

## FORMULARIO “L”

### PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

#### DATOS DEL PROYECTO

Título: **Automatización de los Procesos de Mecanizado de Alto Rendimiento - PIBAMAR**

Clasificación UNESCO (por disciplinas científicas):

**331102 Ingeniería de control; 120325 Sistemas automatizados de producción; 120304**

**Inteligencia artificial; 331101 Tecnología de la automatización; 331003 Procesos industriales**

Código CYTED (por objetivos socio-económicos):

**37 Industria eléctrica, electrónica e informática; 38 Maquinaria y aparatos; 3771 Sensores; 3811 Desarrollo de la programación para la utilización de las máquinas-herramientas; 3813 Optimización de los métodos de control y mando**

Duración (en años): 4 (cuatro)

N° de grupos de investigación: 16 (diezseis)

N° total de investigadores: 80 (ochenta)

N° de países participantes: 11 (onze)

#### DATOS DEL COORDINADOR INTERNACIONAL SOLICITANTE

Nombre/Apellidos: Ricardo Baeza

Subprograma: Subprograma Electrónica e Informática Aplicadas

#### DATOS DEL COORDINADOR DE PROYECTO

Nombre/Apellidos: Marcelo Teixeira dos Santos

Titulación/Año que obtuvo la titulación: Doctor en Ingeniería Mecánica/ 1998

Departamento/Centro: IST - Instituto Superior de Tecnologia/ Centro de Mecânica de Precisão de Joinville

Ciudad/País: Joinville/ Brasil

Teléfono (prefijos, número, extensión): + 55 47 4610113/ 9964 1949

Telefax: + 55 47 4610113/ 9964 1949

Correo electrónico: teixeira@sociesc.com.br, mteixeira27@yahoo.com.br, ribamec@yahoogroups.com

Dirección postal completa: Rua Albano Schmitt, 3333, Boa Vista – Joinville – SC – 89 227 700 - BRASIL

#### AYUDA DE COOPERACIÓN SOLICITADA (EN MILES DE US \$.)

Conceptos	1ª Anualidad	2ª Anualidad	3ª Anualidad	4ª Anualidad	Total
1. Gastos de gestión del Jefe de Proyecto	2.000	2.000	2.000	2.000	8.000
2. Movilidad del Jefe de Proyecto	3.000	3.000	3.000	3.000	12.000
3. Reunión de Coordinación	30.000	30.000	30.000	30.000	120.000
4. Movilidad de Investigadores entre los Grupos Participantes	30.000	30.000	30.000	30.000	120.000
5. Publicaciones o patentes de Titularidad común derivadas de los Resultados del Proyecto	1.500	1.500	1.500	5.000	9.500
6. Acciones de Promoción de los Resultados del Proyecto en la Región	1.500	4.000	1.500	4.000	11.000
<b>Totales</b>	<b>68.000</b>	<b>70.500</b>	<b>68.000</b>	<b>74.000</b>	<b>280.500</b>

D. Ricardo Baeza

Coordinador Internacional del Subprograma

\_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

SR. SECRETARIO GENERAL

## MEMORIA

**TÍTULO: Automatización de los Procesos de Mecanizado de Alto Rendimiento - PIBAMAR**

**PALABRAS CLAVE:** Automatización, Procesos de Mecanizado, Alto Rendimiento

### RESUMEN

---

El objetivo de este proyecto es generar un conocimiento iberoamericano propio en las temáticas relacionadas con la automatización de los procesos de Mecanizado de Alto Rendimiento (MAR). Se pretende crear una coordinación entre los objetivos parciales y que se investiguen diferentes aproximaciones, unas más clásicas y otras basadas en la Inteligencia Artificial (Lógica Borrosa, Redes Neuronales Artificiales, Algoritmos Genéticos y técnicas híbridas). Las metodologías que serán abordadas se utilizarán en el mecanizado de alto rendimiento, aunque con modificaciones serían perfectamente utilizables en los procesos de mecanizado convencionales.

El interés tecnológico del proyecto es evidente debido a que el mecanizado de alto rendimiento es una tecnología clave para el desarrollo de importantes sectores productivos, entre otros, automoción, moldes y matrices, aeronáutica, máquina-herramienta, bienes de equipo y componentes, tal y como lo manifiestan los resultados exitosos obtenidos en otros países, como resultado de Programas de I+D focalizados en estas tecnologías. En esos sectores industriales se podrían iniciar, a medio plazo, el desarrollo de proyectos concretos de interés industrial que se financiarían con el programa IBEROEKA.

