al desarrollo futuro de estos dos Programas Nacionales, la similitud de objetivos de ambos programas, así como la incidencia que está alcanzando el P.N. de Automatización Avanzada y Robótica, hacen aconsejable su fusión a fin de lograr la coordinación de las actuaciones y su mayor eficacia, obteniendo una perspectiva integradora de la mejora de los procesos productivos. La fusión de ambos programas daría lugar a uno denominable: tecnologías avanzadas de la producción.

Además, se deben incrementar los esfuerzos y medios para la gestión y evaluación de los resultados del Programa, haciendo un seguimiento profundo de los diferentes proyectos en marcha a fin de localizar las oportunidades de transferencia tecnológica, a través de las Oficinas de Transferencia de Tecnología, cuando sea necesario. Este seguimiento en profundidad permitirá en el futuro hacer de la gestión del Programa un elemento mucho más activo y dinamizador, que pueda orientar y conducir al colectivo investigador, y conocer las capacidades del sistema para asumir nuevos retos.

De cara al futuro sería necesario fomentar y potenciar la coordinación de los grupos que trabajen en el mismo campo o en campos complementarios. En este sentido, se ha puesto en marcha desde la gestión del Programa una experiencia piloto en la visión artificial.

El análisis de las dos convocatorias ya resueltas pone de manifiesto el prácticamente nulo tratamiento de los aspectos mecánicos incluidos en los sistemas de producción y automatización. Todo el esfuerzo se ha puesto en integrar, en elementos de mercado, nuevos sensores y mejores sistemas de planificación y control que mejoren sus prestaciones. La razón se puede encontrar en la poca tradición investigadora en el ámbito académico de estos temas, tradicionalmente realizada en el entorno industrial. Esta carencia debe ser cubierta en el futuro ya que en otro caso conduciría a una pérdida de competitividad en determinados sectores industriales (máquina-herramienta...) y al desaprovechamiento de posibles nichos tecnológicos interesantes para el país, tales como la robótica para campos específicos (intervención nuclear, explotación agrícola...). Nuevamente potenciar la gestión del Programa sería un instrumento adecuado para la movilización del esfuerzo conducente a eliminar esta carencia.

Son necesarios mecanismos mucho más flexibles para la gestión de las acciones

de formación que proporcionen la suficiente agilidad y velocidad de respuesta para ser competitivos con el entorno en la captura de nuevos titulados.

Sería deseable una cierta coordinación con el Programa de Nuevos Materiales al objeto de establecer acciones coordinadas conducentes al desarrollo de nuevos sensores.

Por último, sería necesario estimular la actividad en áreas punteras tales como robots móviles ya que actúan como motores tecnológicos y su efecto integrador de diferentes tecnologías produce avances significativos en múltiples campos. Los nuevos proyectos integrados dentro del Plan Nacional de I + D pueden ser el mecanismo más adecuado para esta estimulación.