

SIMULACIÓN NUMÉRICA Y CAD EN LAS EMPRESAS INDUSTRIALES DE GALICIA

INFORME TÉCNICO CESGA - 2005 - 002

Reservados todos los derechos.

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

Primera Edición

© Fundación Centro Tecnológico de Supercomputación de Galicia, 2005

Edita: Fundación Centro Tecnológico de Supercomputación de Galicia

ISBN: 84-689-1042-2

Depósito Legal: C-356-05

Imprime: Servizo de Edición Dixital da Universidade de
Santiago de Compostela. Unidixital

Santiago de Compostela, 2005

RELACIÓN DE AUTORES:

Bermejo Paradela, Miguel. Licenciado en Matemáticas. EOSA Consultores.

Costas Seijo, Miguel. Ingeniero Superior de Telecomunicación. EOSA Consultores.

Cuadrado Aranda, Javier. Doctor Ingeniero Industrial. Universidad de La Coruña.

Gómez Tato, Andrés. Doctor en Ciencias Físicas. Fundación Centro de Supercomputación de Galicia.

Leiceaga Baltar, Xoán. Doctor Ingeniero Industrial. Universidad de Vigo.

Muñiz Castiñeira, María del Carmen. Doctora en Matemáticas. Universidad de Santiago de Compostela.

Romero Romero, Pablo. Doctor en Ingeniería Superior de Minas. AIMEN.

Santorio Cuartero, Carolina. Bachelor in Business Administration. EOSA Consultores.

DISEÑO GRÁFICO Y PORTADA:

Gómez Fernández, Laura. Técnico Superior en Gráfica Publicitaria. S.A.X Centro de Supercomputación de Galicia.

PREFACIO

Las Tecnologías Avanzadas son críticas para capacitar a las empresas en la creación y explotación de sus ventajas competitivas; capacitación que resulta estratégica para la supervivencia y crecimiento de nuestras empresas en el actual contexto económico, en el que la competitividad de sus actores está en buena medida condicionada por la intensidad del progreso tecnológico, innovación e internacionalización.

La Dirección Xeral de Investigación e Desenvolvemento promovió la realización de este estudio sobre la implantación, uso y bondades de las Tecnologías Avanzadas de Manufactura en Galicia. La Fundación Centro Tecnológico de Supercomputación de Galicia, a quien se le encomendó la realización del estudio presentado en este libro, contó con el inestimable apoyo de expertos de las tres Universidades Gallegas, del Centro Tecnológico Armando Priege de Aimen, de la Red de Centros Tecnológicos de Galicia (RETGALIA), así como de responsables técnicos y de dirección de numerosas PYMES dedicadas a la fabricación. La colaboración interinstitucional y la participación e implicación de empresas de diferentes sectores en el proceso de diseño y realización de la encuesta, así como en el análisis de los datos obtenidos, aportan gran valor a las conclusiones que aquí se presentan.

La información contenida en esta publicación, obtenida a través de la realización del proyecto SIMULA, servirá para focalizar mejor los esfuerzos a realizar por la Administración a través de programas de apoyo de tecnologías para la innovación dirigidos a las PYMES manufactureras gallegas y también resultará de gran utilidad a la Red de Centros Tecnológicos de Galicia y a las Universidades para conocer mejor las necesidades reales y actuales demandas de formación, tecnología y asesoramiento en las empresas.

Pedro Merino Gómez

Director Xeral de Investigación e Desenvolvemento
Consellaría de Innovación, Industria e Comercio, Xunta de Galicia

AGRADECIMIENTOS

Un estudio sobre la situación de una determinada tecnología en la industria no puede realizarse sin la colaboración de la propia industria. Por lo tanto, es necesario dejar constancia del agradecimiento de los autores a las empresas que respondieron amablemente a la encuesta.

También es necesario extenderlo a todos los participantes en las mesas de debate posteriores de análisis de los resultados, que aportaron su valioso tiempo (y quizá también dinero) para ayudarnos a comprender la situación real de la Pequeña y Mediana Empresa de manufactura en Galicia. Gracias por tanto a (por orden alfabético): Clementino Álvarez (Vulcano), Antonio Andrade (Laminor), David Antúnez (Santos), José Cachafeiro Pérez (MGI Coutier), Manuel Cameáns (Incat), Alfonso Caneiro (SI Global), Arturo Dieguez (Hipamoldes), Alejandro Durán (Martínez Otero), Feliciano Fernández (Portadeza), Arturo González Pérez (Grupo Copo), Cándido Hermida (Industrias Cándido Hermida), Miguel Ángel Herrera (CTAG), Eva M. Legido Mariño (UNVI), Jesús López Navarro (CT Ingenieros), Javier Martín (Insenaval), Beatriz Max (Teaxul), Jaime Paz (Universidade de Vigo), Abel Pereira Matalobos (CT Ingenieros), Miguel Rodríguez (Industrias Cándido Hermida) y María Tabeada (Sermarine).

Antes de realizar la encuesta, propusimos a técnicos de empresas gallegas que revisaran la misma, de tal forma que analizaran si era complicada de responder o entender. Estos técnicos son: Alfonso Codón Bobillo (Erma), Manuel Guzmán Míguez (Dalphimetal), Raul Pallarés (Mecanizados Ume), Miguel Reboreda (TROMOSA) y José Belén Tapia (Dinak). Nuestro más sincero agradecimiento por esa labor que consideramos fundamental.

No podemos tampoco dejar de agradecer su esfuerzo al personal de los Centros Tecnológicos de Galicia que nos ha ayudado en la realización de las mesas de trabajo y, a veces además, participado en las mismas, haciendo horas extras para permitirnos realizar las reuniones tan fructíferas que se describen o, incluso, facilitándonos la infraestructura y contactos necesarios. En concreto, expresamos nuestro agradecimiento a Charo Castilla (CIS-Madera), Antonio Mateos (CTAG), José Luis de Nicolás (CIS-Galicia) y José Antonio Poza (CTAG). Ha sido una interesante experiencia de cómo puede funcionar una red como RETGALIA. Este agradecimiento se extiende al personal del propio CESGA que ha hecho una magnífica labor, soportando estoicamente nuestras peticiones de urgencia en la preparación de infraestructuras o material gráfico.

Por último, es necesario agradecer a la Consellería de Innovación, Industria e Comercio su implicación en la financiación del estudio, que consideramos al igual que ella, fundamental para el progreso de la industria gallega.

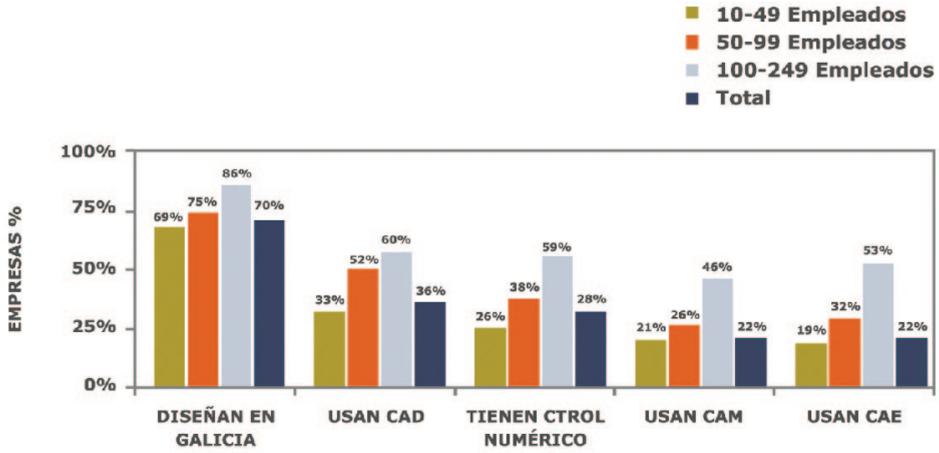
RESUMEN EJECUTIVO

La empresa manufacturera gallega representa algo más del 15% del empleo asalariado de Galicia y cerca del 40% del total de riqueza generada por las empresas gallegas. Es además, uno de los pilares fundamentales de las empresas de servicios, de la investigación científica y técnica y del empleo global. A pesar de ello, se le exige un constante aumento de productividad y calidad a la vez que una reducción de precios. La incorporación de tecnologías en los procesos productivos ha significado un importante avance que puede ayudar a suplir esa constante demanda.

La inclusión de las herramientas avanzadas (Advanced Manufacture Technologies, AMT) adecuadas en la Pequeña y Mediana Empresa permite incrementar la productividad, una mayor flexibilidad de la producción (pudiendo diseñar y producir series más cortas), una mayor calidad del producto final y un incremento de la cuota de mercado frente a aquellas que no las han incluido. Sin embargo, la posibilidad de incorporar dichas tecnologías y obtener beneficio es más complicado para las pequeñas compañías que para las grandes, pudiendo tener dificultades de financiación para ello. Una de estas nuevas tecnologías es la Simulación Numérica que facilita tanto la fase de diseño del producto como la producción final.

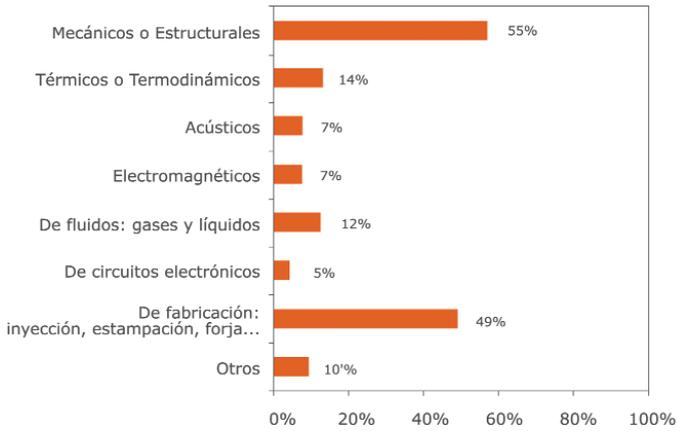
El proyecto SIMULA ha realizado el estudio de la implantación en la Pequeña y Mediana Empresa de fabricación gallega de la Simulación Numérica, considerándola como el “cálculo, análisis o simulación por ordenador aplicados a productos y procesos”. Se incluyó además, por su alta dependencia en muchos de los procesos de simulación, el Diseño Asistido por Ordenador (CAD) y otras nuevas tecnologías de fabricación.

Figura i. 1: Empresas industriales que hacen diseño, CAD, Simulación Numérica



Base: Todas las empresas

Figura i. 2: Naturaleza de los cálculos, análisis o simulación usados en Simulación Numérica

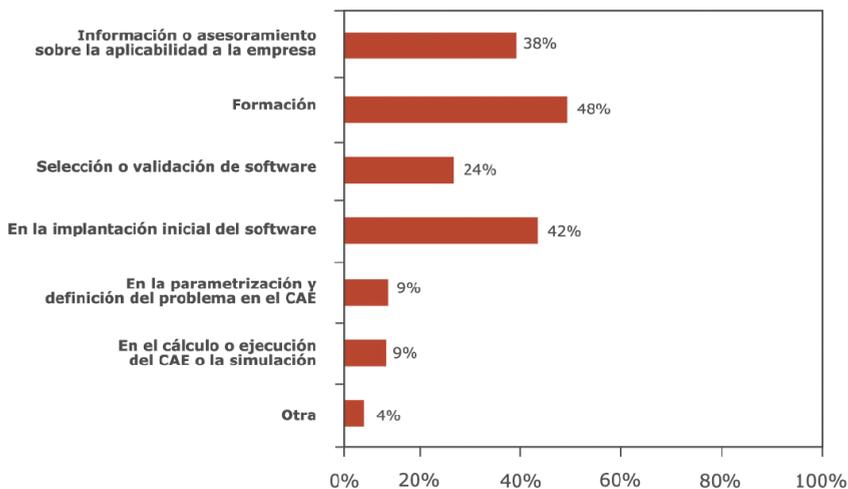


Base: Empresas que usan Simulación Numérica

De los resultados obtenidos se pueden extraer las siguientes conclusiones:

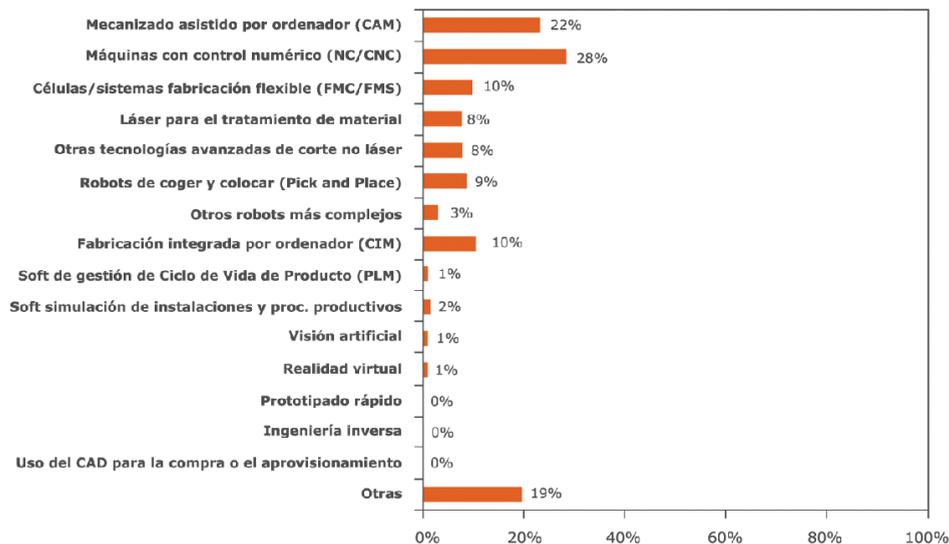
1. Como se puede ver en la figura i.1 la mayor parte (7 de cada 10) de las PYMEs encuestadas realiza el proceso de diseño de sus productos en Galicia. Sin embargo, en sectores fundamentales como el Metalmecánico o de Vehículos, el diseño es realizado solo por menos del 35% de las empresas, siendo fundamentalmente fabricantes de los diseños de otras empresas.
2. El nivel de utilización y divulgación del CAD es poco avanzado, y excesivamente orientado a la generación de planos, lo que podría ser un freno para la incorporación de la Simulación Numérica en el proceso de diseño del producto. El programa dominante sigue siendo el AUTOCAD (con un 62% de usuarios).
3. Existe todavía un gran desconocimiento sobre Simulación Numérica y sus posibilidades. De aquellas empresas que no utilizan simulación, un 35% desconocen lo que es o necesitan más información y un 40% afirma que no es aplicable.
4. La utilización de la Simulación Numérica todavía está poco extendida, ya que solo un 22% de PYMEs afirma utilizarla.
5. Los tipos de cálculo realizados, ver figura i.2, son mayoritariamente el mecánico o estructural y los directamente ligados a los procesos de fabricación.
6. Las empresas usuarias de la Simulación Numérica, ver figura i.5, tienen un alto grado de confianza en la herramienta.
7. Las principales limitaciones que encuentran los usuarios de la simulación, son por una parte la falta de personal formado (35%) y por otra el exceso de complejidad del software o la falta de información sobre su funcionamiento (22%).
8. Como se aprecia en la figura i.3, las principales necesidades de servicios en CAD y Simulación Numérica son la información, la formación y ayuda en la implantación inicial.
9. Existe un gran desconocimiento de los Centros Tecnológicos de Galicia y las Universidades como prestadoras de servicios. El 57% de las empresas, en caso de contratar servicios relacionados con las Simulación Numérica, preferirían hacerlo con una empresa. Sólo el 17% lo harían con un Centro Tecnológico y ninguno con la Universidad.

Figura i. 3: Necesidades de las empresas usuarias de Simulación Numérica



Base: Empresas que usan CAE

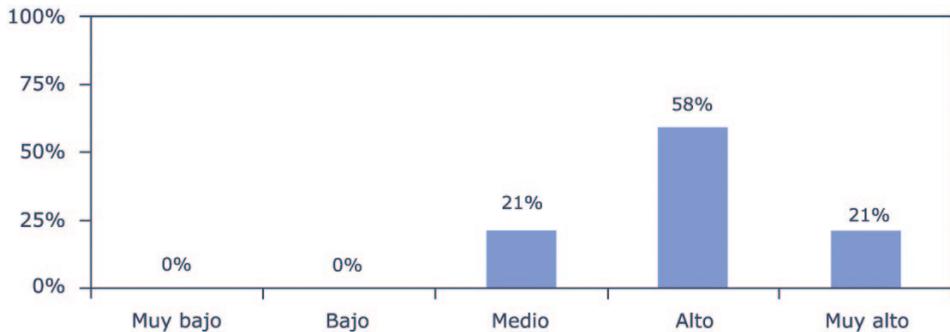
Figura i. 4: Otras tecnologías de fabricación de las empresas



Base: todas las empresas

10. Otras nuevas tecnologías tampoco tienen niveles de implantación adecuados (excepto las máquinas de control numérico y el CAM), lo que dificulta el aprovechamiento efectivo de las tecnologías de la información en los procesos de producción.

Figura i. 5: Grado de confianza en los resultados del CAE



Base: Empresas que usan CAE

De los datos recogidos durante el estudio y de los comentarios recibidos se deducen las siguientes recomendaciones de acción:

1. Es imprescindible realizar acciones dinamizadoras para favorecer el diseño propio en el sector de Metalurgia, de Maquinaria y Equipos y de Vehículos.
2. Realizar un estudio sectorial de las posibilidades del CAD en 3D, para posteriormente difundir sus ventajas y realizar experiencias piloto exitosas de su implantación en cada uno de los sectores susceptibles de aprovechar sus ventajas.
3. Iniciar un programa de promoción de la Simulación Numérica empezando por un estudio de las herramientas disponibles para cada sector; para posteriormente realizar implantaciones exitosas económicamente que puedan ser utilizadas en una difusión masiva posterior.
4. Apoyar iniciativas para el desarrollo de aplicaciones que den solución a problemas no resueltos y la creación de soluciones sectoriales.
5. Iniciar acciones formativas desde los Centros Tecnológicos y las Universidades en las diferentes tecnologías analizadas (CAD, Simulación Numérica y CAM) que puedan suplir la demanda de personal adecuadamente formado y que a su vez actúen como difusores de la tecnología.

6. Fomentar la creación de proyectos de colaboración Empresas/Centros Tecnológicos/Universidades que permitan la incorporación de la herramienta de la Simulación Numérica en el tejido empresarial gallego y que fomenten la incorporación de nuevos licenciados/ingenieros al mundo laboral en tareas relacionadas con I+D+i.

7. Realizar una campaña de difusión de los Centros Tecnológicos gallegos y de los servicios que pueden prestar al sector industrial.

La información completa sobre los resultados del estudio se puede obtener en la página web <http://simula.cesga.es> en donde, además, se puede encontrar información sobre otros estudios internacionales relacionados con las AMT, una copia de la encuesta utilizada así como los resultados en bruto para su análisis más detallado.

ÍNDICE

1.	Introducción	1
	Objetivos del estudio	1
	Metodología del estudio	5
	Conceptos principales	6
	Antecedentes	8
2.	Metodología	15
	Los Sectores Empresariales en Galicia	16
	El Sector Industrial en Galicia	17
	Metodología de la Encuesta	28
	Apartados de la Encuesta	32
	Metodología de las Mesas de Debate	35
3.	Análisis cuantitativo de resultados	39
	Comentarios generales	39
	Utilización del CAD	43
	Simulación Numérica. Utilización de la Simulación Numérica	52
	La Simulación Numérica vista por los no usuarios	64
	Otras AMTs en la empresa	68
	Conocimiento de los centros tecnológicos Gallegos.	70
4.	Análisis cualitativo	73
	Mesa de Trabajo del Sector Naval	74
	Mesa de Trabajo Parque Tecnológico de Galicia (Ourense)	76
	Mesa de Trabajo del Sector Automóvil	78
	Panel Sector Madera	80
5.	Recomendaciones y conclusiones	83
A.1.	Definición de nomenclaturas	89
A.2.	Formulario de la encuesta	91
A.3.	Descripción pormenorizada de las actividades asociadas a los grupos de los sectores	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1: Porcentaje de empresas de EEUU que utilizan CAD/CAE.	10
Tabla 2. 1: Muestra homogénea de 9.515 empresas con datos en 1999, 2000 y 2001.	16
Tabla 2. 2: Principales variables de la industria gallega en el año 2003.	18
Tabla 2. 3: Evolución de la cifra de negocios por agrupaciones de actividad (Miles de euros).	19
Tabla 2. 4: Evolución de los ingresos de explotación por agrupaciones de actividad (Miles de euros).	20
Tabla 2. 5: Personas ocupadas y horas trabajadas en el sector industrial gallego.	20
Tabla 2. 6: Gastos de personal en las empresas de Galicia por agrupaciones de actividad (Miles de euros).	21
Tabla 2. 7: Cifra de negocios por comunidades autónomas (Miles de euros).	22
Tabla 2. 8: Número de empleados por Comunidades Autónomas.	23
Tabla 2. 9: Distribución del universo de estudio	28
Tabla 2. 10: Distribución de la muestra obtenida	30
Tabla 3. 1: Comparativa Canadá - Galicia	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1:	Número de PYMEs manufactureras de Galicia.	3
Figura 1. 2:	Evolución de la utilización de diversas AMTs en España.	9
Figura 2. 1:	Esquema de la encuesta	33
Figura 3. 1:	Empresas industriales que hacen diseño, CAD y Simulación Numérica	39
Figura 3. 2:	Empresas industriales que hacen diseño, CAD y Simulación Numérica	40
Figura 3. 3:	Empresas industriales que hacen diseño, CAD y Simulación Numérica por sectores	41
Figura 3. 4:	Material que predomina en los procesos de fabricación	43
Figura 3. 5:	Empresas que utilizan Diseño Asistido por Ordenador	43
Figura 3. 6:	Año de inicio de la utilización del CAD	44
Figura 3. 7:	Tipo de CAD utilizado por las empresas	44
Figura 3. 8:	Tipo de CAD utilizado por las empresas según su tamaño	45
Figura 3. 9:	Tipo de software de CAD utilizado por las empresas	45
Figura 3. 10:	Uso del CAD-2D por sectores	46
Figura 3. 11:	Uso del CAD-3D por sectores	46
Figura 3. 12:	Uso de módulos de CAD específicos del sector o actividad	47
Figura 3. 13:	Uso de módulos CAD específicos del sector/actividad por sectores	47
Figura 3. 14:	Número de ordenadores utilizados en el CAD	48
Figura 3. 15:	Número de ordenadores que se usan en CAD	48
Figura 3. 16:	Uso del CAD respecto las actividades donde podría aplicarse	49
Figura 3. 17:	Nivel de satisfacción en el uso del CAD	49
Figura 3. 18:	Frenos al CAD en las empresas no usuarias	50
Figura 3. 19:	Plazo en que las empresas creen que instalarán CAD	51
Figura 3. 20:	Servicios CAD que demandarían las empresas	51
Figura 3. 21:	Empresas que utilizan Simulación Numérica	52
Figura 3. 22:	Año de inicio de la utilización de la Simulación Numérica	53