El interés que actualmente despierta el MAR en muchos sectores productivos es consecuencia del:

- a) incremento de la productividad,
- b) reducción de los tiempos de fabricación,
- c) mejora del acabado e integridad superficial,
- d) incremento de la precisión de trabajo,
- e) mejora de la capacidad de realización de formas geométricas complejas, y
- f) ampliación de la capacidad de mecanizado económico a nuevos materiales.

El conocimiento generado en este proyecto permitirá iniciar actividades de intercambio iberoamericano y movilidad de investigadores, desarrollar recursos humanos a nivel de maestría y doctorado, así como la diseminación y transferencia de los resultados de investigación, y mejores prácticas, a los sectores socio-económicos relevantes.

---

TITLE: Automation of High-Performance Machining Processes

KEY WORDS: automation, high-performance machining, manufacturing processes

### SUMMARY

---

The main goal of this project is to generate know-how in Iberoamerica associated with the automation of high-performance machining processes. Several specific objectives will be coordinated in order to conduct research with a combination of classic and artificial intelligence approaches (fuzzy logic, neural networks, genetic algorithms and hybrid techniques). The methodologies to be developed are oriented towards high-performance machining operations, but can be applied to more conventional processes with minor modifications. High-performance machining is a key technology for the development of productive sectors such as automotive, dies and molds, aerospace, machine tools, capital goods and components, as reflected by the amount of research conducted in this field in other regions of the world with consolidated industrial sectors. The proposed research project could also facilitate the generation of industry-funded technology development projects under the IBEROEKA scheme.

The current interest of the industry around high-performance machining is derived from the following potential benefits:

- a) higher productivity
- b) reduction in production cycle times
- c) improvements in product surface quality and integrity
- d) improvements in product geometrical precision
- e) capabilities to generate sculptured surfaces with complex shapes in products
- f) capabilities to economically machine new materials

The know-how generated throughout the proposed project will allow the iberoamerican exchange of researchers, human resources development at Master and Ph.D. level, as well as dissemination and technology transfer, including manufacturing best-practices, to the relevant socio-economic sectors.

---

En E.U.A., el Consejo Nacional de Investigación (*National Research Council*: organismo de asesoría para el gobierno federal en coordinación con la Academia Nacional de Ciencias y la Academia Nacional de Ingeniería) ha establecido una serie de retos para la nueva generación de manufactura a través de un comité multidisciplinario de reconocidos expertos, cuyo trabajo se encuentra en la publicación *Visionary Manufacturing Challenges for 2020* [NRC; 1998]. De acuerdo con este estudio, los retos de la manufactura de nueva generación son los siguientes: a) concurrencia de operaciones, b) integración de recursos humanos y técnicos para incrementar el desempeño y satisfacción de la fuerza de trabajo, c) transformación instantánea de información hacia conocimiento útil para la toma de decisiones, d) reducción significativa del desperdicio en producción y el impacto ambiental, e) reconfiguración rápida de las empresas de manufactura en respuesta a los cambios de requerimientos y oportunidades, f) desarrollo e innovación de productos y procesos con enfoque en miniaturización. Los retos mencionados serán abordados por medio de las siguientes tecnologías: a) equipo, procesos y sistemas de manufactura reconfigurables, b) **procesos de manufactura que minimizan desperdicio y consumo de energía**, c) **procesos para el diseño y manufactura con nuevos materiales y componentes**, d) biotecnología para la manufactura, e) **síntesis de sistemas, modelación y simulación para todas las operaciones de manufactura**, f) **tecnologías para convertir información en conocimiento para toma de decisiones**, g) metodologías de diseño para productos y **procesos** que abordan una amplia gama de requerimientos de productos, h) **interfaces máquina-usuario**, i) metodologías para educación y entrenamiento que permitan la rápida asimilación de conocimiento, y j) **sistemas computacionales para la colaboración inteligente** (NOTA: en negritas los conceptos directamente relacionados con este proyecto).

El proyecto de investigación CYTED aquí propuesto sobre Mecanizado de Alto Rendimiento, MAR (operaciones automatizadas por control numérico, con altas velocidades y/o condiciones extremas de operación) se alinea completamente con dicha visión de la manufactura hacia el año 2020. A continuación se presenta una revisión bibliográfica de los trabajos de investigación más representativos alrededor de este tema. En lo que respecta al proceso de arranque de viruta bajo altas velocidades de corte y/o condiciones extremas de operación, actualmente, se estudian las herramientas de corte y los modelos del proceso para facilitar la planeación, programación, así como el monitoreo y diagnóstico de dichas operaciones [Fallböhmer; 2000] [Lee; 1998] [Monreal; 2002] [Özel; 1998]. Por otro lado, la flexibilidad, desempeño e inteligencia de los controladores para máquinas herramientas reciben también una atención significativa en los grupos de investigación [Pritschow; 2001] [Erkorkmaz; 2001] [Ming; 1999] [Peres; 1998]. Finalmente, la capacidad de utilizar INTERNET para facilitar el aprovechamiento de las máquinas herramientas por medio de actividades a distancia se investiga en cuanto a la planeación de procesos, programación, entrenamiento, monitoreo y aplicación directa de dichas máquinas [Mitsubishi; 2002] [Molina; 1999] [Zhao; 2000]. Desde el punto de vista de aplicaciones del MAR, actualmente se estudia principalmente la fabricación de moldes y de componentes aeroespaciales [Altan; 2001] [López; 2000].