Figura 3. 23: Empresas usuarias de Simulación Numérica que utilizan CAD	.53
Figura 3. 24: Uso de la Simulación Numérica por sectores	.54
Figura 3. 25: Naturaleza de los cálculos, análisis o simulaciones usados en Simulación Numérica	.55
Figura 3. 26: Número de tipos de cálculo de la Simulación Numérica: mecánicos, térmicos, acústicos	.55
Figura 3. 27: Finalidad de los análisis, cálculos y simulaciones de la Simulación Numérica	.56
Figura 3. 28: Grado de confianza que tiene en los resultados de la Simulación Numérica	.57
Figura 3. 29: Empresas que validaron experimentalmente los resultados obtenidos con la Simulación Numérica	.57
Figura 3. 30: Razones para no realizar validaciones	.58
Figura 3. 31: Limitaciones en el uso de la Simulación Numérica	.59
Figura 3. 32: Nivel de satisfacción en el uso de la Simulación Numérica	.59
Figura 3. 33: Evolución del uso de la Simulación Numérica a corto plazo	.60
Figura 3. 34: Tipo de software para Simulación Numérica usado en la empresa	.61
Figura 3. 35: Procedencia del proveedor principal de Simulación Numérica usado en la empresa	.61
Figura 3. 36: Tipo de equipos usados en la Simulación Numérica	.62
Figura 3. 37: Frecuencia de uso de la Simulación Numérica	.62
Figura 3. 38: Predisposición a contratar servicios externos de la Simulación Numérica	.63
Figura 3. 39: Necesidades en Simulación Numérica de las empresas usuarias	.64
Figura 3. 40: Empresas que recibieron información comercial directa sobre la Simulación Numérica	.64
Figura 3. 41: Empresas que recibieron información comercial directa sobre la Simulación Numérica por sectores	.65
Figura 3. 42: Modalidad de uso que preferiría si aplicara la Simulación Numérica	.65
Figura 3. 43: Frenos de las empresas al uso de la Simulación Numérica (empresas no usuarias de Simulación Numérica)	.66
Figura 3. 44: Necesidades en Simulación Numérica de las empresas no usuarias	.67
Figura 3. 45: Otras tecnologías de fabricación de las empresas	.68
Figura 3. 46: Número de tecnologías de fabricación diferentes usadas: CAM, CNC,...	.69
Figura 3. 47: Conocimiento de las actividades de los Centros Tecnológicos	.70
Figura 3. 48: Empresas que contactaron con Centros Tecnológicos de Galicia para realizar alguna actividad	.71

1. INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

La empresa manufacturera gallega representa algo más del 15% del empleo asalariado de Galicia¹ y aporta un 40% de la riqueza generada, siendo uno de los pilares fundamentales de las empresas de servicios, de la investigación científica y técnica y del empleo global, ya que se calcula que por cada trabajador en el sector industrial son necesarios otros dos relacionados con los servicios. Actualmente, la empresa manufacturera (fundamentalmente la Pequeña y Mediana Empresa) se encuentra constantemente presionada para aumentar la productividad. Se le exige además, no solo reducciones en precio, sino también en rapidez y calidad. La incorporación de tecnologías en los procesos productivos ha significado un importante avance que puede ayudar a suplir esa constante demanda. De hecho, parece existir una correlación entre la adopción de nuevas tecnologías en el sector manufacturero y la ganancia en productividad². En general, estas tecnologías se agrupan bajo la denominación de Tecnologías Avanzadas de Manufactura (AMT en inglés), aunque algunas han pasado a formar parte también del grupo e-Business y, como su propio nombre indica, son cambiantes con el tiempo. La inclusión de las herramientas avanzadas adecuadas en la Pequeña y Mediana Empresa permite no solo incrementar la productividad, como se ha dicho anteriormente, sino también obtener una mayor flexibilidad de la producción (pudiendo diseñar y producir series más cortas), una mayor calidad del producto final³ y un incremento de la cuota de mercado frente a aquellas que no las han incluido⁴. Sin embargo, la posibilidad de incorporarlas y obtener beneficio por ello, es más complicado para las pequeñas com-

¹ Datos extraídos de las tablas de input-output de Galicia del IGE. Fecha de consulta 9 de diciembre de 2004.

² Lee, P.; Murphy, D.; Tzeferakos, S. *Performance of Canada's Manufacturing Sector*, Industry Canada, 2001.

³ Baldwin, J. R. & Z. Lin, *Impediments to Advanced Technology Adoption for Canadian Manufacturers*, Doc. #173, Analytical Studies Branch, Statistics Canada, 2001.

⁴ Sabourin, D.; Beckstead, D. *Technology Adoption in Canadian Manufacturing. Survey of Advanced Technology in Canadian Manufacturing*. Statistics Canada, 1998.

pañías que para las grandes, pudiendo además tener dificultades de financiación para su incorporación.

Dentro de estas tecnologías avanzadas, se ha identificado la Simulación Numérica como una de las mejores relacionadas con el diseño y la producción industrial. Ésta permite conocer, a través de la resolución de modelos matemáticos de fenómenos físicos, el comportamiento final de un producto o las consecuencias sobre el producto debido a las manipulaciones de la fabricación, detectando de forma virtual anomalías que pueden degradar la calidad final del mismo. Además, permiten reducir los tiempos de diseño y desarrollo de un nuevo producto así como los costes asociados a la realización y pruebas de prototipos reales. La importancia es tal que los estudios de prospectiva⁵, incluyendo el gallego⁶ la marcan como una tecnología clave en los próximos 10 años. En el caso de Galicia, se detectan dos grupos de tecnologías de utilización industrial que se engloban como Simulación Numérica. Una es el Diseño Molecular que incluye Química computacional, modelización y síntesis de nuevas moléculas. La otra está constituida por las herramientas avanzadas de diseño, cálculo, simulación y modelado virtual.

Es evidente que, si se acepta que el 80% del coste de un producto es realizado en el 20% del tiempo correspondiente a la fase de desarrollo del mismo⁷, la aplicación de tecnologías que faciliten el correcto diseño del producto final aporta importantes beneficios a la empresa. La combinación del Diseño Asistido por Ordenador (CAD) con la potencialidad de la Simulación Numérica permiten la realización y la comprobación del producto a través de la construcción de prototipos virtuales, mucho más económicos que los prototipos reales, reduciendo costes en la fase más onerosa del proceso productivo. Dadas las grandes posibilidades de esta herramienta, era necesario averiguar el grado de conocimiento y utilización por parte de las PYMEs gallegas, datos no medidos hasta la actualidad. Ahora bien, la utilización de la Simulación Numérica es posible tanto en el momento del diseño de los productos (bien del producto en sí bien del proceso de producción del mismo) como en el momento de la gestión de la producción.

Al igual que la inclusión de otras AMTs, la utilización de la Simulación Numérica en los procesos productivos no está exenta de problemas. En otros estudios para la inclusión de nuevas tecnologías, se han detectado barreras relacionadas con el coste (del capital, de la adquisición de tecnología y equipamiento, del desarrollo de software y del

⁵ Geyer, A., et. al. *The Future of Manufacturing in Europe 2015-2020. The Challenge for Sustainability*. EUR 20705 EN. European Commission Joint Research Center, 2003.

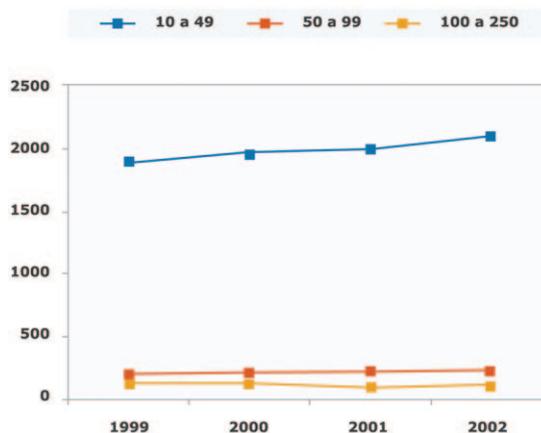
⁶ *Análisis prospectivo de tendencias científico-tecnológicas relevantes para Galicia*, Xunta de Galicia, 2004.

⁷ Brown, D. *Super Designer and Up Front CAE: A Leap from Educational Issues, to Considerer Fundamental Challenges to the Supply Chain, and Broken Business Models*. D. H. Brown Associates May 2002. Citado de *Modelling & Simulation for Affordable Manufacturing*, IMTI inc., 2002.

mantenimiento del mismo), y con el mercado laboral (necesidad de trabajadores más cualificados), organizativas (a veces implican cambios internos), institucionales (impuestos y regulaciones/estándares) e informacionales (falta de información científico-técnica, de servicios tecnológicos y de soporte técnico de los vendedores)⁸. Para poder realizar una acción efectiva de promoción de la Simulación Numérica, también era necesario hacer un análisis de las barreras percibidas por las empresas, que habían de distinguir entre aquellas declaradas por los que no son usuarios, de las que ya lo son, y por lo tanto las habían detectado en su propio proceso de implantación. De hecho, en general los usuarios de las AMT reportan más impedimentos que los no usuarios.

Otro punto importante a analizar, que está asociado a cualquier tecnología de la información, era el grado de utilización y satisfacción con la misma. En muchos otros casos de inclusión de TICs se ha apreciado (aunque los autores no tienen constancia de ninguna medida realizada al respecto) una insatisfacción en su inclusión, probablemente debido a las expectativas generadas. Bien es cierto que en otros países, la inclusión de las TIC se ha asociado con los importantes incrementos de productividad que no se han observado en Europa. Dado que los beneficios anunciados son importantísimos para la inclusión de la Simulación Numérica, es importante saber de primera mano la satisfacción y grado de confianza en las mismas por aquellos que ya conocen y utilizan esta tecnología.

Figura 1. 1: Número de PYMEs manufactureras de Galicia. Elaboración propia a partir de los datos del IGE. Los datos de empresas de 100 a 250 trabajadores incluyen las empresas de hasta 500 empleados para los años 1999 y 2000.



⁸ Baldwin, J. R. & Z. Lin, *Impediments to Advanced Technology Adoption for Canadian Manufacturers*, Doc. #173, Analytical Studies Branch, Statistics Canada, 2001.

A pesar de la rentabilidad manifiesta para la empresa, no existían estudios en Galicia que indicasen el grado de utilización y confianza de las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMEs) en la Simulación Numérica, así como sobre las barreras para la introducción de las mismas en los procesos productivos. Por el contrario, sí existían abundantes informes sobre la penetración, fiabilidad, confianza y barreras de otras Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, como las publicadas por el Observatorio TIC de Galicia⁹.

El objetivo del proyecto abordado por el CESGA con la colaboración de un grupo de expertos de las tres universidades gallegas y de un centro tecnológico (AIMEN), era diseñar una metodología de medida, y la realización posterior de un primer análisis, del grado de utilización, conocimiento, confianza y barreras a la introducción de la Simulación Numérica en las Pequeñas y Medianas empresas de Galicia. Durante la fase de diseño de la encuesta, se incluyó también en el estudio el Diseño Asistido por Ordenador (CAD) dado que se considera fundamental como condición previa para la adopción de la Simulación Numérica en la fase de diseño de la mayor parte de los nuevos productos industriales. Además, se consideró importante realizar la misma medida para otras AMTs utilizadas como referente en otros países de nuestro entorno económico (incluyendo también a España), con la finalidad de comparar en lo posible el estado de nuestra PYME industrial. Por último, dado que las empresas especializadas, los Centros Tecnológicos y la Universidad son referentes necesarios para la divulgación e implantación de estas tecnologías, también se analizó el grado de conocimiento de los Centros Tecnológicos así como la disponibilidad de las empresas para utilizar los servicios de éstos y de las Universidades para la implantación o realización de la Simulación Numérica.

Esta publicación representa la culminación de este trabajo. En ella se exponen la metodología seguida y, sobre todo, los resultados obtenidos. Se divide en cuatro secciones. En la primera se describen la metodología propuesta y los antecedentes, haciendo una importante revisión de los resultados obtenidos anteriormente por otros países. En una segunda sección se describen la encuesta y la selección de la muestra utilizada. En la siguiente sección se describen los principales resultados obtenidos sobre la utilización de la Simulación Numérica, el CAD y otras tecnologías.

A continuación se resume la información obtenida en las reuniones con empresas para el análisis de los datos, para terminar con una última sección de conclusiones en donde se proponen una serie de acciones encaminadas a la difusión de la Simulación Numérica.

⁹ <http://www.observatoriotic.org>

METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

El estudio se realizó entre los meses de septiembre y noviembre de 2004 y constó de tres fases. En una primera se diseñó la encuesta a realizar de forma telefónica a las empresas manufactureras gallegas. Aunque se describirá más adelante la forma de selección de la muestra, por motivos relacionados con posibles comparativas con otros estudios nacionales e internacionales además de estadísticos, se excluyeron de la muestra las empresas de construcción, de servicios y de producción de materias primas. El segmento de empresas estudiadas corresponde a aquellas de entre 10 y 250 trabajadores con menos de 50 millones de Euros de facturación, en concordancia con la definición europea de Pequeña y Mediana empresa. Éstas se dividieron, a su vez, en tres grupos: de 10 a 49 trabajadores, de 50 a 99 y de 100 a 249, también utilizada en otras encuestas de forma habitual.

Para la definición de la encuesta se creó un pequeño grupo de expertos formado Javier Cuadrado Aranda (Universidad de A Coruña), Xoan Leiceaga Baltar (Universidad de Vigo), María del Carmen Muñiz Castiñeira (Universidad de Santiago de Compostela), Pablo Romero Romero (AIMEN) y Andrés Gómez Tato (CESGA). Para el trabajo de campo (realización de encuestas y mesas de trabajo) contaron con la asistencia técnica de EOSA Consultores que habían realizado anteriormente estudios similares de utilización de TIC en empresas gallegas. Durante esta fase de diseño, es cuando se consideró interesante analizar otros aspectos relacionados con las AMTs.

Una vez acordados la estructura y contenido de la encuesta, ésta se sometió a una primera prueba, remitiéndosela a unos pocos trabajadores de empresas de manufactura con sede en Galicia para que la comentaran, indicando el grado de comprensión de la misma. Con sus comentarios, se redactó y mecanizó una última versión que tuvo que ser acertada para evitar un posible cansancio de los encuestados.

En una segunda fase, realizada entre el 29 de septiembre y el 30 de octubre de 2004, se realizaron 400 encuestas telefónicas a empresas pequeñas y medianas de Galicia del sector manufacturero. Para la selección de la persona a responder se definió una precedencia desde el director técnico hasta el administrativo, con el fin de obtener las respuestas de aquella persona con mejor preparación o conocimiento dentro de la empresa encuestada sobre el tema.

En la tercera fase, una vez obtenidos y filtrados los resultados numéricos, se realizaron cuatro mesas de trabajo con trabajadores, expertos y gerentes de empresas. En concreto, se realizaron durante los meses de noviembre y diciembre una mesa con representantes del sector naval y construcción marítima en Vigo, otra con expertos del sector

del automóvil en Porriño y una tercera del sector de la madera y mueble en Santiago de Compostela. También se realizó una mesa en Ourense con representantes de varios sectores (madera, automóvil y plásticos) para comprobar si existían diferencias apreciativas dependientes de la situación geográfica de la empresa.

Con los resultados conjuntos de los datos cuantitativos (la encuesta) y cualitativos (las mesas de trabajo) se han elaborado las conclusiones y recomendaciones finales del este trabajo.

CONCEPTOS PRINCIPALES

En la elaboración de la encuesta fue necesario definir los principales conceptos, fundamentalmente el denominado a lo largo del estudio como Simulación Numérica. Para la realización de la encuesta se intentó definirla de la forma más amplia posible, no necesariamente relacionada con el diseño del producto, partiendo de la hipótesis fundamental (obtenida de las dificultades anteriores experimentadas en conversaciones telefónicas con empresas) de que la mayor parte de los encuestados no podrían identificar fácilmente el concepto de Simulación Numérica. Así, la definición final por la que se optó fue:

“cálculo, análisis o simulación por ordenador aplicados a productos y procesos”

Su utilización se entendía tanto interna en la empresa como externamente, mediante colaboración o contratación de servicios con otras entidades y, aunque probablemente estirando el concepto real de la abreviatura, se denominó como CAE en las siguientes preguntas. La definición es muy amplia, recogiendo en la misma muchas de las tecnologías que se suelen utilizar dentro de la empresa o en las encuestas usadas como referencia en otros países. Incluye tanto su utilización en la fase de diseño como en la de producción, lo que puede inducir a confusión en el análisis de los datos. Así, aunque se añadió el CAD (véase más adelante la explicación de este concepto) como referente previo a la Simulación Numérica, no es una respuesta contradictoria el que se afirme que se utiliza ésta internamente sin tener aquélla instalada. Esto se comprenderá mejor con dos ejemplos. El primero está relacionado con la apreciación de lo que es CAD. Así, es posible que una aplicación de Simulación Numérica por elementos finitos incluya su propio módulo de diseño del sistema a analizar y, sin embargo, éste no sea considerado como CAD. Un segundo ejemplo puede corresponder a aquellas empresas que utilizan la Simulación Numérica, no en el diseño, sino en la producción. Por ejemplo para la planificación de la misma. En este caso no es necesario tener una representación gráfica del sistema a analizar, simplemente la descripción de los recursos a utilizar. Dentro de las encuestas anteriores utilizadas, la definición más cercana que podemos encontrar es

la utilizada en Canadá en 1998 para Modeling&Simulation. En esa encuesta se definía como la tecnología “usada para proporcionar una visualización computerizada de la respuesta de un diseño asistido por ordenador”. Sin embargo, en la mayor parte de los estudios utilizados como referencia, o bien no se incluía la Simulación Numérica como una actividad separada o bien, si se incluía, se añadía como un apéndice al CAD (es decir, se preguntaba por la utilización de CAD/CAE), por lo cual es imposible extraer información útil sobre la utilización exclusiva del CAE.

El segundo elemento en importancia en la encuesta es el CAD. En este caso, dado su mayor grado de conocimiento que se suponía a priori, además de su mayor madurez, no se consideró necesario añadir una definición explícita del concepto. Así, simplemente se consideró como “Diseño Asistido por Ordenador”. Incorpora tanto la posibilidad de que se utilizase como herramienta de dibujo de planos tradicionales en dos dimensiones (codificado como 2D) como para el diseño completo del producto en tres dimensiones (3D), según parece entenderse de forma común a tenor de los resultados de la encuesta, aunque técnicamente existan dudas sobre la consideración de los programas de generación de planos en dos dimensiones como CAD. La definición utilizada por ejemplo en el mismo estudio canadiense citado anteriormente es “uso de software basado en computador para realizar diseño. Permite a ingenieros, arquitectos o diseñadores producir diseños completos en la pantalla del ordenador y visualizar las implicaciones de los cambios del diseño en otros aspectos del mismo”. Un análisis de esta definición limita prácticamente sólo a tres dimensiones, excepto quizás en una gama muy reducida de productos. Por el contrario, introduce en la misma otros programas de ordenador que no necesariamente están relacionados con el dibujo técnico. Por consiguiente, al igual que ocurre con la definición anterior, existe una incertidumbre en el concepto. Esto implica necesariamente tener en cuenta que existirán apreciaciones en el encuestado que podrían salirse de la línea común de pensamiento entre los técnicos. Sin embargo, a nivel de comparativa con otros estudios internacionales o nacionales, consideraremos los resultados incluidos dentro del epígrafe de CAD o CAD/CAE como una misma tecnología, independientemente de su definición exacta.

Estas mismas apreciaciones probablemente se podrían hacer en el resto de las tecnologías sobre las que se preguntó, como máquinas de control numérico, CAM, células de fabricación flexible, etc. Sin embargo, dado que no tenían una relevancia importante en el estudio, no se definían en el momento de la pregunta, dejando a los encuestados que interpretasen libremente cada concepto en relación a su posible conocimiento. Dado que no son el objetivo principal del estudio aquí presentado, no tiene sentido hacer una discusión detallada sobre su definición. En el apéndice A se incluyen las definiciones que podrían utilizarse para cada una de las tecnologías. Quizás, en un futuro, debería hacerse un estudio más detallado sobre su utilización en Galicia.

Otro punto a tener en cuenta en el análisis de los resultados obtenidos es el grado de utilización máxima. No necesariamente todas las empresas de fabricación han de tener estas tecnologías implantadas, ya que a lo mejor no se ajustan a sus procesos de diseño o producción. Así, no todas las empresas necesitan CAD o CAM para diseñar o producir. Lo mismo podría ocurrir con la Simulación Numérica, aunque en este caso, dada la amplitud de la definición utilizada, no es fácil encontrar una empresa que no se pudiese beneficiar de la Simulación Numérica. Sin embargo, no es posible a priori indicar cuál es el nivel máximo de aplicación de cada tecnología, es decir, el tanto por ciento de empresas que deberían utilizarlo en función de sus procesos. Esto implica que las apreciaciones sobre el nivel de utilización no sean claramente calificables como elevado, bajo o muy bajo. Incluso una comparación con otros estudios similares es complicada, debido a las especificidades regionales. Así, en una región en donde un porcentaje alto de la industria esté relacionado con el tratamiento del metal o de la electrónica puede tener un nivel altísimo de utilización de CAD o Simulación Numérica, mientras que en otras regiones en donde el mayor porcentaje de empresas está relacionada con la transformación de productos agrarios, el nivel de utilización máximo podría ser totalmente diferente. Sólo una comparativa sector por sector (siempre que se utilice la misma definición para cada uno de ellos) tiene sentido. Sin embargo, dadas las dificultades técnicas de esa comparativa (alto error, diferencias en la agrupación sectorial, etc.), no se ha abordado en profundidad en la realización del estudio.

ANTECEDENTES

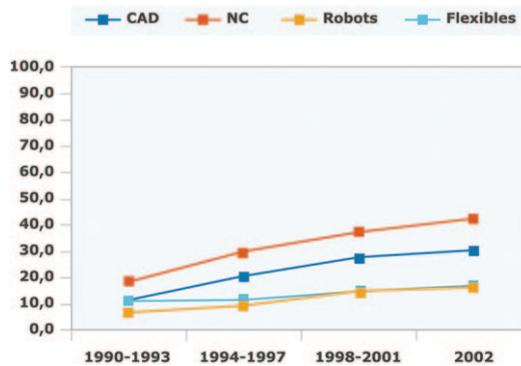
Muchos de los países de la OCDE han realizado estudios sobre la implantación de las nuevas tecnologías de fabricación debido a su relación con la innovación. Los primeros países en realizarlos fueron Australia, Estados Unidos y Canadá a finales de la década de los ochenta del siglo pasado, coordinando entre ellos la definición de la encuesta. Ese estudio se ha utilizado como referencia por otros países, fundamentalmente el de Canadá, debido a su continuidad en el tiempo y la amplitud de los análisis posteriores. De esos estudios iniciales se ha mantenido, casi sin variación, la lista de tecnologías, como es el caso del estudio del INE de 1998¹⁰, a pesar de que muchas de ellas cuentan con casi 60 años de historia (como es el caso de las máquinas de control numérico, introducidas en 1949 por primera vez). Los resultados publicados para España por el INE son decepcionantes a primera vista, ya que solamente un 8,7% de las empresas utilizaba CAD y/o CAE en sus procesos, si bien hay que tener en cuenta que incluye todas las empresas manufactureras independientemente de su tamaño. Este porcentaje subía al 32,9% en las empresas de entre 50 y 250 trabajadores y un 60% para empresas de mayor tamaño, más cercanos a los datos obtenidos en este estudio. Otro estudio a nivel nacional es el realizado por la Fundación SEPI¹¹ dentro de sus series

¹⁰ INE. *Utilización de nuevas tecnologías de la fabricación*. Año 1998.
(<http://www.ine.es/docutrab/nuetec/nuetec98.htm>)

¹¹ Rodríguez Rodríguez D. *Encuesta sobre Estrategias Empresariales*, Fundación SEPI 2003

anuales sobre estrategias empresariales, realizadas desde 1990 por convenio con el entonces Ministerio de Industria y Energía. Éste se realiza estratificado en dos grupos de empresas, entre 10 y 200 trabajadores y más de 200 trabajadores, también de industrias manufactureras. Desafortunadamente, ninguno de los dos incluye la Simulación Numérica como uno de sus componentes diferenciados, teniendo sólo datos sobre otras tecnologías de interés como el CAD, máquinas de control numérica, robótica o fabricación flexible (ver fig. i. 2).

Figura 1. 2: Evolución de la utilización de diversas AMTs en España. Fuente: ESEE 1990-2002, Fundación SEPI.



En el estudio del INE también se analizaban las barreras detectadas, pero con muy poco detalle, dividiéndolas en no aplicables (32,8% de las empresas que no utilizaban CAD/CAE), no ser rentables (8,1%) y otras (44,3%).

A nivel europeo, se han realizado estudios sobre la utilización de nuevas tecnologías de fabricación bien de forma directa bien incluidos en otros estudios más amplios. Ninguno de ellos incluye la Simulación Numérica en el sentido amplio como el utilizado en este estudio. El único conocido que separa la simulación es el francés¹², que incluye un apartado diferencial sobre CAE en donde arroja un resultado cercano al 10%. En este estudio también se diferencia entre el CAD en dos dimensiones y el de tres dimensiones, estando el uso del 2D casi el doble de extendido que el de 3D. Del resto de los estudios a nivel europeo, solo son reseñables los datos referentes al CAD. Así, en Suiza¹³ en 1999 el nivel del uso del CAD/CAE era del 60,8% mientras que en Irlanda¹⁴ era del 50,35% en 2004. Estos valores pueden servir como referencia, pero son difícilmente comparables debido a la dife-

¹² Enquête Automatisatation et informatisation industrielles - SESSI. 1997.

¹³ Arvanitis, S. ; Hollenstein, H.; Lenz, S. *The effectiveness of Government Promotion of Advanced Manufacturing Technologies (AMT): An Economic Analysis Based on Swiss Micro Data*, Swiss Federal Institute of Technology, 2002.

¹⁴ Roper, S.; Hewitt-Dundas, N.; Savage, M. *Benchmarking Innovation Performance in Ireland's Three NUTS 2 Regions*, InnovationLab, 2002.

rencia en la metodología y muestra. Solo un proyecto europeo a nivel global permitiría comparar adecuadamente los resultados. Desde ese punto de vista, el proyecto EVEN¹⁵ (European Virtual Engineering Network) realizó una encuesta a 156 empresas para identificar la demanda de tecnologías de ingeniería y herramientas de soporte en el proceso de desarrollo del producto. La simulación estaba presente de forma directa en 5 de las 27 tecnologías analizadas. Los resultados indican que un 46,2% de las empresas encuestadas estaban interesadas en elementos finitos, 51,1% en la simulación y 36,4% en la realización de cálculos complejos que requirieran Computación de Altas Prestaciones (HPC).

Entre otros estudios por país a nivel internacional, quizá el más interesante, como ya se dijo anteriormente, es el realizado en Canadá sobre la utilización de nuevas tecnologías en el sector industrial manufacturero, con dos oleadas (1993 y 1998), la última incluyendo Modeling & Simulation como una de las nuevas tecnologías, en este caso ya sí de forma independiente. Los resultados de 1998 en comparación con los españoles (dentro de los límites comentados anteriormente) son espectaculares: la utilización de CAD/CAE era del 44% de media (un 47% en las medianas empresas, 37% en las pequeñas y 81% en las grandes) mientras que la simulación (M&S) estaba implantada en el 17% de las empresas (14% de las pequeñas, 20% de las medianas y 49% de las grandes). En un primer análisis se nota claramente la diferencia de grado de utilización. En Estados Unidos¹⁶, se ha analizado recientemente la penetración del CAD/CAE conjuntamente, pero esta vez dentro del grupo de las tecnologías e-Business. Así, un 39,8% de las empresas norteamericanas tenían CAD/CAE incluidos en sus procesos, con una variación desde el 24,14% para las empresas de 10 a 49 empleados hasta el 45,74% para las empresas PYME de mayor tamaño.

Tabla 1. 1: Porcentaje de empresas de EEUU que utilizan CAD/CAE. Fuente: elaboración propia a partir de datos de e-Stats (2000)

TAMAÑO	USO CAD/CAE
10-49 empleados	24,14%
50-99 empleados	36,11%
100-249 empleados	45,57%

¹⁵ <http://www.even.tcd.ie>

¹⁶ <http://www.census.gov/eos/www/ebusiness614.htm>

Dentro de los estudios a nivel global, destaca el realizado por la red de investigación International Manufacturing Strategy Survey [IMSS], que analiza fundamentalmente las estrategias empresariales. Fue iniciado en 1992 por Chris Voss de London Business School y Per Lindberg de Chalmers University para estudiar las estrategias de la manufactura a nivel global al mismo tiempo que a nivel local. Desde el punto de vista de las nuevas tecnologías, éstas se incluyeron en el segundo muestreo que fue realizado entre 1996 y 1998 en 23 países de América, Asia Pacífico y Europa, a compañías de metal, maquinaria y equipamiento. A partir de los datos obtenidos se ha podido comparar la implantación de CAD y del CAE entre países de la OCDE y aquellos que no pertenecían a la organización¹⁷. De esos resultados se puede extraer que las compañías con menos de 100 empleados de los países de la OCDE utilizan más intensamente el CAD (36,11%) y el CAE (13,89%) que sus homólogas de países no pertenecientes a dicha organización (7% y 0% respectivamente).

Entre los estudios sobre tecnologías aplicadas en la empresa más locales, el referente está en el Observatorio TIC de Galicia¹⁸. Este estudio dado su carácter amplio, se centra en tecnologías de la información y las comunicaciones aplicables a cualquier tipo de empresa, como la conexión a Internet o los programas de gestión. Aunque no incluye la Simulación Numérica, sí analiza la implantación del CAD obteniendo una penetración del 25%, si bien ésta es para todo tipo de empresas, sean manufactureras o no. Desde el punto de vista de las empresas exclusivamente manufactureras, el único estudio detectado data del 1993 y está orientado únicamente al sector Textil¹⁹. En este estudio se obtenían datos de implantación del CAD (37%) y del CAM (24%), pero no así de la Simulación Numérica.

Desde el punto de vista de las barreras que han de afrontar las empresas para incorporar nuevas tecnologías, destacan los realizados por Baldwin y Lin a partir de los datos del estudio de Canadá de 1993²⁰. En dicho análisis se encontraron cinco grupos de dificultades para su implantación: el costo de las mismas, problemas regulatorios, del mercado laboral (principalmente relacionados con la falta de personal formado en esas nuevas tecnologías), organizativos (debido a la necesidad de cambio interno) e informacionales (como consecuencia de la falta de información científica y técnica así como de servicios de soporte adecuados). Sin embargo, estas barreras no están divididas por tipo de tecnología, por lo cual no es posible discernir si esas mismas barreras serán las más importantes desde el punto de vista de la integración de la Simulación Numérica.

¹⁷ Kennedy, J. ; Hyland, P. A comparison of manufacturing technology adoption in SMEs and large companies, octubre 2003.

¹⁸ *Las TICs en las PYMES de Galicia 2004*. Observatorio de las Tecnologías de la Información e a Comunicación.

¹⁹ Ruiz González, M. *Las Empresas de Confección Gallegas ante el Cambio Tecnológico*, Asociación de Industriais de la Confección de Ourense y Pontevedra, Editorial Milladoiro, 1993.

²⁰ Baldwin, J.; Lin, Z. *Impediments of Advanced Technology Adoption for Canadian Manufacturers*, Research Papers, Statistics Canada, Analytical Studies Branch, 2001.

Otros estudios, como “Overcoming Barriers to Technology Adoption in Small Manufacturing Enterprises (SMEs)” de Len Estrin et.al del CMU, parecen confirmar que esas barreras son también comunes. En este caso, estaban relacionadas con la falta de información, la falta de expertos, la sensación de que la tecnología no se podía abordar desde la empresa, la presión para ser productivo que existe en la PYME (es decir, falta de tiempo para dedicarle al desarrollo o implantación de nuevos métodos) y, en algunos casos, con que la tecnología existente no se ajustaba a las necesidades de la empresa. Los costes no aparecen en este caso como una barrera, lo cual coincide con lo mostrado en el estudio del INE en el caso de herramientas CAD/CAE. Muchas de estas barreras se ha demostrado que se pueden eliminar con la realización de una diseminación apropiada o de experiencias piloto y casos prácticos.

Hasta donde llega nuestro conocimiento, no tenemos constancia de encuestas o análisis sobre el grado de confianza en las ventajas y resultados de la Simulación Numérica. Probablemente no existan como tales, dado que la mayor parte de los estudios consultados están orientados a conocer comportamientos económicos o productivos y no a la eficiencia intrínseca de la herramienta.

Resumiendo, podemos afirmar, sin temor a equivocarnos, que el estudio aquí presentado es pionero en su naturaleza, teniendo pocos puntos de comparación con otros realizados anteriormente. Sin embargo, trabajos anteriores sí nos han ayudado a identificar inicialmente de forma adecuada alguna de las cuestiones abordadas (por ejemplo, las barreras a la incorporación de la Simulación Numérica) y, en algunos casos muy concretos, comparar con cautela y parcialmente la situación de la PYME gallega de la manufactura con respecto a otras zonas geográficas de nuestro entorno económico. Los resultados obtenidos son de gran importancia para la definición, aplicación y evaluación de las políticas de fomento de las AMT y, permitirán, en el futuro, comprobar la evolución.

	Galicia ¹		España (nrc) ³		España (sept) ⁴		Irlanda ⁵		Francia ⁶		Suíza ⁷		Canadá ⁸		OCDE ⁹		No OCDE ⁹		USA ¹⁰		USA ¹¹	
	2004	2004	1998	2002	2004	2002	2004	1995	1999	1998	1996	1996	1996	1996	1993	2000						
CAD, CAD/CAE o CAD 2D-CAD 3D	36%	25%	8,7%	30,9%	50,4%	30,9%	50,4%	36%-20%	60,8%	44%	36,1%	60,8%	44%	36,1%	64%	39,4%						
CAE, Simulación Numérica o NIS	22%							10%	11,4%*	17%	0,0%		17%	0,0%								
CAM, o CAD/CAM	22%		4%					18%	47,80%	36%			36%	28%								
Máquinas con control numérico (NC/CNC)	28%		9,1%	42,1%	41,3%	42,1%	41,3%				20,8%	38,8%	15%	51%	14%							
Células / sistemas de fabricación flexible (FMC/FMS)	10%		2,2%	16,3%									9%	14%	6%							
Láser para el tratamiento de material	8%		1,1%																			
Otras tecnologías avanzadas de corte no láser	8%		1,5%																			
Robots de coger y colocar (Pick and Place)	9%		1,4%	16,90%	14,90%	16,90%	14,90%		26,7%	15,00%			15,00%	10%								
Otros robots más complejos	3%		0,6%						13,4%					5%								
Fabricación integrada por ordenador (CIM)	10%		2,8%							18%												
Soft de gestión de Ciclo de Vida de Producto (PLM)	1%																					
Soft simulación de instalaciones y proc. productivos	2%																					
Visión artificial	1%																					
Realidad virtual	0%																					
Prototipado rápido	0%																					
Ingeniería Inversa	0%																					
CAD para el aprovisionamiento	0%		1,2%																			

1. CEEGA. Encuesta Proyecto Simula, realizada a empresas manufactureras de entre 10 y 250 empleados

2. Observatorio TIC. La TIC en las PYMES de Galicia 2004

3. INE. Encuesta realizada todo tipo de empresas.

4. SEPI. Encuesta Sobre Estrategias Empresariales, realizada a empresas manufactureras con más de 10 empleados

5. InnovationLab. Benchmarking Innovation Performance in Ireland's Three NUTS 2 Regions, realizada a empresas manufactureras con más de 10 empleados

6. SESSI. Enquête Automatisatise el informatise industrieles, realizada a empresas manufactureras con más de 20 empleados

7. Swiss Federal Institute of Technology. The Effectiveness of Government Promotion of Advanced Manufacturing Technologies, realizada a empresas manufactureras con más de 4 empleados

8. Statistics Canada. Survey of Advanced Technology in Canadian Manufacturing, realizada a empresas manufactureras con más de 10 empleados

9. 16th Annual Conference of Small Enterprise Association of Australia and New Zealand. A comparison of manufacturing technology adoption in SMEs and large companies. Datos referidos a empresas con 100 o menos trabajadores

10. Analytical Studies Branch Research Paper. Technology Adoption: A Comparison Between Canada and the United States. Datos referidos a empresas con 20 o más trabajadores

11. U.S. Census Bureau, Annual Survey of Manufacturers, encuesta realizada a empresas manufactureras de todos los tamaños

* ESTE DATO INCLUYE SIMULACIÓN NUMÉRICA Y PROTOTIPADO RÁPIDO

2. METODOLOGÍA

De manera global, el planteamiento metodológico del proyecto inicial trató principalmente de asegurar que se obtuviera una utilidad práctica tanto para las empresas destinatarias de las herramientas de Simulación Numérica como para los posibles proveedores que pudiesen ofertar este tipo de soluciones. La idea principal fue tratar de proporcionar unos datos y conclusiones finales que fuesen fiables tanto cuantitativa como cualitativamente.

Con este planteamiento, el trabajo de campo se estructuró en dos fases claramente diferenciadas con los siguientes objetivos:

- FASE 1: Obtener un diagnóstico de la situación de la Simulación Numérica en las empresas de Galicia mediante la realización de una encuesta telefónica a las empresas.
- FASE 2: Obtener nuevas informaciones cualitativas de las empresas y otros agentes contrastando y complementando la información obtenida en la primera fase, mediante la realización de mesas de debate.

Como parte del desarrollo metodológico y como paso previo a la realización del trabajo de la encuesta correspondiente de la fase 1, se realizó un estudio del contexto del tejido empresarial gallego bajo la perspectiva de la utilización de las herramientas de Simulación Numérica. Este estudio llevó a considerar de utilidad proporcionar una información de las principales variables económicas, de empleo y demográficas de todas las empresas de Galicia y especialmente de las empresas industriales.

Posteriormente a la presentación de las principales variables del contexto, se expone ya la metodología seguida en la realización de las dos fases del proyecto: la encuesta y las mesas de debate.

LOS SECTORES EMPRESARIALES EN GALICIA

Con el objetivo de encuadrar el sector industrial gallego, en el que se ha centrado el proyecto Simula, en el contexto global de las empresas de Galicia, se muestran las principales magnitudes de cada uno de los sectores empresariales. De esta forma se obtiene una idea de conjunto que permite valorar la importancia relativa de cada uno de los sectores.

Para ello se ha partido de la base de datos Ardán²¹, que proporciona una información muy contrastada de varios ejercicios sobre las principales empresas de Galicia. Los parámetros analizados son fundamentalmente económicos, y están referidos a un total de 9.515 empresas, que suponen una muestra muy representativa de las empresas más importantes de Galicia. Los datos se muestran para un total de nueve sectores: Agricultura, Construcción, Detallistas, Fabricantes, Mayoristas, Minería, Pesca, Servicios, y Transporte, Comunicaciones y Servicios Públicos.

Si se considera la riqueza generada por estos sectores, obtenida del Valor Añadido Bruto (VAB), hay que destacar que es el sector de Fabricantes, objetivo del estudio, el que más contribuye y de manera destacada al conjunto de Galicia. El sector de Fabricantes representa cerca del 40% del total de la riqueza generada por las empresas gallegas (tabla 2.1), con un valor absoluto de más de 3.200 millones de euros. El siguiente

Tabla 2. 1: Muestra homogénea de 9.515 empresas con datos en 1999, 2000 y 2001. Elaboración propia a partir de los datos del Directorio Ardán.

	NÚMERO DE EMPRESAS	%	INGRESOS 2001	%	V.A.B. CF	%
AGRICULTURA	77	0,81%	147,54	0,34%	34,29	0,40%
CONSTRUCCIÓN	1.878	19,74%	5.016,37	11,55%	1.336,15	15,74%
DETALLISTAS	1.439	15,12%	5.802,49	13,36%	1.019,68	12,01%
FABRICANTES	1.869	19,64%	16.394,25	37,74%	3.216,53	37,88%
MAYORISTAS	2.179	22,90%	11.075,07	25,50%	958,08	11,60%
MINERÍA	121	1,27%	437,80	1,01%	232,69	2,74%
PESCA	221	2,32%	577,36	1,33%	211,06	2,49%
SERVICIOS	1.086	11,41%	2.079,13	4,79%	882,40	10,39%
TRANSPORTE, COMUNICACIONES Y SERVICIOS PÚBLICOS	645	6,78%	1.097,46	4,39%	573,27	6,75%
	9.515		43437,47		8491,14	

Datos en millones de euros

²¹Ardán, Servicios Avanzados del Consorcio de la Zona Franca de Vigo. Directorio de Empresas Galicia 2004

te sector en importancia es la Construcción, con cerca del 16%. Los sectores de Detallistas y Mayoristas tienen una menor contribución, un 12% y algo más de un 11% respectivamente. El resto de sectores tiene una importancia muy inferior.

En lo que respecta a la distribución del número de empresas, se aprecia que el reparto sectorial es más equilibrado. El sector de la Distribución Mayorista es el que tiene mayor número de entidades, casi un 23%, seguido por la Construcción y los Fabricantes superando ambos el 19%. A continuación se encuentra el sector de Comercio al Detalle con un 15% de empresas y los Servicios con el 11%. El resto de sectores representa ya un número muy inferior de entidades.

EL SECTOR INDUSTRIAL EN GALICIA

En este apartado se describe brevemente la situación actual del sector industrial en Galicia, tanto en términos económicos como de empleo, con el fin de aportar un punto de referencia a la hora de analizar los datos y conclusiones sobre las informaciones que son objeto de este estudio.

Conviene tener en cuenta que estos datos están basados en la Encuesta a Empresas Industriales del INE²², y que se ha tratado de obtener la información agrupando las “actividades” empresariales tal y como se ha realizado en la Encuesta a las Empresas de Industriales del proyecto Simula del proyecto. En la mayor parte de los casos coinciden estas agrupaciones, pero existe alguna pequeña salvedad que se detalla a continuación.

Tal como se observa en la tabla, la agrupación que se ha realizado en el CESGA para el grupo “Madera”, incluye la actividad 36.1 “Fabricación de muebles”, sin embargo el INE incluye esta actividad en el grupo “Otros”. La otra pequeña diferencia la encontramos en el sector Transporte, donde según nuestra clasificación, se separa la actividad 34 “Vehículos con o sin motor” de la 35 “Otro transporte”, sin embargo el INE agrupa ambas.

GALICIA	
SIMULA	INE
CNAE: 15, 16. Alimentación, bebidas y tabaco	CNAE: 15, 16. Alimentación, bebidas y tabaco
CNAE: 17, 18, 19. Industria textil, confección, peletería, cuero y calzado	CNAE: 17, 18, 19. Industria textil, confección, cuero y calzado
CNAE: 20 y 36.1. Madera y muebles	CNAE: 20. Madera y corcho
CNAE: 24, 25. Industria química, caucho y plástico	CNAE: 24, 25. Industria química, caucho y plástico
CNAE: 26. Productos minerales no metálicos diversos	CNAE: 26. Productos minerales no metálicos diversos
CNAE: 27, 28, 29. Metalurgia	CNAE: 27, 28, 29. Metalurgia
CNAE: 34. Vehículos con o sin motor	
CNAE: 35. Otro transporte	CNAE: 34, 35. Material de transporte
CNAE: 21, 22, 30,31,32,33,36 (menos 36.1),37. Otros	CNAE: 21, 22, 30,31,32,33,36,37. Otros

²² Instituto Nacional de Estadística. *Encuesta industrial de empresas (EIE) 2003*. Noviembre 2004

VARIABLES ECONÓMICAS DEL SECTOR INDUSTRIAL GALLEGO

El importe neto de la cifra de negocios de las empresas industriales alcanzó en Galicia en el año 2003 la cifra de 23.672.783 millones de euros (tabla 2.2), lo que implica un aumento del 3% respecto al año anterior. En una proporción similar, un 3,1%, aumentó el total de ingresos de explotación que totalizó una cifra de 23.971 millones de euros.