Fuera de la región CYTED existen otros grupos de investigación estudiando el mecanizado de alto rendimiento, tales como: University of Michigan Engineering Research Center for Reconfigurable Machining Systems (<http://ercrms.engin.umich.edu>) y University of Florida – Department of Mechanical Engineering (<http://cimar.mae.ufl.edu/dmr/>) en E.U.A., Integrated Manufacturing Technologies Institute en Canada ([http://www.nrc.ca/imti/dm\\_e.html](http://www.nrc.ca/imti/dm_e.html)) y WZL RWTH-Aachen (<http://www.wzl.rwth-aachen.de>).

### Lista de Referencias

- Altan, Taylan; Lilly, Blaine; Yen, Y.C.; "Manufacturing of Dies and Molds", *Annals of the CIRP*, 2001, vol. 2
- Fallböhmer, P.; Rodríguez, C. A.; Özel, T.; Altan, T.; "High-speed machining of cast iron and alloy steels for die and mold manufacturing", *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 98, 2000, pp. 104-115
- Erkorkmaz, Kaan; Altintas, Yusuf; "High speed CNC system design. Part III: high speed tracking and contouring control of feed drives", *International Journal of Machine Tools and Manufacture* Volume: 41, Issue: 11, September, 2001. pp. 1637-1658
- Lee, Rong-Shean; Chen, Yuh-Min; Cheng, Hsin Yu; Kuo, Min-Dah; "A Framework of a Concurrent Process Planning System for Mold Manufacturing", *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 1998, vol. 11, No. 3, pp. 171-190
- López de Lacalle, L.N.; Pérez, J.; Llorente, J.I.; Sánchez, J.A.; "Advanced cutting conditions for the milling of aeronautical alloys", *Journal of Materials Processing Technology*, 2000, vol. 100, pp. 1-11
- Molina A., and Flores M., "A Virtual Enterprise in Mexico: From Concepts to Practice", *Journal of Intelligent and Robotics Systems*, 26: 289-302, 1999
- Ming, Lei; Xiaohong, Yang; Tseng, Mitchell M.; Shuzi, Yang; "Design an intelligent machine center--strategy and practice", *Mechatronics* Volume: 8, Issue: 3, April, 1998. pp. 271-285
- Mitsubishi, M.; Warisawa, S.; Tanaka, K.; "Distance Learning and Technology Transfer with Reality Transmission Capability", *Annals of the CIRP*, 2002
- Monreal, Manuel; Rodríguez, Ciro A.; "Influence of tool path strategy on the cycle time of high-speed milling", *Computer-Aided Design*, vol. 35, pp. 395-401, 2003
- National Research Council, *Visionary Manufacturing Challenges for 2020*, Committee on Visionary Manufacturing Challenges, Board on Manufacturing and Engineering Design, Commission on Engineering and Technical Systems, NATIONAL ACADEMY PRESS, Washington, D.C. 1998 (<http://www.nap.edu/readingroom/books/visionar>)
- Özel, Tugrul; Lucchi, Marco; Rodríguez, Ciro A.; Altan, Taylan; "Prediction of Chip Formation and Cutting Forces in Flat End Milling – Comparison of Process Simulations with Experiments", *Transactions of NAMRI/SME*, 1998, pp. 231-236
- Peres, C.R.; Alique, A.; Haber, R.H.; Ros, S.; Haber-Guerra, R.E.; Fuzzy Supervisión and Hierarchical Fuzzy Control Integrated System: An Approach for Milling Process Optimization, *Computers in Industry*, vol.29, 1998, pp. 199-207
- Pritschow, Günter; Altintas Yusuf; Jovane, Francesco; Koren, Yoram; Mitsubishi, Mamoru; Takata, Shozo; Brussel, Hendrik; Weck, Manfred; Yamazaki, Kazou; "Open Controller Architecture- Past, Present and Future", *Annals of the CIRP*, 2001, vol. 2.
- Zhao, F. L.; Tso, S. K.; Wu, Paul S. Y.; "A cooperative agent modeling approach for process planning", *Computers in Industry*, vol. 41, 2000, pp. 83-97