Tabla 2. 2: Principales variables de la industria gallega en el año. 2003. Elaboración propia a partir de los datos del INE

	2003 (EN MILES DE EUROS)	(%) VARIACIÓN 03/02
Importe neto de la cifra de negocios	23.672.783	3,0
Total de ingresos de explotación	23.971.438	3,1
Consumos y trabajos realizados por otras empresas	15.958.331	2,2
Gastos de personal	3.413.731	3,1
Total de gastos de explotación	22.957.262	3,1

Si se analizan los resultados por grupos de actividad (tabla 2.3), se observa que el sector que tiene una mayor participación dentro de la cifra de negocios global es el de Material de transporte, que representa el 28% del total, seguido de el sector de Alimentación (22,95%), y del sector Metalmecánico (16,14%).

Sin embargo, analizando los grupos de actividad que han acumulado un mayor incremento en su cifra de negocios en el año 2003, respecto al 2002, encontramos en primer lugar al sector de Minerales no metálicos, que aumenta un 9,5%; seguido de Madera y corcho, que aumenta un 6,6% y Alimentación y bebidas, con un incremento del 6,2%.

Tabla 2. 3: Evolución de la cifra de negocios por agrupaciones de actividad (Miles de euros).
Elaboración propia a partir de datos del INE

GALICIA	IMPORTE NETO DE LA CIFRA DE NEGOCIOS		VARIACIÓN	% IMPORTE NETO DE LA CIFRA DE NEGOCIOS
	2003	2002	03/02	2003
CNAE: 15, 16. Alimentación, bebidas, y tabaco	5.432.876	5.115.858	6,2	22,95%
CNAE: 17, 18, 19. Industria textil, confección, cuero y calzado	1.471.359	1.553.287	-5,3	6,22%
CNAE: 20. Madera y corcho	1.652.095	1.549.418	6,6	6,98%
CNAE: 24, 25. Industria química, caucho y plástico	1.715.302	1.672.498	2,6	7,25%
CNAE: 26. Productos minerales no metálicos diversos	1.368.410	1.249.820	9,5	5,78%
CNAE: 27, 28, 29. Metalurgia	3.820.039	3.642.179	4,9	16,14%
CNAE: 34, 35. Material de transporte	6.629.820	6.545.241	1,3	28,01%
CNAE: 21, 22, 30, 31, 32, 33, 36, 37. Otros	1.582.882	1.652.849	-4,2	6,69%
TOTAL INDUSTRIA	23.672.783	22.981.150	3,0	100,00%

Si se comparan estos datos con los de ingresos de explotación (tabla 2.4), observamos que al igual que ocurría con la cifra de negocios global, la mayor participación en la cifra total del sector la tiene el sector de Material de transporte, seguida de Alimentación y Metalurgia y asimismo, las mayores variaciones con respecto al año 2002 las han registrado Minerales no metálicos, seguido de Madera y corcho, y Alimentación y bebidas.

Tabla 2. 4: Evolución de los ingresos de explotación por agrupaciones de actividad (Miles de euros). Elaboración propia a partir de datos del INE

GALICIA	TOTAL DE INGRESOS DE EXPLOTACIÓN		VARIACIÓN	% TOTAL DE INGRESOS DE EXPLOTACIÓN
	2003	2002	03/02	2003
CNAE: 15, 16. Alimentación, bebidas, y tabaco	5.499.525	5.192.655	5,9	22,94%
CNAE: 17, 18, 19. Industria textil, confección, cuero y calzado	1.480.876	1.564.125	-5,3	6,18%
CNAE: 20. Madera y corcho	1.660.805	1.557.787	6,6	6,93%
CNAE: 24, 25. Industria química, caucho y plástico	1.735.309	1.689.508	2,7	7,24%
CNAE: 26. Productos minerales no metálicos diversos	1.384.002	1.262.503	9,6	5,77%
CNAE: 27, 28, 29. Metalurgia	3.862.510	3.681.575	4,9	16,11%
CNAE: 34, 35. Material de transporte	6.743.741	6.638.656	1,6	28,13%
CNAE: 21, 22, 30, 31, 32, 33, 36, 37. Otros	1.604.670	1.674.032	-4,1	6,69%
TOTAL INDUSTRIA	23.971.438	23.260.841	3,1	100,00%

PRINCIPALES VARIABLES LABORALES DE LA INDUSTRIA GALLEGA EN EL AÑO 2003

En cuanto a las variables de empleo (tabla 2.5), el número de personas ocupadas en el sector industrial durante el año 2003 ha sido de 155.013, con una evolución negativa del año 2002 al 2003, registrándose un 1,14% menos de personas ocupadas. El número de horas trabajadas también ha sufrido una variación negativa, con un descenso del 2,58%.

Tabla 2. 5: Personas ocupadas y horas trabajadas en el sector industrial gallego. Fuente: INE

PERSONAS OCUPADAS Y HORAS TRABAJADAS	2003	2002	VARIACIÓN 03/02
TOTAL DE PERSONAS OCUPADAS	155.013	156.806	-1,14
TOTAL DE HORAS TRABAJADAS (EN MILES)	271.599	278.792	-2,58

Como se puede ver en la tabla 2.6, el sector que contribuye en mayor proporción a los gastos totales de personal del sector industrial gallego es el de Material de transporte, con un 23,98% del total, seguido del Metalúrgico, con un 21,85%.

Tabla 2. 6: Gastos de personal en las empresas de Galicia por agrupaciones de actividad (Miles de euros). Elaboración propia a partir de datos del INE.

GALICIA	GASTOS DE PERSONAL		VARIACIÓN	% GASTOS DE PERSONAL
	2003	2002	03/02	2003
CNAE: 15, 16. Alimentación, bebidas, y tabaco	508.838	486.965	4,5	14,91%
CNAE: 17, 18, 19. Industria textil, confección, cuero y calzado	296.240	301.618	-1,8	8,68%
CNAE: 20. Madera y corcho	213.209	201.519	5,8	6,25%
CNAE: 24, 25. Industria química, caucho y plástico	200.886	198.932	1,0	5,88%
CNAE: 26. Productos minerales no metálicos diversos	274.549	282.247	-2,7	8,04%
CNAE: 27, 28, 29. Metalurgia	745.919	683.569	9,1	21,85%
CNAE: 34, 35. Material de transporte	818.620	816.866	0,2	23,98%
CNAE: 21, 22, 30, 31, 32, 33, 36, 37. Otros	355.470	340.748	4,3	10,41%
TOTAL INDUSTRIA	3.413.731	3.312.464	3,1	100,00%

RESULTADOS POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS

En cuanto a los resultados de las diferentes Comunidades Autónomas (tabla 2.7), Cataluña con el 27,26% del total es la comunidad autónoma con mayor participación en la cifra de negocios del sector industrial en España, seguida de la Comunidad Valenciana con el 11,0% y Madrid con el 11,58%. Entre estas tres comunidades casi se alcanza el 50% del total de la cifra de negocios del sector.

Galicia se encuentra en el séptimo lugar, aportando un 5,97% a la cifra de negocios global del sector industrial en España.

Los mayores incrementos de la cifra de negocios en 2003 respecto al año 2002 se producen en Aragón (del 8,8%), Castilla y León (6,74%), Murcia (6,6%) y Extremadura (4,9%).

Tabla 2. 7: Cifra de negocios por comunidades autónomas (Miles de euros). Fuente: INE

	IMPORTE NETO DE LA CIFRA DE NEGOCIOS 2003	% SOBRE EL TOTAL	VARIACIÓN
CATALUÑA	108.138.087	27,26%	3,12%
COMUNIDAD VALENCIANA	43.642.669	11,00%	2,52%
MADRID (COMUNIDAD DE)	41.987.082	10,58%	-0,87%
PAÍS VASCO	37.306.856	9,40%	3,13%
ANDALUCÍA	32.831.911	8,28%	3,97%
CASTILLA Y LEÓN	24.778.825	6,25%	6,74%
GALICIA	23.672.783	5,97%	3,01%
ARAGÓN	20.116.838	5,07%	8,88%
CASTILLA - LA MANCHA	14.301.595	3,60%	3,99%
NAVARRA (COMUNIDAD FORAL DE)	13.714.019	3,46%	2,29%
MURCIA (REGIÓN DE)	8.975.954	2,26%	6,60%
ASTURIAS (PRINCIPADO DE)	8.296.109	2,09%	-0,83%
CANTABRIA	5.726.463	1,44%	4,04%
RIOJA (LA)	4.126.671	1,04%	-1,57%
CANARIAS	3.851.259	0,97%	3,45%
EXTREMADURA	3.112.712	0,78%	4,90%
BALEARES (ILLES)	2.143.118	0,54%	-6,50%

En lo que se refiere a empleo (tabla 2.8), las comunidades autónomas con un mayor número de empleados, siguen un orden similar al que se vio en la cifra de negocios global, encabezada la lista por Cataluña, con un 24,86% de los empleos totales del sector industrial en España, seguida de la Comunidad Valenciana con un 13,35%, Madrid (10,07%), Andalucía (9,23%), País Vasco (8,97%) y en sexto lugar se encontraría Galicia, con un 6,10% del total.

Tabla 2. 8: Número de empleados por Comunidades Autónomas. Fuente: INE

	PERSONAS OCUPADAS		VARIACIÓN
	2003	2002	03/02
CATALUÑA	631.691	636.718	-0,32%
COMUNIDAD VALENCIANA	339.340	347.492	-2,35%
MADRID (COMUNIDAD DE)	255.914	261.436	-2,11%
PAÍS VASCO	234.662	226.207	3,74%
ANDALUCÍA	228.057	228.319	-0,11%
CASTILLA Y LEÓN	155.013	156.806	-1,14%
GALICIA	134.237	132.046	1,66%
ARAGÓN	109.750	113.612	-3,40%
CASTILLA - LA MANCHA	102.293	103.672	-1,33%
NAVARRA (COMUNIDAD FORAL DE)	72.984	70.853	3,01%
MURCIA (REGIÓN DE)	70.424	68.906	2,20%
ASTURIAS (PRINCIPADO DE)	52.543	51.596	1,84%
CANTABRIA	38.195	37.693	1,33%
RIOJA (LA)	34.967	34.549	1,21%
CANARIAS	30.093	30.416	-1,06%
EXTREMADURA	26.125	26.931	-2,99%
BALEARES (ILLES)	24.838	26.992	-7,98%

CONCLUSIONES

Como resultado de lo expuesto, podemos concluir que la importancia del sector industrial en el que se ha centrado el estudio de la simulación es determinante. El sector Industrial es el destinatario natural de las tecnologías de simulación y es el principal sector empresarial de Galicia representando el 37% del Valor Añadido Bruto total obtenido a partir del 19% de empresas. Como se señala más adelante, restringir el estudio de la simulación al sector Industrial no supone reducir su importancia respecto el conjunto empresarial de Galicia.

Considerando ya específicamente el sector Industrial, se puede concluir que es el subsector del Transporte el que tiene un mayor importancia al representar el 28% de la cifra de negocio. El sector del Transporte ha sido desglosado en el estudio en Vehículos (con o sin motor) y Otro Transporte (fundamentalmente Naval) como forma de evidenciar dos realidades previsiblemente distintas, y ambos son unos destinatarios objetivos de las soluciones de simulación. Al subsector de Transporte le sigue en importancia el de

Alimentación y Bebidas (22% de la cifra de negocios), que inicialmente no parece un destinatario natural de las herramientas de simulación. Sin embargo, y en tercer y cuarto puesto de importancia se encuentra el subsector Metalurgia-Metalmecánica (16%) y a continuación el Químico-Plástico (7,5%) que son claros destinatarios de las herramientas de simulación.

De todo ello, y como conclusión final, se puede afirmar que en Galicia las herramientas de simulación pueden tener una importancia decisiva, al ser susceptibles de utilización en los sectores principales de la economía.

METODOLOGÍA. HIPÓTESIS DE TRABAJO

En la presentación del proyecto inicial se planteaban un conjunto de hipótesis que se resumen a continuación:

- En general entre las PYMEs existe un desconocimiento del término “Simulación Numérica”, y por tanto de los beneficios que puede aportar y de los proveedores que pueden ofertarla.
- La Simulación Numérica corresponde a una fase avanzada de uso de la tecnología.
- Aunque la Simulación Numérica se asume como una tecnología transversal de utilización amplia por la mayoría de los sectores empresariales, lo cierto es que en la actualidad, y previsiblemente a corto plazo, su uso está concentrado en un pequeño grupo de ámbitos sectoriales.
- Una forma de fomentar el uso empresarial de la Simulación Numérica consiste en acercar experiencias reales de éxito a las empresas no usuarias.

En el momento de abordar la ejecución del proyecto se replantearon las hipótesis iniciales y se tomaron las siguientes acciones que condicionaron el desarrollo metodológico:

DESCONOCIMIENTO DEL TÉRMINO.

Se reformuló el término “Simulación Numérica” al considerar que tenía una significación más científica y académica que empresarial. Así pues el alcance del término a estudiar se definió como “Análisis, cálculos y simulaciones aplicadas a productos y procesos industriales”. A efectos de ser operativos en la encuesta telefónica y una vez definido el

concepto, se acordó con el entrevistado utilizar el término CAE (Ingeniería Asistida por Ordenador) para designarlo.

LA SIMULACIÓN ES UNA TECNOLOGÍA AVANZADA.

Los principales motivos principales que llevaron a considerar la simulación como una tecnología avanzada fueron fundamentalmente la necesidad de los usuarios de una sólida formación de base tanto en contenidos teóricos (elementos finitos, modelos matemáticos, etc.) como en contenidos prácticos ligados a los procesos empresariales reales de la empresa (producción, ensayos, etc.); y la necesidad de una utilización avanzada de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y de aplicaciones software de uso complejo. Asimismo, y como una de las consecuencias de estos factores, estudios existentes de otros países señalaban la baja introducción de la simulación en el ámbito empresarial, incluso en las empresas de mayor dimensión.

En consecuencia, y dado que la simulación se consideró una tecnología avanzada, y por tanto previsiblemente de uso poco extendido, se decidió iniciar la recogida de información en las empresas comenzando por la tecnología de Diseño Asistido por Ordenador (CAD), antes de entrar en el tema de principal interés: la simulación. Si bien el CAD no siempre es una etapa previa a la simulación, sí lo es en muchos de los casos, por lo que se incluyó en la encuesta un apartado ligero específico de CAD que se pensó que ayudaría incluso a introducir y acotar de forma más precisa el término “simulación”, marcando con más claridad las diferencias existentes entre ambos.

Análogamente, se consideró importante realizar la misma medida para otras AMTs (Control numérico, CAM, Láser, PLM, etc.) utilizadas como referente en otros países de nuestro entorno económico (incluyendo también a España), con la finalidad de comparar en lo posible el estado de nuestra PYME industrial. Por último, dado que las empresas especializadas, los Centros Tecnológicos y la Universidad son referentes necesarios para la divulgación e implantación de estas tecnologías, también se analizó el grado de conocimiento de los Centros Tecnológicos así como la disponibilidad de las empresas para utilizar los servicios de éstos y de las Universidades para la implantación o realización de la Simulación Numérica.

LA SIMULACIÓN NO TIENE UNA IMPLANTACIÓN SECTORIAL UNIFORME.

Inicialmente se establecieron tres colectivos empresariales principales de interés en cuanto al uso de la simulación: las empresas industriales, las empresas de construcción, y las empresas que proveen servicios de ingeniería. Dado el marco general de actuación del proyecto se estimó oportuno restringir el estudio a uno solo de los grupos de interés. Se eligió finalmente el sector industrial como el objetivo del estudio.

Las principales condicionantes de esta decisión respecto al propio proyecto fueron los siguientes:

- El recurso tiempo era muy limitado. El proyecto se tenía que desarrollar en un breve espacio de tiempo que exigía no dispersar esfuerzos. Abordar tres colectivos diferentes suponía añadir complejidad, demoras, y una posible reducción de la calidad en los resultados a obtener.
- El recurso económico no permitía realizar el estudio de los tres colectivos sin reducir sustancialmente la representatividad de los resultados obtenidos. En concreto, al distribuir el número de encuestas total en los tres colectivos otorgaría a cada uno de ellos un nivel de error demasiado alto.

En cuanto al colectivo de Empresas Industriales los principales argumentos manejados para seleccionar este grupo como objetivo del estudio fueron los siguientes:

- Las empresas industriales son un colectivo con unos límites claramente definidos y que ya fue estudiado tanto en trabajos similares a éste de simulación, como en otros estudios referentes a otras tecnologías: principalmente sobre el uso de nuevas tecnologías de fabricación donde el CAD podría encuadrarse. Había pues informaciones externas que podían proporcionar algún dato de contraste sobre los resultados obtenidos en el estudio de la simulación.
- Las empresas industriales tienen una amplia variedad de actividades y productos lo cual puede suponer una utilización amplia de los posibles tipos de simulaciones a realizar: de fluidos, mecánicas, térmica, acústicas, etc. Así pues el estudio de las empresas industriales podría proporcionar una visión amplia respecto al tipo o la naturaleza de las simulaciones que se usan en las empresas. Asimismo, las empresas industriales tienen tanto actividades de producción en serie como de producción bajo pedido o a medida.

En cuanto al tamaño de las empresas (según el número de empleados), el grupo de las empresas industriales tiene una dimensión mayor que los otros colectivos, lo cual lo hace inicialmente más usuario de las tecnologías de simulación.

En cuanto al colectivo de Empresas de la Construcción, los principales argumentos manejados para no seleccionar este grupo como objetivo del estudio fueron los siguientes:

- Aunque algunas de las empresas constructoras son usuarias de herramientas de cálculo y simulación, no suelen ser un colectivo objeto de los estudios de Simulación.

- Las empresas de la construcción en Galicia constituyen un colectivo muy amplio, pero fundamentalmente de pequeño tamaño, que las hace inicialmente poco destinatarias de las herramientas de simulación.
- Previsiblemente, las empresas constructoras tienen un uso más limitado de los diferentes tipos de simulación.

En cuanto al colectivo de las empresas que suministran servicios de ingeniería, si bien a priori eran unos destinatarios claros de las herramientas de simulación, los principales argumentos manejados para no seleccionar este grupo como objetivo del estudio fueron los siguientes:

- Aunque algunas de las empresas de servicios de ingeniería son usuarias de herramientas de cálculo y simulación, no suelen ser un colectivo objeto de los estudios de Simulación.
- El número de empresas de servicios de ingeniería es muy limitado, y en cuanto a su tamaño predominan fundamentalmente las empresas de muy pocos empleados.
- Al ser empresas que proporcionan servicios de simulación a terceros, probablemente se requeriría la ampliación de los temas a estudiar, centrándose no solo en el uso de las herramientas, sino también en los procesos de entrega del servicio (sectores que cubren, actividades comerciales etc.).

FOMENTAR EL USO ACERCANDO EXPERIENCIAS DE ÉXITO.

Tanto la localización de las experiencias de éxito como la detección de experiencias fallidas de aplicación de la simulación exigían un contacto cercano a las empresas, como pieza clave para fomentar la confianza. Por ello la segunda fase del proyecto se abordó mediante la realización de mesas de trabajo que permitieran reunir a un grupo de empresas para obtener fácilmente un intercambio fluido de información, y poder contrastar tanto estas informaciones expresadas por los participantes como los resultados obtenidos de la encuesta en la primera fase del proyecto.

METODOLOGÍA DE LA ENCUESTA

La realización del estudio de la situación de la Simulación Numérica en las Empresas Industriales de Galicia comprendió una primera fase de obtención de información cuantitativa que se resolvió mediante una encuesta telefónica directa a las empresas pertenecientes al sector industrial.

UNIVERSO DEL ESTUDIO.

El universo que forma la base total de entidades a estudiar se compone de las sociedades inscritas en el Registro Mercantil que tengan entre 10 y 249 empleados y en la que su principal actividad es de tipo industrial y se encuentra encuadrada en los códigos CNAE entre 15 y 37. El ámbito geográfico del estudio abarca el territorio correspondiente a la Comunidad Autónoma de Galicia.

Como base de referencia se tomó el Directorio de Empresas del Instituto Galego de Estatística correspondiente al año 2002. En base a este directorio, el universo total de entidades estaba formado por 2.431 empresas. La distribución del universo de estudio se muestra en la tabla 2.9.

LA MUESTRA DE EMPRESAS.

Para la realización de las entrevistas telefónicas, la muestra de entidades a encuestar alcanzó la cifra 400 empresas que fueron extraídas de diferentes directorios empresariales exclusivamente para este trabajo.

Tabla 2. 9: Distribución del universo de estudio

EL UNIVERSO DE LAS EMPRESAS (SECTORES)	EMPRESAS 10-49 EMPL.	EMPRESAS 50-99 EMPL.	EMPRESAS 100-249 EMPL.	TOTAL
Alimentos y bebidas	264	27	34	325
Textil, confección, peletería y cuero	489	46	10	545
Madera y mueble	328	22	12	362
Química, caucho, plástico	73	19	7	99
Minerales no metálicos	252	21	17	290
Metalurgia, prod. metálicos, maquin. y equipos mecánicos	422	37	18	477
Vehículos a motor, remolques	37	4	5	46
Naval y otros transportes	117	26	5	148
Otros (papel, edición, eq. eléctricos, informática,...)	116	13	10	139
TOTAL	2098	215	118	2431

La distribución muestral se realizó por segmentos según dos criterios: el tamaño de empresa y el sector de actividad.

Para establecer el tamaño de empresa se recurrió a la variable de número de empleados. Se establecieron tres grupos de la siguiente manera: de 10 a 49 empleados, de 50 a 99 empleados y de 100 a 249 empleados. La distribución de la muestra en los diferentes segmentos de tamaño se realizó asignando cuotas superiores a los segmentos de mayor tamaño, a fin de alcanzar un nivel de error similar en todos ellos.

Para establecer el sector de actividad, se recurrió a la variable actividad principal de la empresa codificada según la actividad CNAE de 2 dígitos. La distribución de la muestra entre los diferentes sectores se realizó de forma proporcional. Se establecieron nueve sectores que agrupan actividades industriales similares de la siguiente forma:

- Sector Alimentación y Bebidas: Actividades CNAE 15 y 16. Industria de Productos Alimenticios y Bebidas. Industria del Tabaco.
- Sector Textil, Confección y Cuero: Actividades CNAE 17, 18 y 19. Industria Textil. Industria de la Confección y de la Peletería. Preparación, curtido y acabado del cuero; fabricación de artículos de marroquinería y Viaje; artículos de guarnicionería, talabartería y zapatería.
- Sector Madera y Mueble: CNAE 20 y 36. Industria de la Madera y del Corcho, excepto muebles, cestería y espartería. Fabricación de Muebles; otras industrias manufactureras.
- Sector Química, Caucho y Plástico: CNAE 24 y 25. Industria Química. Fabricación de productos de caucho y materias plásticas.
- Sector Minerales no Metálicos: CNAE 26. Fabricación de otros productos minerales no metálicos
- Sector Metalurgia, Productos Metálicos, Maquinaria y Equipos Mecánicos: CNAE 27, 28 y 29. Metalurgia. Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo. Industria de la construcción de maquinaria y equipo mecánico.
- Sector Vehículos a Motor y Remolques: CNAE 34. Fabricación de vehículos de motor, remolques y semirremolques.

- Sector Naval y Otros Transportes: CNAE 35. Fabricación de otro material de transporte.
- Sector Otros: CNAE 21, 22, 23, 30, 31, 32, 33 y 37. Industria del Papel. Edición, artes gráficas y reproducción de soportes grabados. Coquerías, refino de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares. Fabricación de máquinas de oficina y equipos informáticos. Fabricación de maquinaria y material eléctrico. Fabricación de material electrónico; fabricación de equipo y aparatos de radio, televisión y comunicaciones. Fabricación de equipo e instrumentos médico-quirúrgicos, de precisión, óptica y relojería. Reciclaje.

La selección de las unidades muestrales se realizó de forma aleatoria dentro de cada uno de los segmentos. La distribución de la muestra obtenida se ofrece en la tabla 2.10.

Tabla 2. 10: Distribución de la muestra obtenida

LA MUESTRA DE LAS EMPRESAS (SECTORES)	EMPRESAS 10-49 EMPL.	EMPRESAS 50-99 EMPL.	EMPRESAS 100-249 EMPL.	TOTAL
Alimentos y bebidas	28	14	20	62
Textil, confección, peletería y cuero	51	24	6	81
Madera y mueble	34	11	7	52
Química, caucho, plástico	8	10	4	22
Minerales no metálicos	26	11	10	47
Metalurgia, prod. metálicos, maquin. y equipos mecánicos	44	19	11	74
Vehículos a motor, remolques	4	2	3	9
Naval y otros transportes	12	13	3	28
Otros (papel, edición, eq. eléctricos, informática,...)	12	7	6	25
TOTAL	219	111	70	400

Para la distribución muestral elegida, y para un nivel de confianza del 95,5% y $p=q$, el error obtenido es del 5,6% para el conjunto.

- Por grupos de empleados los errores obtenidos son:
- de 10 a 49 empleados: 6,4%;
- de 50 a 99 empleados: 6,6%;
- de 100 a 249 empleados: 7,7%.

Por sectores de actividad los errores obtenidos son:

- Alimentos y Bebidas: 14,7%;
- Textil, Confección, Peletería y Cuero: 12,0%;
- Madera y Mueble: 14,8%;
- Química, Caucho, Plástico: 25,3%;
- Minerales no Metálicos: 16,3%;
- Metalurgia, Productos Metálicos, Maquinaria y Equipos Mecánicos: 12,7%
- Vehículos a Motor, Remolques: 39,1%
- Naval y Otros Transportes: 22,0%
- Otros: 23,1%.

LA RECOGIDA DE INFORMACIÓN Y LA PERSONA ENTREVISTADA

Para la recogida de la información de las empresas se recurrió a la entrevista telefónica. Dada la especial dificultad de comprensión de la encuesta, se acordó otorgar una importancia especial a la determinación de la persona entrevistada que debería responderla. Así, se estableció una secuencia inicial de posibles interlocutores del tal forma que la persona entrevistada finalmente fuera la más idónea para proporcionar la información veraz requerida. La secuencia establecida inicialmente como más apropiada comprendía el siguiente orden:

- Director de la oficina técnica
- Responsable de los procesos de diseño
- Responsable Informático
- Responsable Administrativo

- Gerente
- Otro

Así pues, a fin de llegar a una rápida y directa localización de un primer posible destinatario, inicialmente se requería al responsable de la oficina técnica; en el caso de que la empresa no tuviera este puesto, se preguntaría por el responsable de los procesos de diseño; si tampoco existiera se preguntaría por el responsable de informática. Si estos puestos técnicos no existían, se recurría inicialmente al Responsable administrativo, en segunda instancia al Gerente, y finalmente, a otra persona de la empresa.

Seguidamente y una vez determinado este destinatario inicial, se explicarían los objetivos del estudio y se trataría de llegar a la persona más apropiada para contestar el cuestionario.

Conviene señalar que si bien el gerente sería a priori el destinatario preferente a ser entrevistado, se decidió situarlo en la posición indicada a efectos de ser operativos dado el nivel de ocupación y por tanto, la baja disponibilidad que tienen las personas que ocupan estos cargos.

El trabajo de campo se realizó entre el 30 de septiembre y el 28 de octubre.

La descripción pormenorizada de las actividades asociadas a los grupos de los sectores puede consultarse en el apartado de anexos de este documento.

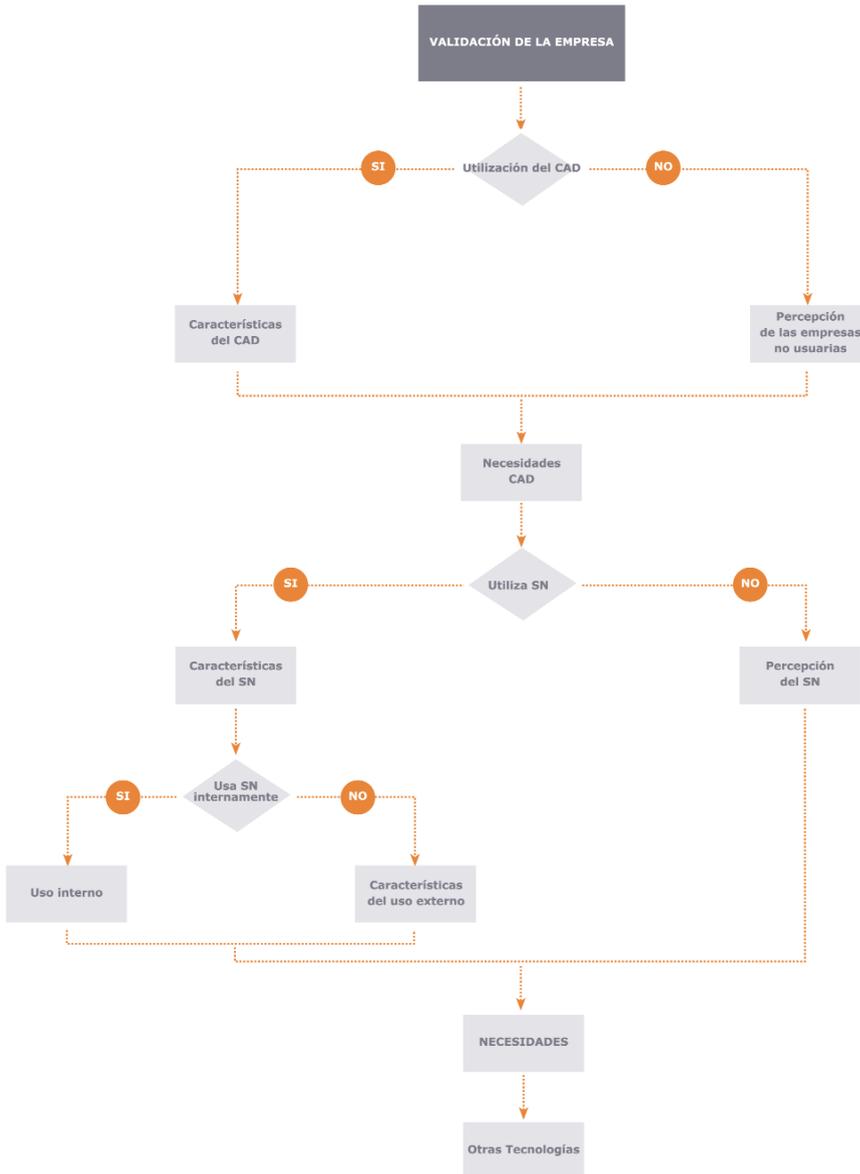
APARTADOS DE LA ENCUESTA

La estructura de la encuesta sobre “La utilización de la Simulación Numérica en las empresas industriales de Galicia” se estructuró en los siguientes bloques temáticos:

- Área de Diseño Asistido por Ordenador (CAD)
- Área de Simulación (SN)
- Área de Tecnologías de Fabricación

En cada una de estas áreas se establecieron apartados que recogían las diferentes informaciones que se deseaban obtener. Parte de estos apartados también venían condicionados por las diferentes situaciones en que se podían encontrar las empresas entrevistadas; fundamentalmente si eran usuarias o no de la tecnología que se analizaba.

Figura 2. 1: Esquema de la encuesta



A continuación se relacionan los diferentes apartados de las diferentes áreas temáticas (figura 2.1):

ÁREA DE DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR (CAD)

- **Utilización del CAD.** En este apartado se preguntó a las empresas si utilizaban el CAD. Si la respuesta era positiva, se avanzaba en el detalle del uso del CAD: año de inicio de uso; tipo de CAD utilizado (2 ó 3 dimensiones); tipo de software comercial (Catia, Ideas-Unigraphics, Pro/Engineer...); uso de módulos específicos sectoriales; número de equipos utilizados, estimación del porcentaje de uso en las actividades de la empresa donde podría utilizarse el CAD; nivel de satisfacción en el uso; previsión de la tendencia en la intensidad de uso; y utilización de servicios externos de proveedores de actividades de CAD.
- **Percepción de las empresas no usuarias de CAD.** Si las empresas respondían que no utilizaban CAD se preguntaba: una estimación del plazo en que usarían CAD; si la empresa se beneficiaría con su uso; los motivos por los que no usaba el CAD; y si habían utilizado anteriormente CAD.
- **Necesidades de servicios CAD.** Tanto a las empresas usuarias como no usuarias, se les preguntó qué necesidades tenían en cuanto a las actividades de CAD.

ÁREA DE SIMULACIÓN

- **Utilización de la Simulación Numérica (en adelante SN).** De forma similar al CAD, en este apartado se preguntó a las empresas si utilizaban SN (previa definición del concepto). Si la respuesta era positiva, se avanzaba en el detalle del uso de la SN: año de inicio de uso; principal desencadenante en el uso de la SN; tipo de cálculos y simulaciones realizadas; destino o aplicación de estos cálculos; grado de confianza en los resultados; realización de validaciones experimentales de los resultados de las simulaciones; casos en que se realizan validaciones; razones de no realizar validaciones; nivel de mejoras obtenido por el uso de la SN; limitaciones en el uso; estimación del porcentaje de uso en las actividades de la empresa donde podría utilizarse SN; nivel de satisfacción en el uso; previsión de la tendencia en la intensidad de uso; nivel de formación de los usuarios de SN; e importancia de la SN en las actividades de diseño y fabricación de la empresa.
- **Uso de la SN internamente en la empresa.** Si la empresa responde que utiliza SN internamente dentro de la empresa se avanza en el detalle de este uso: de dónde es su proveedor de SN; qué tipo de software usa; qué tipo de equipos informáti-

cos usa; con que frecuencia usa la SN; compartición de los equipos de SN con otras aplicaciones; nivel de satisfacción en el uso; previsión de contratar servicios de SN externamente; y entidades de preferencia para la contratación.

- Uso de SN externamente por la empresa. Si la empresa responde que utiliza SN externamente contratada o colaborando con terceros, se avanza en el detalle de este uso: con que tipo de entidades externas hace SN; de dónde proceden; y el grado de satisfacción.
- Percepción de las empresas no usuarias de SN. Si las empresas respondían que no utilizaban SN se preguntaba: Si recibieron alguna visita comercial directa; modalidad que preferirían en caso de usar SN; una estimación del plazo en el que usarían SN; si se beneficiarían con su uso; los motivos por los que no usaban SN; y si habían utilizado anteriormente SN.
- Necesidades de servicios de SN. Tanto a las empresas usuarias como a las no usuarias se les preguntó qué necesidades tenían en cuanto a las actividades de SN.

ÁREA DE TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN

- Uso de las Tecnologías de fabricación. En este apartado se les preguntó a las empresas: el grado de conocimiento de las actividades de los Centros Tecnológicos de Galicia; si la empresa contactó con algún centro para realizar alguna actividad; si realizó alguna actividad con los centros; y si utiliza alguna de las tecnologías de fabricación distintas al CAD y la SN como son el CAM, CNC; FMC, PLM etc.

El formulario de la encuesta puede consultarse en detalle en el anexo A.2 de este informe.

METODOLOGÍA DE LAS MESAS DE DEBATE

Como ya se señaló, el objetivo de las mesas de debate era obtener información cualitativa fundamentalmente basada en la experiencia, que ayudara a conocer y comprender las motivaciones y actitudes de las empresas a la hora de introducir las herramientas de simulación. Simultáneamente también se perseguía tener una primera validación de los resultados obtenidos en las encuestas a las empresas.

La realización de las mesas de debate se consideró indispensable, ya que eran uno de los métodos de mayor relevancia para la recogida de información cualitativa.

Los criterios para la selección de los paneles fueron los siguientes:

- Organizar los paneles sectorialmente para garantizar la homogeneidad de sus integrantes y la consolidación de las conclusiones que se alcanzaran.
- Escoger sectores con diferente etapa de madurez empresarial en la introducción de estas herramientas de simulación, a fin de tener las diferentes visiones debidas a las distintas situaciones ante la simulación.
- Contar con los sectores representativos de la economía gallega.
- Invitar a los paneles tanto a empresas usuarias como no usuarias de la simulación.

Finalmente se reunieron cuatro mesas de debate que se considero oportuno realizar en diferentes puntos de Galicia:

- Sector Naval (Vigo)
- Automoción (Porriño)
- Madera y Mueble (Santiago)
- Multisectorial de empresas de Ourense (Ourense)

La metodología a seguir para la realización de estos paneles se abordó en 4 etapas fundamentales que a continuación se reflejan:

- Planificación de grupos teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la fase de la encuesta
- Reclutamiento de las empresas integrantes de los grupos
- Dirección de los grupos
- Análisis de la información recogida en los grupos

Se consideró conveniente que el número de empresas participantes en cada mesa de debate no fuese superior a 6-7 personas, a fin de facilitar la moderación de la reunión, y para permitir alcanzar un mayor grado de profundidad y reflexión sobre los temas tratados, cuestión que sería difícilmente abordable en grupos más numerosos.

Además de las empresas participantes, las mesas de debate contaron con la participación de 2 ó 3 personas encargadas de la moderación y gestión de las mismas, a fin de realizar los siguientes papeles:

- **Moderador.** Cuya función fundamental estuvo destinada a encaminar las discusiones, control de la evolución temporal de la sesión, moderación y resolución de discrepancias.
- **Experto en tecnologías.** Su papel consistió en aportar luz sobre aquellos aspectos que pudieran suscitar algún tipo de duda técnica.
- **Consultor de apoyo.** Trabaja en la recogida de información durante toda la sesión contribuyendo a la elaboración de las conclusiones finales.

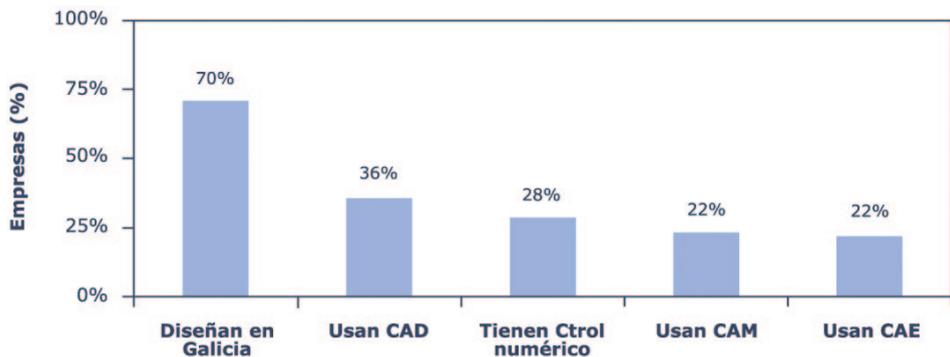
Los resultados de las mesas de debate han sido muy satisfactorios, permitiendo validar la información obtenida en la encuesta, así como mejorar el análisis posterior de los resultados de la misma.

3. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RESULTADOS

COMENTARIOS GENERALES

Para un análisis correcto de los resultados obtenidos, es necesario recordar algunos de los puntos remarcados en el primer capítulo, en concreto, aunque a lo largo de este capítulo se utilizará a veces el acrónimo CAE (principalmente en las figuras), éste debe entenderse como la utilización de la Simulación Numérica según la definición de este estudio. Además, dicha utilización se realiza tanto en la fase de diseño (donde es analizada habitualmente en la mayor parte de los estudios internacionales) como en producción. Por último, recordar que no es necesaria la utilización del CAD para realizar Simulación Numérica y que la utilización de ésta es tanto internamente como contratada externamente.

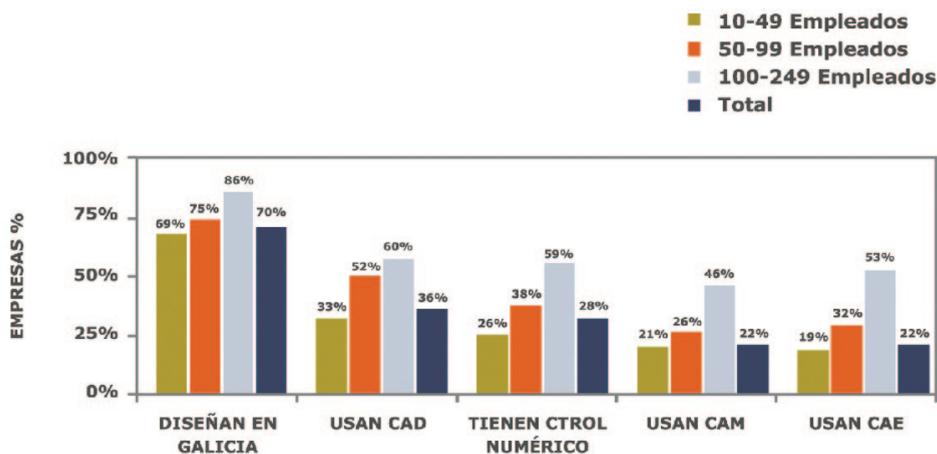
Figura 3. 1: Empresas industriales que hacen diseño, CAD y Simulación Numérica



Base: Todas las empresas

En la gráfica 3.1 se resumen los resultados principales de la encuesta en relación a las AMTs más utilizadas, así como el nivel de diseño propio de las empresas. Así, el 70% de las Pequeñas y Medianas Empresas encuestadas declaran que hacen diseño de sus productos en Galicia. El resto de las empresas, por tanto, sólo fabrican productos diseñados por otros o con ligeros retoques que no consideran diseño. El Diseño Asistido por Ordenador (CAD) es utilizado por el 36% de las PYMEs (es decir, sólo la mitad de las que diseñan), valor similar al obtenido para empresas de menos de 200 empleados por la SEPI en el año 2002, que era del 30,9%, pero todavía inferior a otros valores de países de nuestro entorno económico. La utilización de máquinas de control numérico es del 28% y, para controlarlas, utilizan CAM el 22% (es decir, casi un 80% de las que utilizan máquinas de control numérico). Esto parece indicar que en la actualidad la introducción de la tecnología se hace por este orden. Primero se introduce el CAD, posteriormente CNC para continuar por el CAM y por último la Simulación Numérica (aunque en muchos casos, las máquinas de control numérico se hayan introducido anteriormente al CAD). La Simulación Numérica es usada por el 22% de las PYMEs gallegas, es decir, cercano al nivel existente en Canadá en 1999 si consideramos M&S como un concepto similar al utilizado en este estudio.

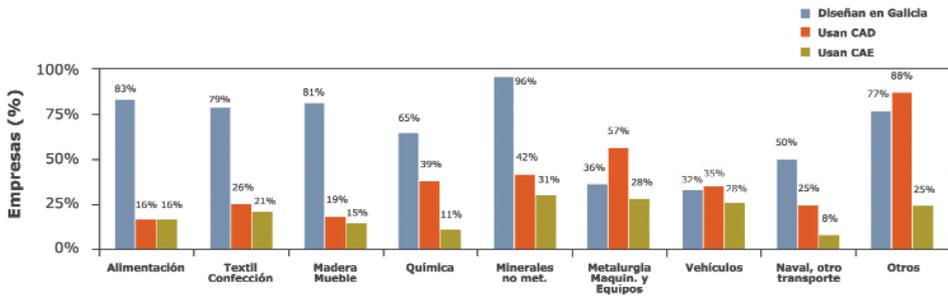
Figura 3. 2: Empresas industriales que hacen diseño, CAD y Simulación Numérica



Base: Todas las empresas

En un desglose de la utilización por número de empleados (fig. 3.2), se puede apreciar claramente que, a mayor dimensión de la empresa, mayor penetración de las nuevas tecnologías. Es importante notar que los niveles de penetración del CAD y de la Simulación Numérica para las empresas PYME de mayor tamaño son similares (60 y 53% respectivamente) y de hecho, en este caso, su utilización es algo mayor que la utilización del CAM.

Figura 3. 3: Empresas industriales que hacen diseño, CAD y Simulación Numérica por sectores



Base: Todas las empresas

En un desglose por sectores (fig. 3.3), se aprecia claramente que en Metalurgia y Vehículos se diseña poco el producto y sin embargo son los que más intensamente utilizan CAD y CAE, lo que no deja de sorprender. De esto se desprende que:

- En estos sectores, el CAE y el CAD están íntimamente ligados al proceso de diseño de producto, y por tanto, la inmensa mayoría de las empresas que diseñan producto implementarán sistemas de este tipo.
- La documentación electrónica está bien implantada en estos sectores, por lo que el CAD no es solamente una herramienta de diseño, sino también de transmisión de información procedente de diseñadores no gallegos. Esto explica que existan más empresas usuarias de CAD que diseñadoras en ambos sectores.

Los sectores de Alimentación, Textil y Madera destacan por mucho diseño (encima de la media global) y poca utilización de CAD y CAE.

El sector de Minerales no Metálicos es el que hace más diseño y, sin embargo, tiene un uso de CAD-CAE por encima de la media general, pero que sigue siendo bajo.