## **OBJETIVOS** (extensión máxima 1 hoja DIN A4 ó folio)

---

El objetivo de este proyecto es generar un conocimiento iberoamericano propio en las temáticas relacionadas con la automatización de los procesos de mecanizado de alto rendimiento (MAR). Entre todas las temáticas posibles en este proyecto se han seleccionado las 8 siguientes como más importantes desde el punto de vista científico técnico y con mayor posibilidad de transferencia de resultados de investigación a los sectores productivos:

1. Caracterización, modelización y simulación del proceso MAR.
2. Estabilidad del mecanizado: piezas, utillajes y máquinas (*chattering*).
3. Determinación pre-proceso de condiciones de corte: optimización multiobjetivo (selección de herramientas y condiciones de corte).
4. Supervisión del proceso: optimización de las condiciones de corte en tiempo real, con base en índices de mérito.
5. Control a nivel de proceso.
6. Control a nivel de máquina.
7. Monitorización del proceso MAR.
8. Sistemas distribuidos de mecanizado.

Los resultados del proyecto, unidos a conocimientos generales y complementarios, se integrarán en la edición de un libro, dirigido a la industria manufacturera y a estudiantes de post-grado.

También se establecen otros objetivos complementarios, como son los siguientes:

- Transferir los resultados del proyecto al sector productivo iberoamericano (ejemplo, generación de proyectos IBEROEKA).
- Intercambiar personal investigador y estudiantes de post-grado para su formación técnica.
- Promover el establecimiento de convenios de intercambio de personal entre los grupos del proyecto.
- Utilizar en común infraestructuras de investigación existentes en los diferentes grupos del proyecto.
- Diseminar estas tecnologías a través de los siguientes medios:
  - Extranet del proyecto.
  - Publicaciones.
  - Congresos PIBAMAR.

Los resultados de este proyecto incidirán directamente en una mejora de la competitividad de todas las empresas del sector metal-mecánico, al que va principalmente dirigido este proyecto. Los procesos de mecanizado constituyen una fase esencial de los procesos manufactureros, cuyas empresas son las principales generadoras de riqueza en los países desarrollados. Así mismo, los resultados del proyecto son de gran aplicación al sector de la máquina herramienta lo que podría propiciar la aparición de una industria emergente fabricante de máquinas herramienta y bienes de equipo en países que aún no disponen de aquella. Además, y gracias a la cooperación e intercambio de resultados, se pretende mejorar la situación tecnológica de los países participantes más desfavorecidos, que gracias a este proyecto podrán incorporar estas nuevas tecnologías en sus procesos productivos.

## BENEFICIOS DEL PROYECTO (extensión máxima 1 hoja DIN A4 ó folio)

Con este proyecto se podrían alcanzar los siguientes beneficios: impacto industrial, formación de recursos humanos e impacto social, entre otros.

**Impacto Industrial.** Los resultados del proyecto son importantes para los sectores industriales de los países, tanto para los fabricantes de máquinas herramienta y bienes de equipo como para los usuarios (sector manufacturero) que podrán de esta forma mejorar notablemente sus procesos productivos. Esta circunstancia está facilitada por la fuerte implicación de algunos de los miembros del consorcio (Tekniker, Ideko, IST, EAFIT, etc.) con el tejido industrial manufacturero de sus respectivas áreas de influencia. Numerosas empresas en los distintos países participantes en este proyecto ya han mostrado su interés en los resultados que de él se obtengan.

País	Empresa
España	SORALUCE, DANOBAT, NICOLÁS CORREA, GORATU, ZAYER, CASA.ITP,
Brasil	TUPY Fundação, EMBRACO, Schulz – Componentes, 30 Industrias de Moldes y Matrices
Mexico	Nemak, Dirona, DITEMSA, Quimmco, y Ogihara Proeza Mexico
Cuba	Combinado mecánico del Niquel, Fabrica de implementos agrícolas. Fabrica de cosechadoras cañeras.
Colombia	Maquitrónica, Sofasa, Macrolab.
Portugal.	OPT S.A., A. M. Mesquita S.A., Iberomoldes S.A., FREZITE S.A., CENTIMFE.
Venezuela	Cameron, Vetco-Gray, Baker, Camozzi, Rectimoreca
Costa Rica	Intel, Instituto costarricense de electricidad, Terramix SA, Olympic precision machining, SA, Asometal, Prolex SA, Tecnimatriz SA.

En la actualidad son cuatro los principales sectores industriales en los que se aplica el mecanizado de alto rendimiento:

- Moldes y matrices,
- Mecanizado de materiales aeronáuticos,
- Automoción, y
- Bienes de equipo.