El sector Naval tiene características propias, pues diseña poco, el uso de CAD es muy bajo (menor que la media), y el uso del CAE es alarmantemente bajo (es el más bajo de todos los sectores y mucho menor que la media).

Con estos resultados, se perciben tres tipos de empresas en cuanto a la realización de diseño de producto y a usar CAD y CAE. Un primer grupo caracterizado por un elevado índice de diseño, estaría formado por los sectores de Alimentación, Textil, Madera y Minerales no Metálicos, en los tres primeros se hace poco uso de CAD-CAE, sin embar-

go en Minerales no Metálicos existe un importante índice de uso de CAD-CAE. Otro grupo sería el formado por los sectores Metal, Vehículos y Naval, donde no abunda el diseño propio, en los dos primeros hay buen nivel de uso de CAD-CAE, pero en Naval su uso es reducido. El último grupo sería el formado el sector Químico y el formado por otras sectores, en los que hay un nivel intermedio de diseño.

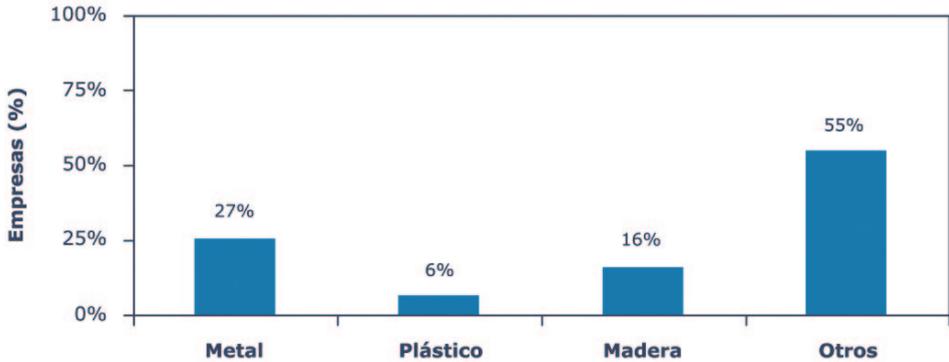
Pero no dejan de preocupar los siguientes hechos:

- La baja tasa de diseñadores de producto en Metalurgia, Vehículos y Naval en Galicia, siendo una parte importante del tejido industrial gallego.
- El desaprovechamiento del CAD en Alimentación, Madera y Mueble, en Textil y Confección y Minerales no Metálicos. En todos ellos el porcentaje CAD/Diseño es inferior al 50%. Estos serían sectores en donde podría ser muy positiva una mayor información o asesoramiento acerca de la aplicabilidad e incorporación de estas tecnologías avanzadas a la empresa.
- La pobre implantación de la SN en sectores en los que sería posible mayor utilización, dada su potencialidad en su rango de actividades, especialmente en Química y Naval.

Dada la importancia que tiene para la simulación el tipo de material empleado en la fabricación de los productos, se preguntó a las empresas cuál era el material que predominaba en los procesos de producción (fig.3.4). El 27% de las empresas utilizaba metal como material primordial, un 16% madera y 6% plástico. Sin embargo, un 55% declaraba emplear materiales diferentes a los anteriormente citados.

Una consecuencia de estos resultados es que en futuras encuestas, es necesario mejorar esta pregunta, importante desde el punto de vista de la Simulación Numérica en la fase de diseño, ya que la mayor parte de los materiales no están reflejados.

Figura 3. 4: Material que predomina en los procesos de fabricación

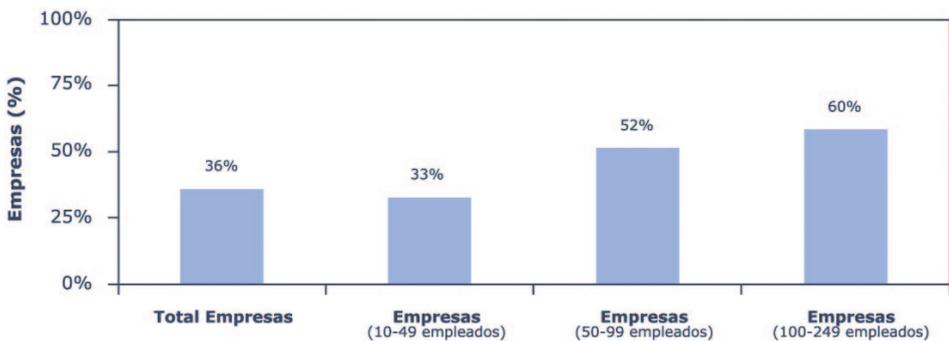


Base: Todas las empresas

UTILIZACIÓN DEL CAD

Como se mencionó anteriormente, el dato global de uso de CAD se sitúa en el 36% de las empresas manufactureras (figura 3.5). A medida que el tamaño de la empresa va aumentando, su penetración es mayor, alcanzando una tasa del 60% en las empresas con más empleados.

Figura 3. 5: Empresas que utilizan Diseño Asistido por Ordenador



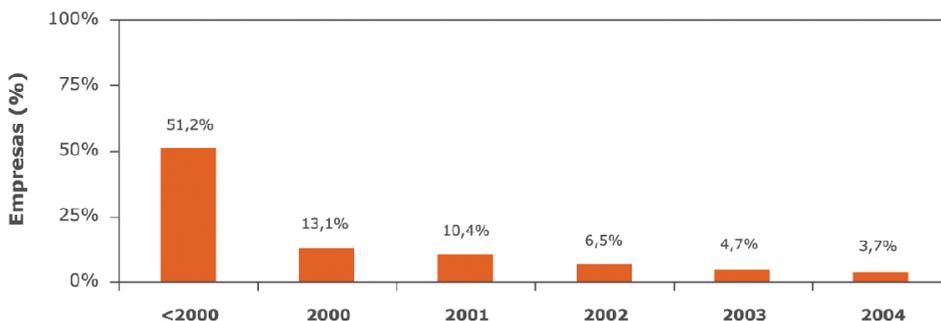
Base: Todas las empresas

El grado de penetración es casi el doble que el obtenido por el Observatorio TIC en julio de 2004 (25%), pero hay que tener en cuenta la diferencia en la muestra. El Observatorio TIC tiene en cuenta todas las empresas, mientras que en este estudio se analizan solo las empresas dedicadas a la fabricación. Es lógico que en los sectores seleccionados

aquí, la implantación de herramientas relacionadas con los procesos de producción (como es el caso del CAD) sea mayor.

Comparando con los datos nacionales, como ya se comentó anteriormente, el valor es algo mayor que el obtenido por la SEPI en 2002 (30,9%). Sin embargo, es algo inferior al canadiense (44%) recogido en 1998, pero bastante menor que datos más recientes como los recogidos en Irlanda o Suiza (ver tabla 2.2)

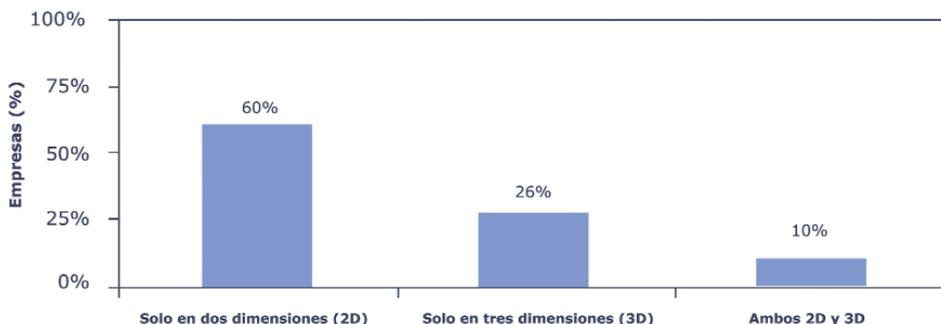
Figura 3. 6: Año de inicio de la utilización del CAD



Base: Todas las empresas

La gráfica 3.6 muestra la evolución temporal de incorporación del CAD, típica de un mercado maduro para una tecnología ampliamente implantada: las nuevas introducciones decrecen progresivamente porque la tecnología ya ha alcanzado a los usuarios que mejor podrían aprovecharla. Sin embargo, de los datos obtenidos (que se verán posteriormente) no se puede deducir que sea una tecnología bien implantada, sino todo lo contrario.

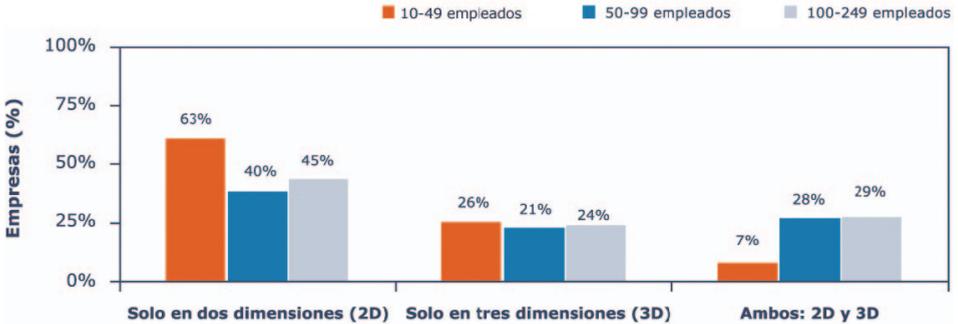
Figura 3. 7: Tipo de CAD utilizado por las empresas



Base: Empresas que usan CAD

En cuanto a forma de utilización (fig. 3.7), la mayor parte utiliza el CAD como gestor de planos en dos dimensiones, estando poco incorporada la tecnología para trabajar y visualizar correctamente en tres.

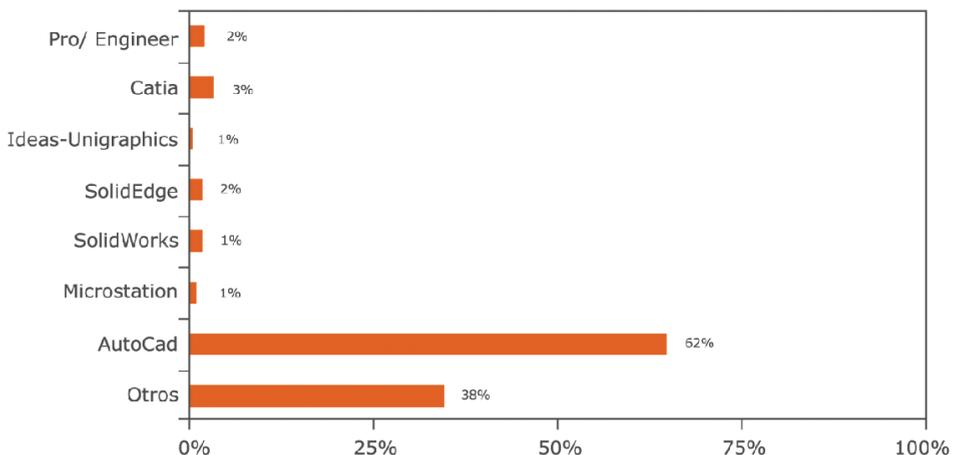
Figura 3. 8: Tipo de CAD utilizado por las empresas según su tamaño



Base: Empresas que usan CAD

Sin embargo, cuando se analizan los datos en función del tamaño de la empresa (fig. 3.8) se ve claramente una fractura entre las empresas con menos de 50 trabajadores, que utilizan mayoritariamente solo 2D, con las de más de 50, que emplean mayoritariamente 3D, con un porcentaje significativo de usa de ambos sistemas.

Figura 3. 9: Tipo de software de CAD utilizado por las empresas

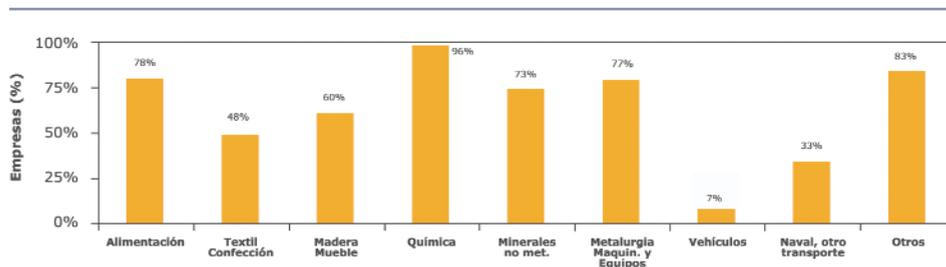


Base: Empresas que usan CAD

Destaca poderosamente el hecho de que el 38% de los encuestados declaren utilizar otro tipo de paquetes. Esto indica que pueden existir paquetes específicos para sectores como el Textil y Confección o el Naval con una gran penetración. De hecho, como se puede ver en la figura 3.9, el software predominante es el AutoCad, teniendo otros paquetes de software muy conocidos comercialmente poca presencia en el mercado. Todo esto lleva entender los datos en los siguientes términos:

Aquellos sectores más integrados y con procesos de fabricación complejos (Automóvil y Naval) tienen un altísimo grado de utilización del CAD ya en tres dimensiones (Fig. 3.11).

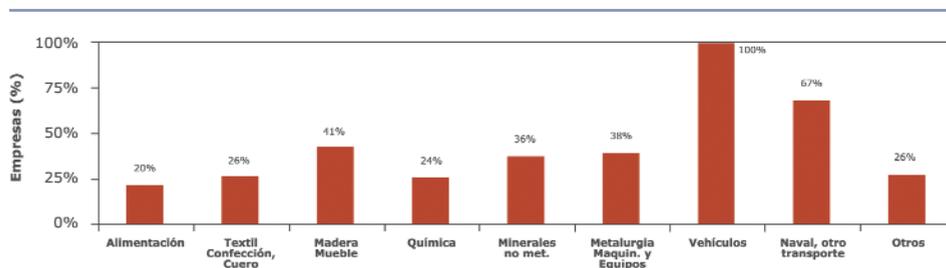
Figura 3. 10: Uso del CAD-2D por sectores



Base: Empresas que usan CAD

En el resto de los sectores todavía es mayoritaria la presencia del CAD como generador de planos (fig. 3.10). También es cierto que los fabricantes de CAD en 3D genéricos han sido siempre muy sensibles al sector de la Automoción (y aeronáutico y moldes) e, incluso, algunos provienen directamente de los fabricantes (como es el caso de CATIA), mientras que otros sectores no parecen estar tan focalizados.

Figura 3. 11: Uso del CAD-3D por sectores

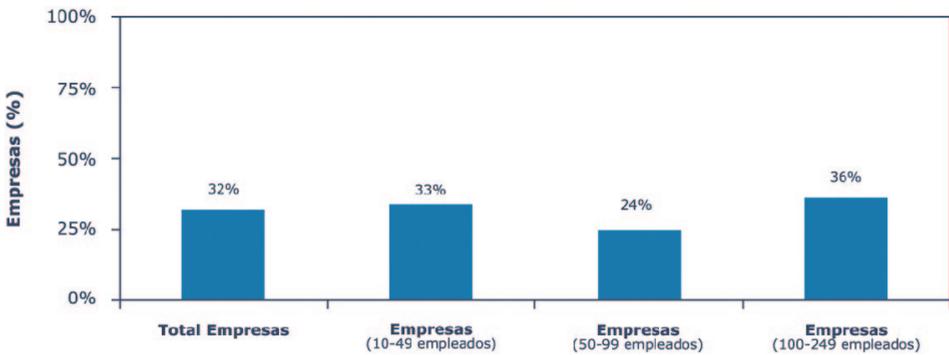


Base: Empresas que usan CAD

No parece existir inquietud por parte de las empresas gallegas por conocer las nuevas aplicaciones del CAD y CAD 3D. Tampoco se han detectado por las empresas las potencialidades del CAD y CAD3D y sus capacidades para mejorar la competitividad en algunos sectores. De continuar la tendencia actual, un gran número de empresas y sectores se quedarán fuera de las tecnologías de diseño, perdiendo competitividad.

La gran presencia de CAD en dos dimensiones es una barrera para la incorporación de la Simulación Numérica, que en muchos casos ha de partir de un diseño correcto en tres dimensiones, así como para la incorporación de otras nuevas tecnologías que empiezan a implantarse en el mercado, como es la realidad virtual.

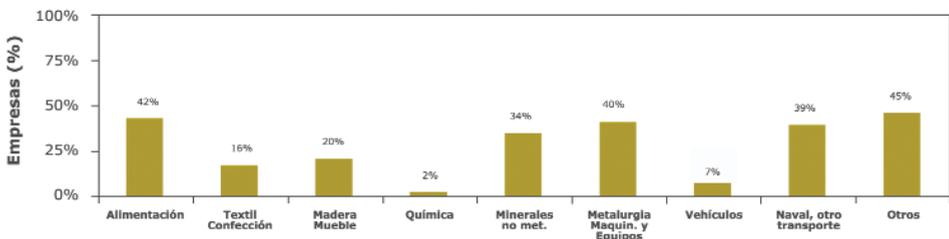
Figura 3. 12: Uso de módulos de CAD específicos del sector o actividad



Base: Empresas que usan CAD

El 32% de las PYMEs usan módulos específicos (figura 3.12), existiendo poca variación con relación al tamaño (33%, 24% y 36% respectivamente). Sin embargo, cuando se hace el análisis por sectores (fig. 3.13), se pone de manifiesto que existen módulos y aplicaciones de CAD específicos para prácticamente todos los sectores estudiados.

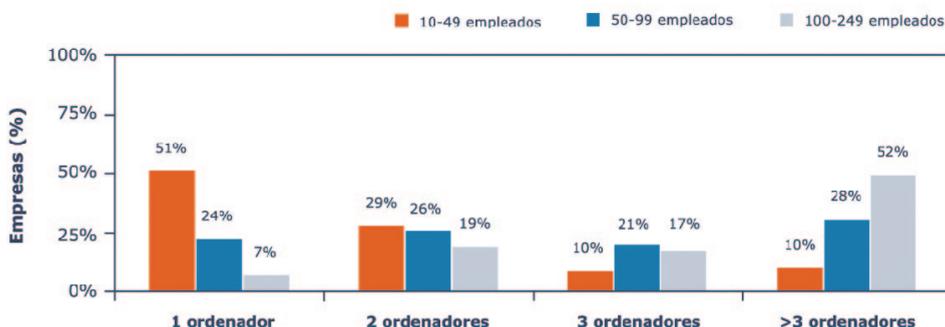
Figura 3. 13: Uso de módulos CAD específicos del sector/actividad por sectores



Base: Empresas que usan CAD

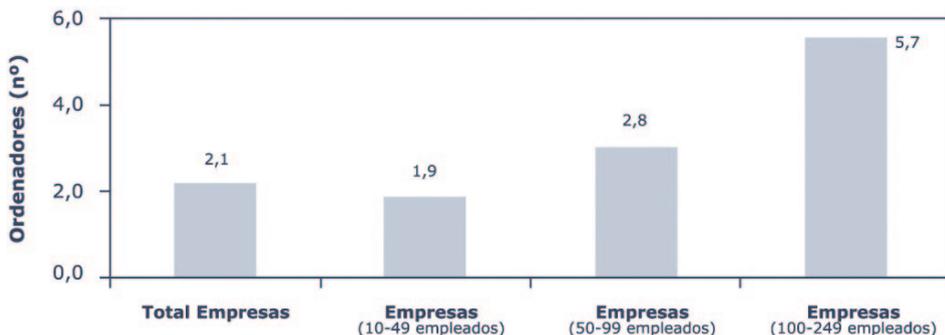
La existencia de este software específico hace aun más preocupante la baja implantación en los sectores de Madera, Alimentación, Naval y Textil, pues son soluciones informáticas desarrolladas en respuesta a sus problemas concretos de esos sectores, y demuestran que estas tecnologías sí tienen cabida en ellos. El uso de estos módulos es importante para incrementar la productividad en la fase de diseño y, por lo tanto, debería tener una mayor implantación. Probablemente su baja presencia podría deberse a la utilización no de módulos específicos sino de sistemas CAD completos, como Defcar o Foran para el sector Naval, aunque por los datos obtenidos no se puede confirmar este hecho.

Figura 3. 14: Número de ordenadores utilizados en el CAD



Base: Empresas que usan CAD

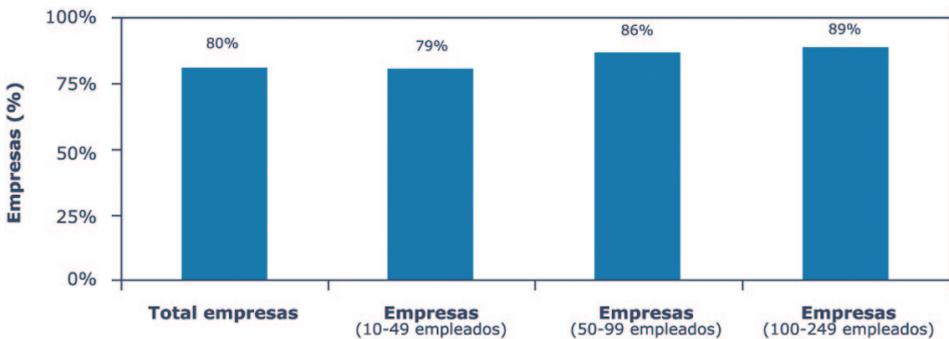
Figura 3. 15: Número de ordenadores que se usan en CAD



Base: Empresas que usan CAD

Para analizar el esfuerzo inversor que supone la incorporación del CAD, es importante fijarse en la proporción de estaciones de trabajo que existen en función del tamaño de la empresa (fig. 3.15). Las empresas de menor tamaño, entre 10 y 49 trabajadores de media, utilizan dos ordenadores para esta tarea, incrementándose notablemente este número con el tamaño de la empresa. Haciendo una media por tamaño, una empresa pequeña utiliza 1,9 ordenadores, pasando a 2,8 y 5,7 para las medianas y las grandes. Aunque el número de ordenadores es alto para las grandes empresas, su esfuerzo inversor por empleado es menor.