En lo que se refiere a la producción mundial automotriz, la región tiene una significativa participación (aproximadamente el 10%), incluyendo a España (4.6 % y lugar 6º), Brasil (2.6% y lugar 8º) y México (2.5% y lugar 10º). Con respecto a la producción mundial de máquinas herramientas España y Brasil se ubican en 10º y 12º lugar, respectivamente. Por otro lado, Portugal tiene una destacada industria de diseño y fabricación de moldes en la región, exportando cerca de \$ 250 millones USD y ubicado en 7º lugar mundial en lo que se refiere a moldes de inyección. En esos sectores industriales se podría iniciar a medio plazo el desarrollo de proyectos concretos de interés industrial, financiables a través del programa IBEROEKA.

**Formación de Recursos Humanos.** Otro beneficio está relacionado con la formación de personal especializado en estas tecnologías en cada uno de los países participantes. Las actividades de movilidad e intercambio de personal van a permitir que se produzca una intensa transferencia de conocimiento y de resultados de investigación, lo que redundará claramente en a) la capacitación del personal técnico de los diferentes países, b) mejor utilización y adaptación de la tecnología de mecanizado de alto rendimiento y c) mejor justificación al realizar este tipo de inversiones.

**Impacto Social.** Dentro de los beneficios sociales del proyectos se destacan los siguientes:

- Mejora de la seguridad del puesto de trabajo.
- Mejora de la calidad del puesto de trabajo.
- Creación de empleos de alto valor agregado.
- Mejora del medio ambiente por reducción de refrigerantes contaminantes (mecanizado en seco, mínima cantidad de lubricante-MQL...), ahorro de energía y reducción de desperdicio.

**GRUPOS DE INVESTIGACIÓN PARTICIPANTES** (extensión máxima 1 hoja DIN A4 ó folio)

País	Grupo	Proyectos de investigación y productos relacionados con el proyecto.
Argentina	CUDAR – Centro Univ. de Des. en Aut. en Reingeniería	Investigaciones Relacionadas con la Manufactura Industrial y aplicaciones en Ing. Quirúrgica, con financiación del Ministerio de Educación de la República Argentina y aportes de los alumnos
Brasil	Instituto Superior de Tecnología – IST	Usinagem de Ferro Fundido (CGI), monitoramento do desgaste de ferramentas; Integração de sistemas flexíveis para manufatura, recursos de la fundación SOCIESC, CNPq y Fundación VITAE.
	Univ. Fed. de Santa Catarina – UFSC	Integración física y lógica de los equipos en un Sistema Flexible de Manufactura, y su utilización para la fabricación de piezas vía Internet.
Chile	UTFSM – Univ. Técnica Federico Santa María	Integración entre máquinas herramientas (CNC), transporte, almacenamiento y manipulación de materiales para implementar una FMC. Implementación de un sistema de monitoreo de la producción en una empresa confeccionadora de brochas. Estudio de perforado de acero resistente a la abrasión. Introducción de tecnología avanzada de manufactura (AMT) en la industria metalmeccánica nacional.
Colombia	Universidad EAFIT	Control a nivel de máquina: Desarrollo de modelos de control avanzados aplicados al MAR. Desarrollo de plataformas genéricas para generación de sistemas específicos de control. Recursos del presupuesto de Investigación de la universidad, Trabajos de diseño y asesoría a las industrias de la ciudad; Licencia de software.
Costa Rica	Universidade da Costa Rica	Control automático de motores de reluctancia variable, aplicaciones de control numérico de bajo costo. M. de Ciencia y Tecnología: Proyectos Pymes Universidad de Alabama, Estados Unidos.
Cuba	Universidad de Oriente	Sistemas de control del proceso de mecanizado de alto rendimiento. Supervisión automatizada del proceso de mecanizado de alto rendimiento. Caracterización, modelización y simulación del proceso de mecanizado de alto rendimiento. Estabilidad dinámica del mecanizado de alto rendimiento.
	Universidad de Holguín	Determinación automática de los parámetros de corte. Base de datos tecnológica para procesos de alto rendimiento y todo tipo de materiales.
España	Fundación Tekniker	Monitorización y control de procesos de mecanizado ; Simulación de los procesos de Fabricación ; Mecatrónica e Ingeniería de Precisión Ingeniería de Producción y de la Información.
	Centro Tecnológico IDEKO	Procesos de mecanizado: Monitorización y control de procesos de mecanizado; Accionamientos y dinámica de máquinas; Diseño de máquinas; Ingeniería de producción. La financiación del Centro Tecnológico IDEKO proviene, en un 65%, de proyectos bajo contrato con la industria y en un 35% de proyectos de investigación financiados por organismos públicos.
	IAI - Instituto de Automática Industrial. CSIC	Estabilidad del mecanizado, determinación de condiciones de corte, supervisión del proceso, control a nivel de proceso, monitorización del mecanizado de alto rendimiento, sistemas distribuidos de mecanizado.
México	ITESM - Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey	“Machining Process Evaluator for Agent-Based Process Planning and High Performance Machining Operations” (patrocinado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, #33006, duración 2001-2003).
Perú	PUCP - Pontificia Universidad Católica de Perú	Identificación y Modelado de Plantas y Procesos; Investigación y Desarrollo de Técnicas de Control basadas en Inteligencia Artificial; Desarrollo e Implementación de Dispositivos de Control para las Maquinas Industriales.
Portugal	FEUP - Faculdade de Engenharia da Univ. do Porto	CpackMO – Cutting and Packing Problems with Multiple Objectives; CIDER: Communication Infrastructure for Dependable and Evolvable Real-time systems.
	UNIDEMI – Unidade de Invest. e Desenv. em Eng. Mec. e Ind. da FCT/UNL	Roughness Analysis on Milled Surfaces – com a indústria local; Technological Processes Associated to Rheo-casting– FCT-MCT; Mechanical Assessment of Rheo-casted Aluminium Alloys and Composites; Designing Organisations for Manufacturing Processes; Wear Behaviour of Semi-solid Processed Al Alloys.
Venezuela	LUZ - Universidad de Zulia	Diseño de algoritmos de control avanzado para el mecanizado. Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología – FONACIT.