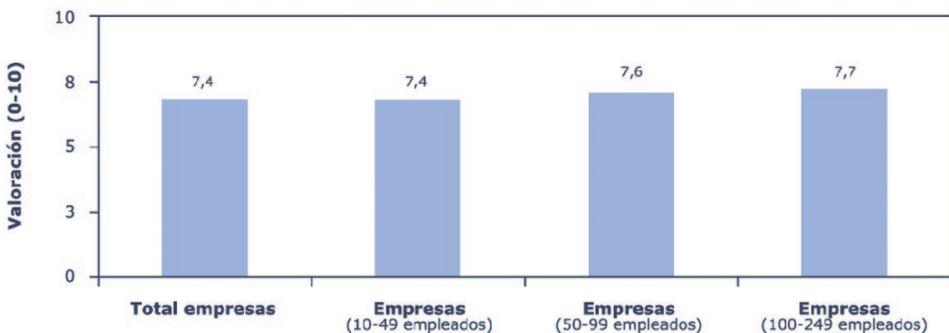
Figura 3. 16: Uso del CAD respecto las actividades donde podría aplicarse



Base: Empresas que usan CAD

Cuando las empresas fueron encuestadas acerca del grado de uso con respecto a sus posibles utilizaciones (fig. 3.16), éstas declararon que estaban utilizándolo en un 80% de las actividades donde se podría usar según su percepción. Es decir, parece que sus necesidades están cubiertas. Es interesante notar que cuanto mayor es el tamaño de la empresa, más satisfecha está del aprovechamiento de esta tecnología.

Figura 3. 17: Nivel de satisfacción en el uso del CAD



Base: Empresas que usan CAD

Además, cuando las empresas eran preguntadas sobre el nivel de satisfacción de su utilización (fig. 3.17), el nivel obtenido es alto (un 7,4 sobre 10), no existiendo diferencias significativas por tamaño, pero sí la misma tendencia creciente con el tamaño. La combinación de ambos datos (nivel de satisfacción y grado de aplicación) podría indicar que existe un desconocimiento de las posibilidades avanzadas de esta herramienta, es decir, que mayoritariamente se está utilizando poco sus potencialidades y existe un conformismo al respecto. En cualquier caso, parece que es una tecnología asentada y que difícilmente se abandonará en el futuro ya que el 99% de las empresas usuarias afirma que la utilización del CAD se mantendrá o se incrementará en el futuro (51% y 48% respectivamente).

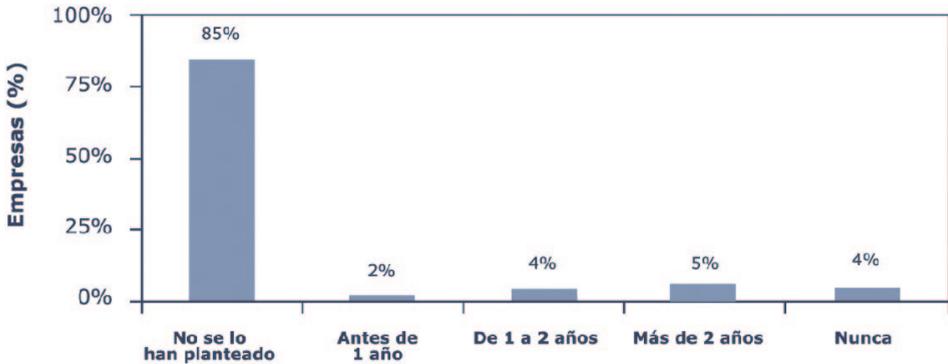
Figura 3. 18: Frenos al CAD en las empresas no usuarias



Base: Empresas que no usan CAD

A aquellas empresas no usuarias del CAD se les preguntaba acerca de sus previsiones de uso y barreras para su introducción (fig.3.18). Así un 85% de ellas, figura 3.19, no se habían planteado su incorporación (probablemente con mucho acierto, ya que un 67% de ellas dice que no es aplicable y sólo un 13% cree que obtendría ventajas si lo introdujese).

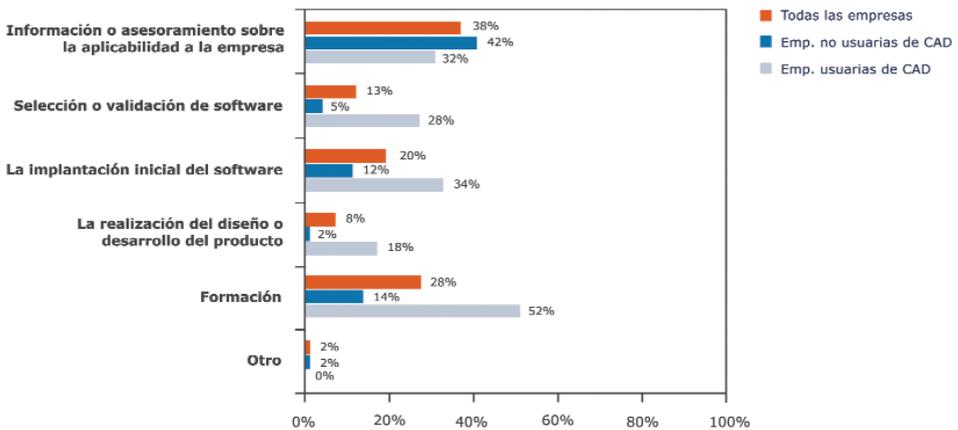
Figura 3. 19: Plazo en que las empresas creen que instalarán CAD



Base: Empresas que no usan CAD

Otro 6% de las empresas no usuarias afirma que lo incorporará en un plazo corto (menos de 2 años). Sin embargo, a pesar de la madurez y antigüedad de estas herramientas, existe un preocupante 17% de empresas que no tienen información sobre lo que es.

Figura 3. 20: Servicios CAD que demandarían las empresas



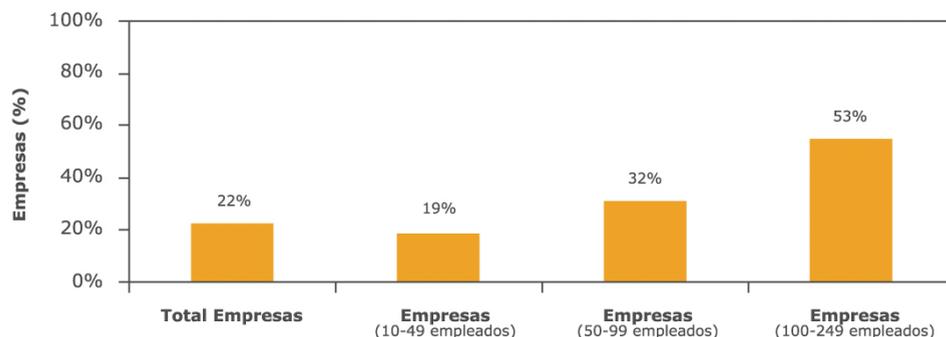
Base: Todas las empresas, empresas no usuarias de CAD, Empresas Usuarias de CAD

Un último punto sobre el CAD correspondía a los posibles servicios que se les podría aportar; fig. 3.20. Las respuestas indican que los servicios están en línea con las barreras detectadas. Así, la información o asesoramiento sobre la aplicabilidad a la empresa es la que tiene más demanda (38%) seguida por la formación (28%) e implantación (20%). Sin embargo, cuando se hace la división de los datos entre aquellas que ya están utilizando el CAD y aquellas que

no, aparece una clara y lógica diferencia. Así, las usuarias pasan a solicitar mayoritariamente formación (52%), seguido por la implantación (34%, bien es cierto que poco destacada sobre los otros dos servicios), mientras que para las no usuarias, claramente la información y formación siguen siendo las más demandadas. Se puede inferir por los resultados que aún siendo usuarios de CAD existe demanda de una mejor formación sobre su uso. Resulta inquietante la alta necesidad de asesoramiento sobre la implantación del software en empresas ya usuarias, lo cual parece indicar una insatisfacción en la forma de utilizarlo internamente en la empresa, que contradice parcialmente el nivel de satisfacción encontrado. Claramente, las barreras y servicios se aprecian de forma diferente entre los usuarios y no usuarios.

SIMULACIÓN NUMÉRICA. UTILIZACIÓN DE LA SIMULACIÓN NUMÉRICA

Figura 3. 21: Empresas que utilizan Simulación Numérica



Base: Todas las empresas

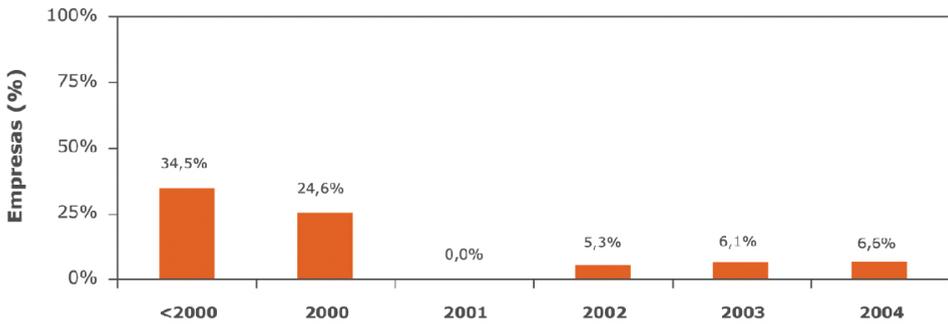
Recordemos de los comentarios iniciales de este capítulo, que el 22% de las empresas utiliza la Simulación Numérica (que puede aparecer abreviada como CAE en lo que sigue, a pesar de que probablemente como ya se ha dicho es una mala asignación de la misma). Existe además una gran diferencia en función del tamaño (fig. 3.21). Así las empresas de mayor tamaño utilizan casi tres veces más la simulación que las pequeñas (un 53% frente al 19%).

Tabla 3. 1: Comparativa Canadá - Galicia

	CAE	10/49 EMPLEADOS	50/99 EMPLEADOS	100/249 EMPLEADOS
CANADÁ (1998)	17%	14%	20%	49%
GALICIA (2004)	22%	19%	32%	53%

Es interesante comparar los resultados obtenidos con las ya mencionadas antes de Canadá para 1998. Asumiendo, como ya se ha dicho, que en ese estudio M&S es un concepto similar al utilizado aquí, en la tabla 3.1, se puede observar que los porcentajes de utilización son globalmente cercanos (22% frente a 17%). Mientras que la situación para las empresas más grandes es muy similar, en las pequeñas existen diferencias importantes a favor de las empresas gallegas (14% frente a 19% y 20% frente a 32%). Sin embargo aunque la situación puede considerarse similar, hay que tener en cuenta que la encuesta canadiense es 5 años anterior a la gallega.

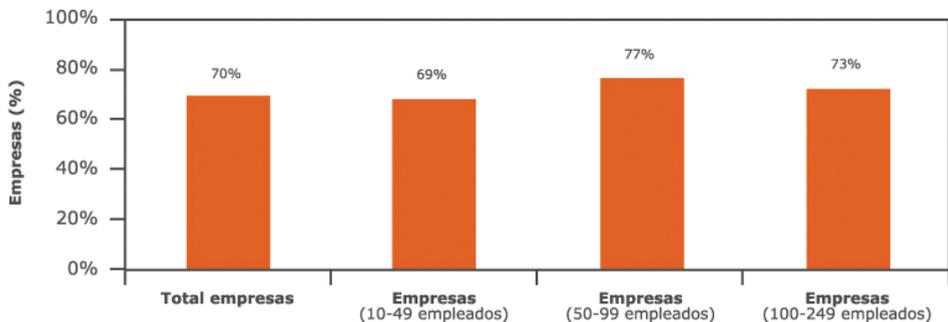
Figura 3. 22: Año de inicio de la utilización de la Simulación Numérica



Base: Empresas que usan Simulación Numérica

Por lo que respecta al año de inicio de la utilización del CAE, se observa en la figura 3.22 una tendencia moderadamente creciente en la incorporación de esta avanzada tecnología en los últimos tres años. Es decir, al contrario que en el caso del CAD, esta tecnología todavía está implantándose, no habiendo alcanzado todavía su techo.

Figura 3. 23: Empresas usuarias de Simulación Numérica que utilizan CAD



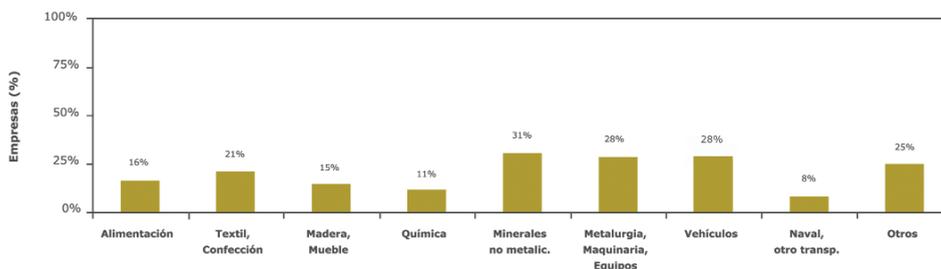
Base: Empresas que usan Simulación Numérica

Un dato interesante es el número de empresas que utiliza simulación frente a aquellas que utilizan CAD. Como se puede ver en el gráfico 3.23, ocurre en el 70% de los casos, no habiendo grandes diferencias en función del tamaño. Esto es debido a dos causas.

La primera es que la definición de Simulación Numérica es muy amplia y no está asociada únicamente al diseño, sino que también incluye la gestión de la producción y otros procesos internos de la empresa.

La segunda es que existen muchos programas de simulación o técnicas de simulación que no necesariamente necesitan CAD (entendido desde el punto de vista de dibujo técnico), como es el diseño de fármacos o de reacciones químicas o, incluso, aunque lo incorporan no es apreciado por el entrevistado como un programa de CAD (por ejemplo, programas de simulación que incluyan la definición geométrica del producto).

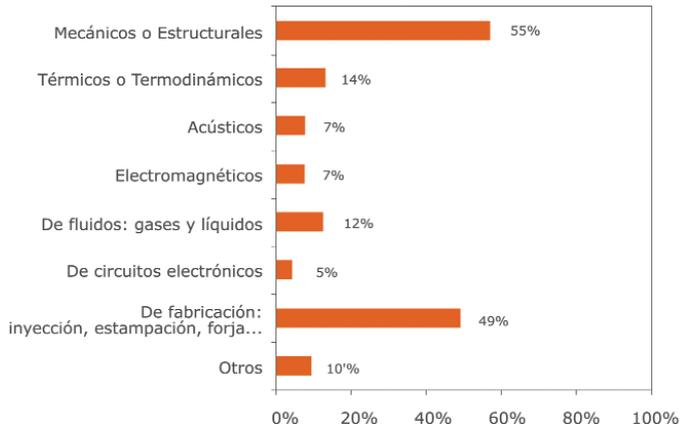
Figura 3. 24: Uso de la Simulación Numérica por sectores



Base: Todas las empresas

Cuando se mira el detalle por sectores (fig. 3.24), aquellos tradicionalmente asociados a la Simulación Numérica que tienen una presencia importante en Galicia (Metal y Automóvil) destacan como usuarios de la misma con un 28% y 27% respectivamente. Resalta poderosamente que el sector con más utilización es el de Materiales no Metálicos con un 31% y, sobre todo, la baja utilización de un sector con larga tradición y amplia implantación en Galicia como es el Naval, con solo el 8%.

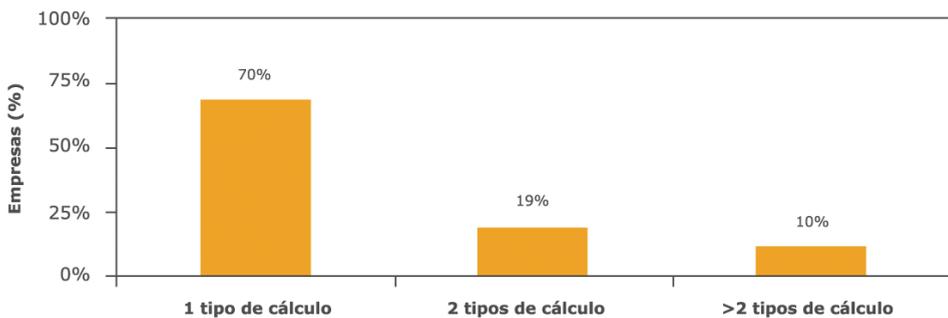
Figura 3. 25: Naturaleza de los cálculos, análisis o simulaciones usados en Simulación Numérica



Base: Empresas que usan Simulación Numérica

En cuanto al tipo de cálculo utilizado, ver figura 3.25, mayoritariamente se realizan cálculos mecánicos y estructurales, lo cual es lógico al ser uno de los más sencillos y tradicionales.

Figura 3. 26: Número de tipos de cálculo de la Simulación Numérica: mecánicos, térmicos, acústicos

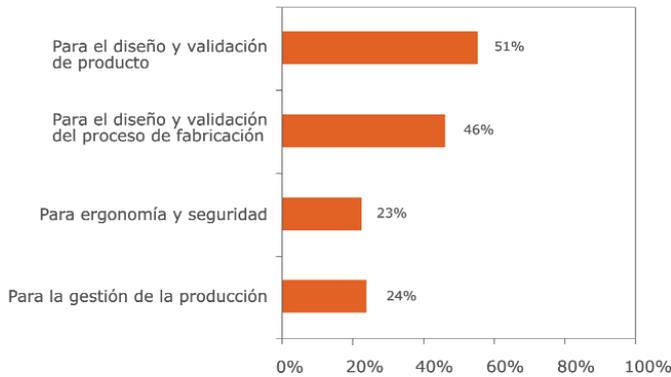


Base: Empresas que usan Simulación Numérica

Un dato preocupante en la encuesta es el alto porcentaje de simulaciones de proceso (49%). Dado el grado tan alto de procesos diferentes que pueden existir, en el momento de la definición de la encuesta, se decidieron agrupar esperando un nivel no demasiado alto. Dada su generalidad en la definición, es importante intentar distinguir dentro de estos procesos a cuáles se refieren en futuras encuestas, ya que su agrupación actual permite poca flexibilidad en el análisis. Otro tipo de cálculos son minoritarios (menor del 15%) aunque destaca fuertemente el que cálculos hasta hace poco complicados (como los de fluidos), tengan una fuerte presencia (del 12% de las empresas que realizan Simulación Numérica).

Mayoritariamente, además, se hace sólo un tipo de cálculo (fig. 3.26). Este hecho contrasta con la utilización en las grandes empresas de diseño del automóvil o aeronáuticas que realizan múltiples tipos de simulaciones, desde la colisión de vehículos, aerodinámica, confort, etc.

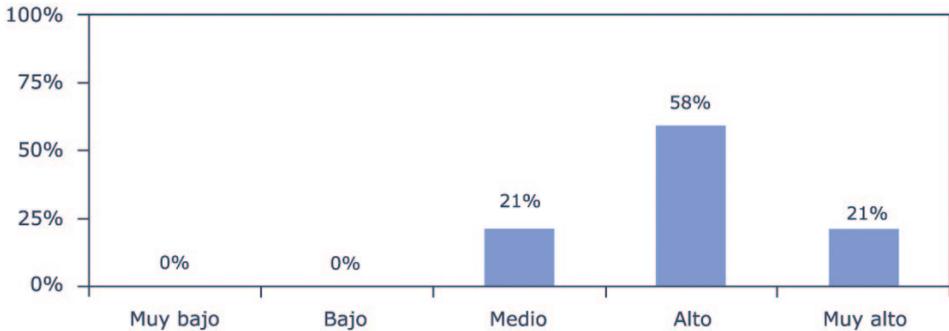
Figura 3. 27: Finalidad de los análisis, cálculos y simulaciones de la Simulación Numérica



Base: Empresas que usan Simulación Numérica

La finalidad para la cual se utiliza la simulación se reparte casi por igual entre el diseño del producto y el diseño de la producción, ver figura 3.27 (51% y 46%).

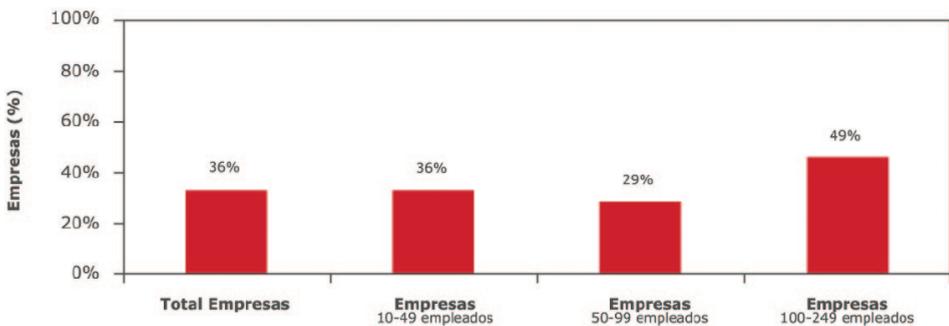
Figura 3. 28: Grado de confianza que tiene en los resultados de la Simulación Numérica



Base: Empresas que usan Simulación Numérica

Un punto importante a destacar es la gran confianza que tienen los usuarios en los resultados obtenidos con la simulación (fig. 3.28). Así, mayoritariamente tienen un grado alto de confianza el 58% de las empresas usuarias, no existiendo ninguna que indique desconfianza hacia esta tecnología. Parece que las herramientas utilizadas son suficientemente maduras y dan resultados satisfactorios según lo esperado.

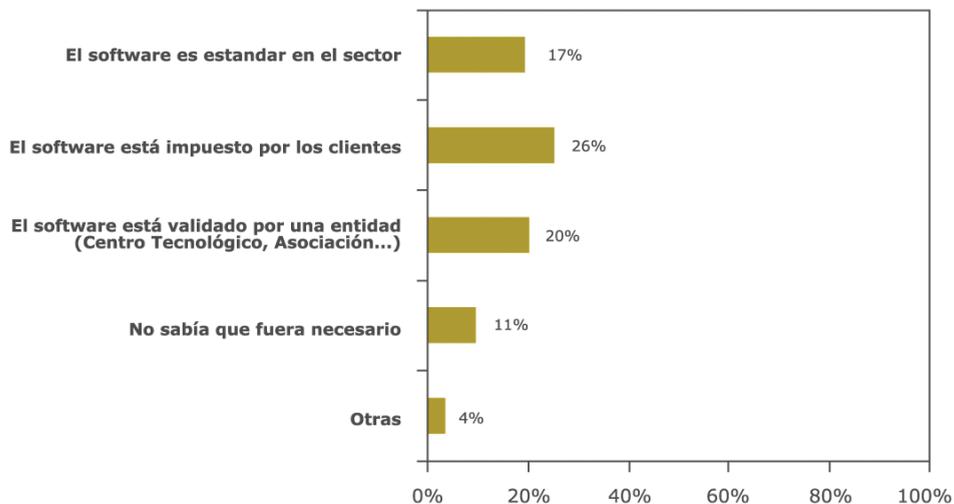
Figura 3. 29: Empresas que validaron experimentalmente los resultados obtenidos con la Simulación Numérica



Base: Empresas que usan Simulación Numérica

Más preocupante es el hecho de que sólo 1 de cada 3 empresas que utiliza la simulación ha validado previamente los resultados de alguna forma (fig. 3.29), siendo las de mayor tamaño las que han realizado más validación (49%) mientras que las pequeñas y medianas tienen casi idénticos resultados (36% y 29%).