## **JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DE COORDINACIÓN** (extensión máxima 1 hoja DIN A4 ó folio)

---

### **Complementaridad de los participantes en cuanto a conocimientos científico-técnicos y proyectos desarrollados o en curso.**

Las ambiciosas líneas de investigación propuestas exigen una clara complementaridad en cuanto a conocimiento científico-técnicos. Así mismo los proyectos en curso en las diversas instituciones se van a ver claramente complementados con los proyectos que se están desarrollando en otros grupos del proyecto. Los resultados que los distintos grupos obtengan servirán para potenciar los proyectos individuales de los demás.

### **Generación de una masa crítica de I+D.**

Un proyecto como el que se propone exige una masa crítica en cuanto a conocimientos, capacidad en recursos humanos y equipamiento en procesos de mecanizado de alto rendimiento que en ningún caso se dispone en una única entidad ni tan siquiera en un único país de la región. Gracias a este proyecto se podrá disponer de una masa crítica del orden de 80 investigadores trabajando conjuntamente, compartiendo los recursos de más de 15 laboratorios que permitirán generar con garantías un conocimiento de excelencia iberoamericano que se compilará en el libro resultado final del proyecto.

### **Abordar problemas desde diferentes aproximaciones y soluciones tecnológicas.**

La existencia de grupos complementarios en cuanto a sus conocimientos y técnicas empleadas permitirá abordar problemas desde diferentes aproximaciones tecnológicas. Ello posibilitará poder elegir en cada caso la solución tecnológica más adecuada, al tener en cuenta las necesidades y oportunidades específicas de cada país de la región. Por otra parte, se podrán contrastar diferentes soluciones a problemas similares, al comparar los resultados que se obtengan en los diferentes laboratorios.

### **Aportar la necesidades industriales específicas de cada país de la región.**

Cada uno de los miembros del proyecto tiene una visión clara de las necesidades e idiosincrasia de las industrias con las que trabajan. Soluciones en un país pueden no ser directamente aplicables en otro. Sin embargo, disponer de una visión completa o de otro tipo de soluciones permitirá a cada grupo de investigación adaptar dichas soluciones a las necesidades concretas de cada país y disponer de otros puntos de vista.

### **Desarrollo de proyectos industriales de mayor envergadura y alcance.**

Los proyectos de interés industrial son cada día más complejos y multidisciplinarios. La existencia de este grupo importante de investigadores con conocimientos complementarios permitirá abordar con mayor garantía esa clase de proyectos y por lo tanto proveer de soluciones más eficaces a los problemas planteados por la industria manufacturera de la región.

### **Eficaz diseminación de los resultados a todas las industrias e instituciones de formación de la región.**

Se prevé que durante el proyecto se genere un conocimiento amplio sobre las problemáticas involucradas en la automatización de la industria manufacturera. Todo este conocimiento permitirá generar un cuerpo de doctrina sobre esas temáticas lo que facilitará la eficaz diseminación de los conocimientos a los entornos industriales y entidades encargadas de la formación en la región. La mayoría de los participantes son entidades docentes lo que asegura una rápida transferencia de los conocimientos generados.

### **Posibilidad de organizar congresos y seminarios internacionales de excelencia.**

La cantidad y calidad de los resultados de investigación previstos posibilitará la celebración de congresos científico-tecnológicos monográficos, sobre la automatización de los procesos de mecanizado de alto rendimiento (MAR).

Las actividades de I+D se desglosan en 8 grandes líneas científico-técnicas con sus correspondientes coordinadores y de acuerdo con el plan de trabajo que se describe en el diagrama de Gantt.

### **1. Caracterización, modelización y simulación del proceso de Mecanizado de Alto Rendimiento (Tekniker):**

Mecanizado en alta velocidad y convencional de materiales especiales (magnesio, aleaciones aeronáuticas, materiales de difícil maquinabilidad, grafitos para electroerosión). Modelos de proceso de corte por elementos finitos. Simulación y realidad virtual del proceso de corte. Influencia de las condiciones de corte y de la geometría de la herramienta en su durabilidad. Integridad superficial. (aspectos geométricos, materiales, tensiones residuales).

### **2. Estabilidad del Mecanizado: piezas, utillajes y máquinas (*chattering*) (IDEKO):**

Análisis de estabilidad. Análisis modal, frecuencias naturales, estudio del cimbreo de las máquinas. Predicción del *chatter*. Identificación de lóbulos de estabilidad. Aplicación en moldes, elementos estructurales, cavidades profundas, paredes delgadas, en combinación con materiales de bajo módulo de elasticidad.

### **3. Determinación pre-proceso de condiciones de corte: optimización multiobjetivo (selección de herramientas y condiciones de corte) (Universidad de Holguín):**

Desarrollo de modelos de optimización multi-objetivo. (costo, energía y productividad). Determinación automatizada de los parámetros de corte (avance, velocidad y profundidades). Base de datos tecnológica para procesos de alto rendimiento y todo tipo de materiales. Gestión del conocimiento. Selección de herramienta de corte. Determinación de las trayectorias de corte, en régimen convencional y de alta velocidad, para materiales convencionales y especiales (relación con línea 1).

### **4. Supervisión del proceso: optimización de las condiciones de corte en tiempo real, con base en índices de mérito (IAI):**

Optimización de las condiciones de corte en tiempo real. Desarrollo de estrategias de supresión de *chatter* (relación con línea 2). Evaluación del esfuerzo de corte óptimo. (relación con línea 1 y 3). Introducción de índices de mérito. (funciones objetivo). Empleo de sensores de medición de aspectos geométricos e integridad superficial.

### **5. Control a nivel de proceso (Universidad de Oriente):**

Desarrollo de modelos de control avanzados aplicados al mecanizado de alto rendimiento. Aplicación de técnicas de IA para control de variables características del proceso (control borroso, redes neuronales, algoritmos genéticos y técnicas híbridas).

### **6. Control a nivel de máquina (EAFIT):**

Desarrollo de modelos de control avanzados aplicados al MAR. Desarrollo de plataformas genéricas para generación de sistemas específicos de control. Sistemas de adaptación de trayectorias en tiempo real. Modificación remota del comportamiento de la máquina. Problemas de fricción en accionamientos y su compensación adaptativa. Caracterización dinámica de trayectorias en 2D. Sistemas de autoregulación (*self-tuning*).

### **7. Monitorización del Mecanizado de Alto Rendimiento (IST):**

Sistemas de bajo coste para monitorización del proceso. Sistemas de monitorización en base a señales internas. Monitorización a distancia. Detección y diagnóstico de colisiones, rotura de herramienta, desgaste de herramienta y *chatter* (utilización de técnicas IA).

### **8. Sistemas distribuidos de mecanizado. (ITESM)**

Sistemas distribuidos vía INTERNET para planificación, programación, monitorización. Aplicaciones en Empresa Digital Extendida (fabricación a distancia), grupos colaborativos de investigación (ejemplo: PIBAMAR) y formación a distancia. Utilización de herramientas EXPRESS (STEP), CORBA, JAVA, XML, SQL.

Todos los resultados desarrollados a lo largo de los 4 años del proyecto y en las 8 líneas temáticas seleccionadas servirán de base para la edición del Libro PIBAMAR, que incluirá todo el conocimiento iberoamericano sobre la automatización de los procesos de mecanizado de alto rendimiento.



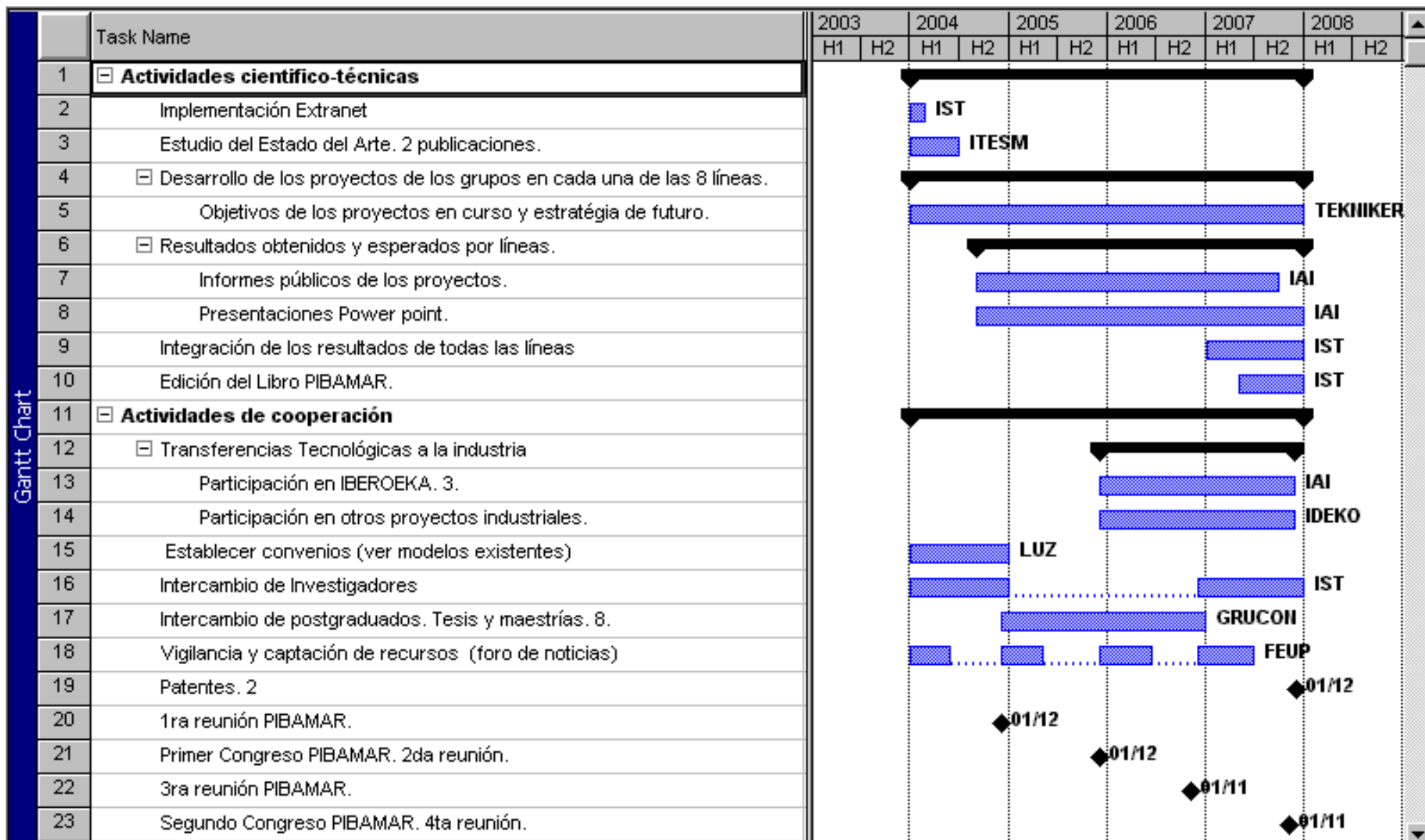
## **ANEXO**

---

Relación de participantes (rellenar el Formulario Q por cada grupo participante)

NOTA: la participación de FEUP incluye la colaboración de sus siguientes institutos asociados: IDIT, INEGI, INESC Porto y ISR Porto.

## ORGANIGRAMA DE ACTIVIDADES PREVISTAS



(1) Identificarlo con su nº

ANEXO: MATRIZ GRUPOS x LINEAS DE INVESTIGACION

LINEAS/ ENTIDADES	TEKNIKER	IST	UHo	UO	GRUCON	IAI	FEUP	ITESM	LUZ	EAFIT	UCR	IDEKO	UTFSM	CUDAR	UNIDEMI	PUC - Peru
LA1	X	X	X				X	X	X		X	X	X	X	X	
LA2	X					X	X	X	X			X	X		X	
LA3	X	X	X			X	X				X	X	X	X	X	
LA4	X			X		X	X					X	X		X	X
LA5	X			X		X	X	X	X	X		X	X			X
LA6	X	X					X		X	X	X	X	X	X		X
LA7	X	X			X	X	X	X		X		X	X	X	X	
LA8	X	X	X		X	X	X	X			X	X	X	X	X	

X Participantes

X Líder de línea