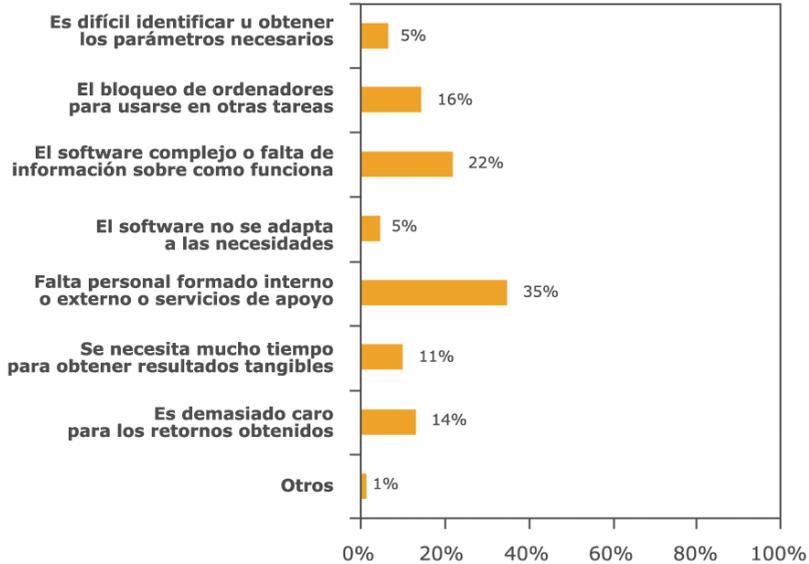
Figura 3. 30: Razones para no realizar validaciones



Base: Empresas que no realizaron validaciones de los resultados obtenidos del Simulación Numérica

Como se puede ver en la figura 3.30, las razones esgrimidas por aquéllos que no han hecho validaciones están fuertemente relacionadas con su implantación, es decir, mayoritariamente es debido a una imposición del cliente o a que se han convertido estas técnicas de trabajo en un estándar en el sector. Afortunadamente, de los usuarios que no han validado, sólo una minoría reconoce que no sabía que era necesario validarlo (1 de cada 10).

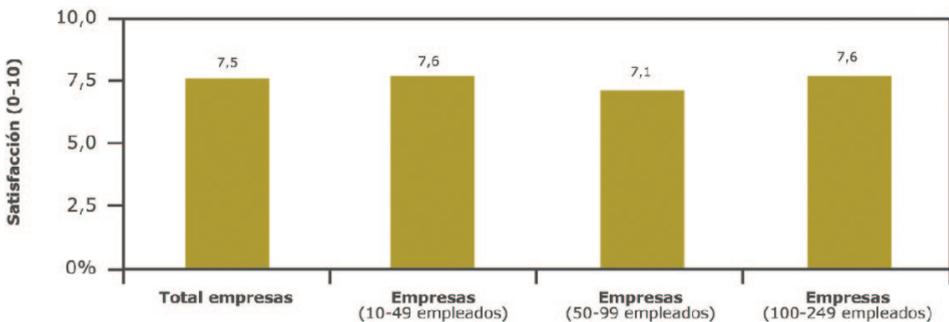
Figura 3. 31: Limitaciones en el uso de la Simulación Numérica



Base: Empresas que usan Simulación Numérica

Como se observa en la figura 3.31, la principal dificultad para la implantación efectiva de la simulación es la falta de personal con la formación adecuada (35% de las empresas usuarias) seguido de la complejidad del software (22%). Ambas respuestas están muy relacionadas y muestran que, frente a la aparente sencillez que presenta el CAD actualmente, la Simulación Numérica es todavía percibida como difícil de utilizar o, si es fácil, es compli-

Figura 3. 32: Nivel de satisfacción en el uso de la Simulación Numérica

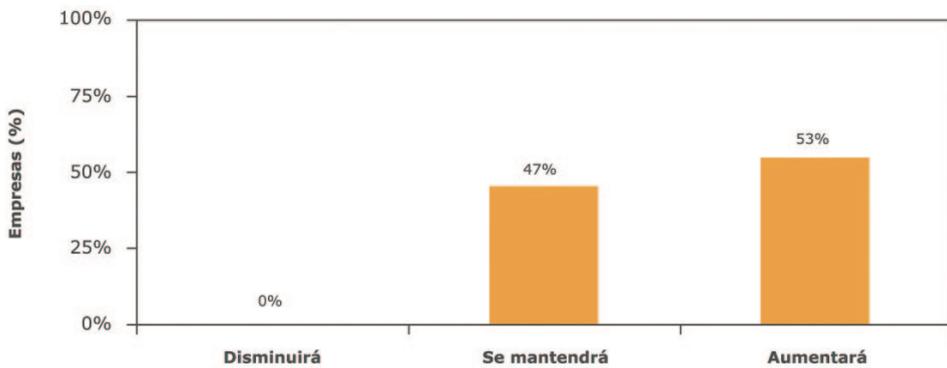


Base: Empresas que usan Simulación Numérica

cada de interpretar adecuadamente, necesitando quizá un nivel formativo más alto que en otras herramientas. Los problemas técnicos asociados a su utilización (búsqueda de parámetros o gestión de los ordenadores) no parecen plantear dificultades.

A pesar de su complicación aparente, el grado de satisfacción (fig. 3.32) al igual que ocurría en el CAD, es alto, estando de media en un 7,5 sobre 10 y con poquísima variación en función del tamaño de la empresa. Este dato se ve reforzado por la inexistencia en la encuesta de empresas que hayan abandonado la Simulación Numérica como herramienta.

Figura 3. 33: Evolución del uso de la Simulación Numérica a corto plazo



Base: Empresas que usan Simulación Numérica

Otra apreciación importante (fig. 3.33) es el hecho de que un 53% de las empresas usuarias cree que aumentará la utilización de la Simulación Numérica, un 47% cree que se mantendrá y ninguna considera que disminuirá.

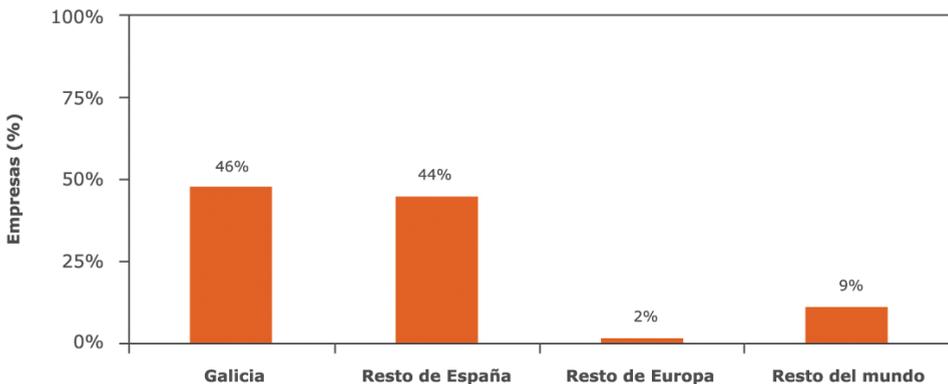
Figura 3. 34: Tipo de software para Simulación Numérica usado en la empresa



Base: Empresas que usan Simulación Numérica internamente

Como se puede ver en la figura 3.34, las aplicaciones de Simulación Numérica preferidas por las empresas son las que están adaptadas al sector, actividad empresarial o al problema concreto a solucionar (54% de las empresas que utilizan la Simulación Numérica dentro de la empresa), mientras que sólo un 34% utiliza un software genérico. Como también se aprecia en esa figura, mayoritariamente (95%) no han desarrollado ningún módulo internamente dentro de la empresa, dependiendo de productos comerciales o de terceros (fig. 3.35), que son vendidos (que no necesariamente desarrollados) por empresas regionales (46%) o nacionales (44%).

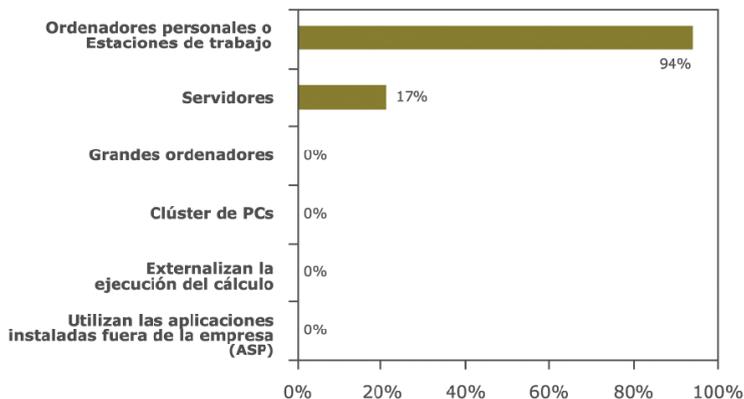
Figura 3. 35: Procedencia del proveedor principal de Simulación Numérica usado en la empresa



Base: Empresas que usan Simulación Numérica internamente

Las ventas realizadas directamente por empresas foráneas parecen ser minoritarias (11%) y son principalmente de fuera de Europa (9%).

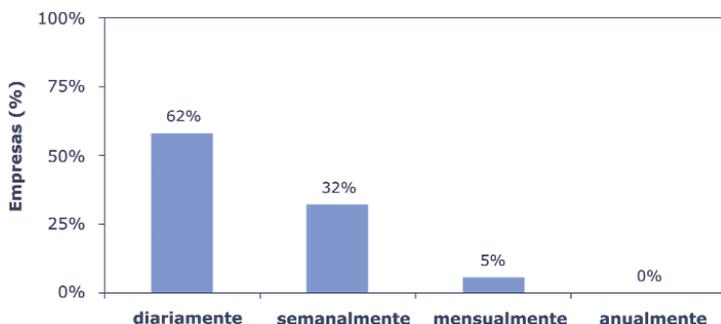
Figura 3. 36: Tipo de equipos usados en la Simulación Numérica



Base: Empresas que usan Simulación Numérica internamente

La complejidad de los cálculos realizados, como se podría suponer a partir de los tipos mayoritarios (mecánicos, estructurales o de proceso), no parece ser elevada. Esto se refleja en que casi todos utilizan bien un ordenador personal (94%) o bien un servidor (17%), ver figura 3.36, sin presencia de ordenadores más complejos como clusters de PCs o superordenadores. Normalmente, el equipo se comparte además con otras tareas (42%), siendo más dedicado cuanto mayor es el tamaño de la empresa (46% para las pequeñas, 25% para las medianas y solo un 21% para las grandes PYME).

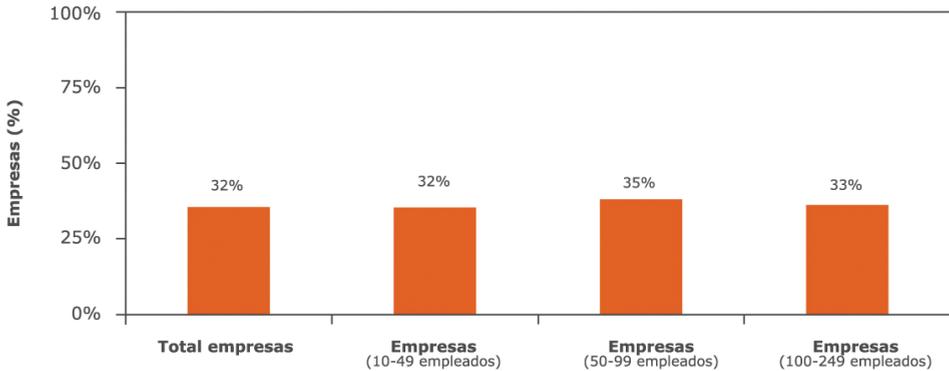
Figura 3. 37: Frecuencia de uso de la Simulación Numérica



Base: Empresas que usan Simulación Numérica internamente

La utilización es además bastante intensa, ver figura 3.37, con un 62% de los usuarios de la simulación internamente en la empresa que realiza a diario cálculos, un 32% semanalmente y un 5% mensualmente.

Figura 3. 38: Predisposición a contratar servicios externos de la Simulación Numérica

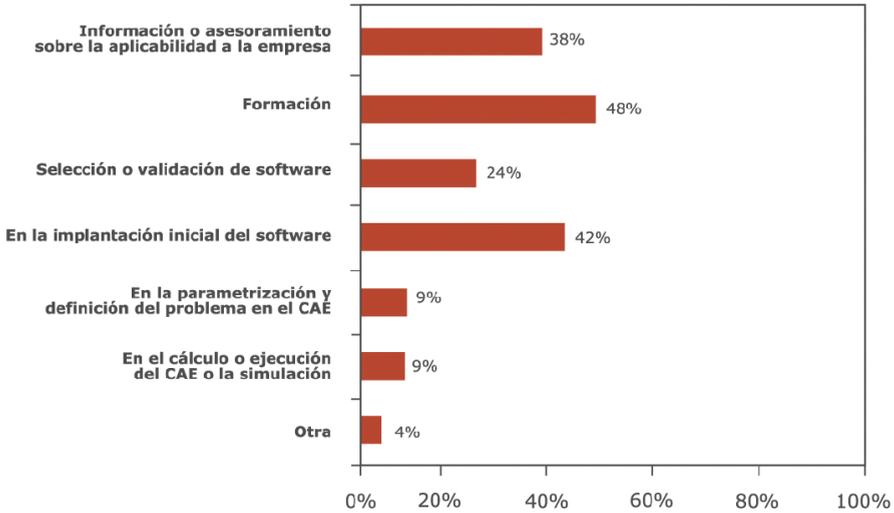


Base: Empresas que usan Simulación Numérica internamente

Cuando se analiza la posible contratación de servicios externos de Simulación Numérica en aquellas empresas que ya la utilizan (fig. 3.38), sólo un 32% de ellas estaría dispuesta a externalizar este tipo de operaciones y entre éstas, mayoritariamente contrataría una empresa (casi 3 de cada 5). Esto contrasta fuertemente con aquellas empresas que utilizan la simulación exclusivamente de forma externa, que contratan tanto a empresas como a centros tecnológicos, mayoritariamente cercanos al cliente (un 81% con entidades gallegas y un 32% con nacionales). La Universidad no parece verse como un proveedor de este tipo de servicios. En cualquier caso, el nivel de satisfacción en la realización de estos trabajos es alto (un 7,9 sobre 10).

Aunque las empresas son usuarias de la simulación, las necesidades más presentes siguen estando relacionadas con las barreras informacionales (fig. 3.39). Así un 48% de las empresas usuarias solicitarían servicios de formación y un 38% más información sobre la aplicabilidad a su empresa. Destaca de forma importante, debido probablemente a la complejidad del software, la fuerte necesidad relacionada con la implantación, con un 42% de las empresas.

Figura 3. 39: Necesidades en Simulación Numérica de las empresas usuarias

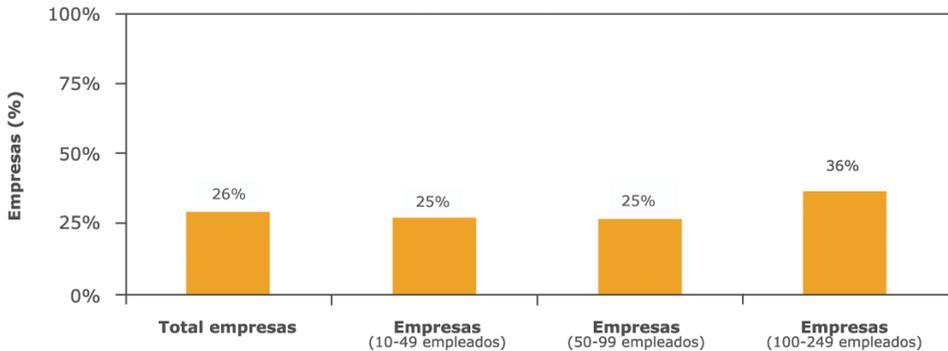


Base: Empresas que usan Simulación Numérica

De estos resultados se infiere que puede existir, a partir de esta necesidad, una importante demanda de servicios que puedan ser suplidos tanto por Centros Tecnológicos y Universidades como por empresas especializadas. Es por tanto necesario activar los mecanismos necesarios dentro de la comunidad autónoma para favorecer la creación de estos servicios, no dejando escapar esta magnífica oportunidad.

LA SIMULACIÓN NUMÉRICA VISTA POR LOS NO USUARIOS

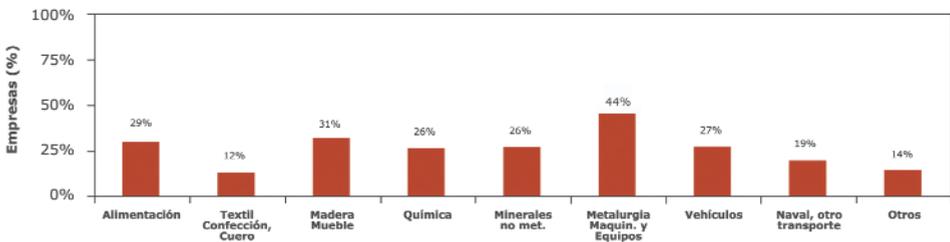
Figura 3. 40: Empresas que recibieron información comercial directa sobre la Simulación Numérica



Base: Empresas que no usan Simulación Numérica

Aquellas empresas no usuarias de la simulación es posible que no lo sean debido a la falta de información comercial directa. Existe una clara falta de ella en este ámbito de las Pequeñas y Medianas Empresas. De hecho sólo el 25% de éstas (fig. 3.40) recibieron información sobre estas soluciones. Ni siquiera las más grandes perciben una presión comercial mayor (36%). Esto posiblemente pueda ser una explicación de la baja implantación de estas tecnologías, y del desconocimiento de su potencial, aunque también puede ser debido a que los proveedores consideran que hay una baja receptividad de las empresas a implantarla o que el mercado todavía no está maduro para estas tecnologías. En cualquier caso, parece adecuado que las entidades públicas y los centros tecnológicos públicos y privados regionales incrementen su actividad de diseminación directa sobre las posibilidades y ventajas dentro de las empresas si se quiere avanzar en un futuro cercano en su utilización, necesaria, como se dijo anteriormente, para la competitividad empresarial en muchos de los sectores analizados.

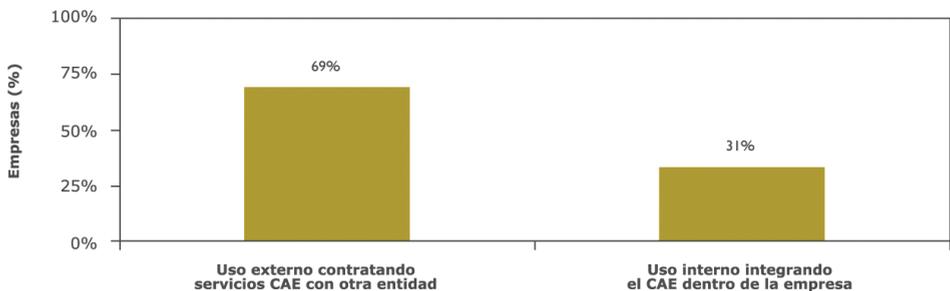
Figura 3. 41: Empresas que recibieron información comercial directa sobre la Simulación Numérica por sectores



Base: Empresas que no usan Simulación Numérica

De entre aquellas que no usan simulación, los sectores más tradicionales en su implementación, como el Metalúrgico, son los que reciben con más frecuencia información comercial directa (fig.3.41), mientras que otros sectores como el Naval destacan por su inactividad en este concepto.

Figura 3. 42: Modalidad de uso que preferiría si aplicara la Simulación Numérica



Base: Empresas que no usan Simulación Numérica

Como ilustra la figura 3.42, en caso de iniciarse en la tecnología, la mayor parte considera que preferiría contratar el servicio externamente (69% de las empresas no usuarias) mientras que una minoría declara que lo haría internamente (31%). En cualquier caso, el 98% de las empresas no usuarias nunca se ha planteado la conveniencia o no de incorporar esta tecnología a sus procesos productivos y sólo un 9% cree que se beneficiaría a priori de su uso.

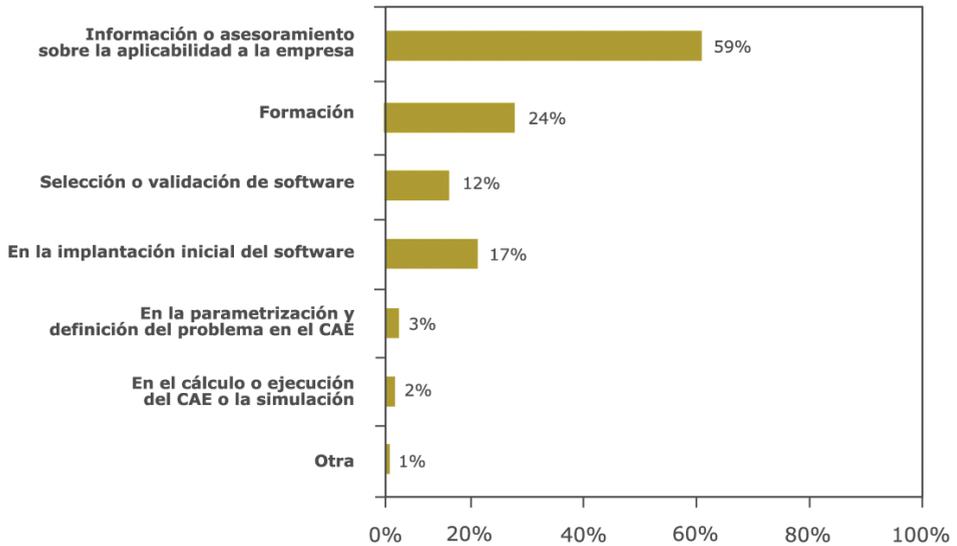
Figura 3. 43: Frenos de las empresas al uso de la Simulación Numérica (empresas no usuarias de Simulación Numérica)



Base: Empresas que no usan Simulación Numérica

Estas respuestas son bastante lógicas si se piensa que todavía hace falta mucha información sobre lo que es, para qué sirve y qué beneficios reporta su utilización. Así, (fig. 3.43) un 35% de las empresas no usuarias declara desconocer qué es, un 48% dice que no es aplicable y un 18% afirma que no es rentable.

Figura 3. 44: Necesidades en Simulación Numérica de las empresas no usuarias



Base: Empresas que no usan Simulación Numérica

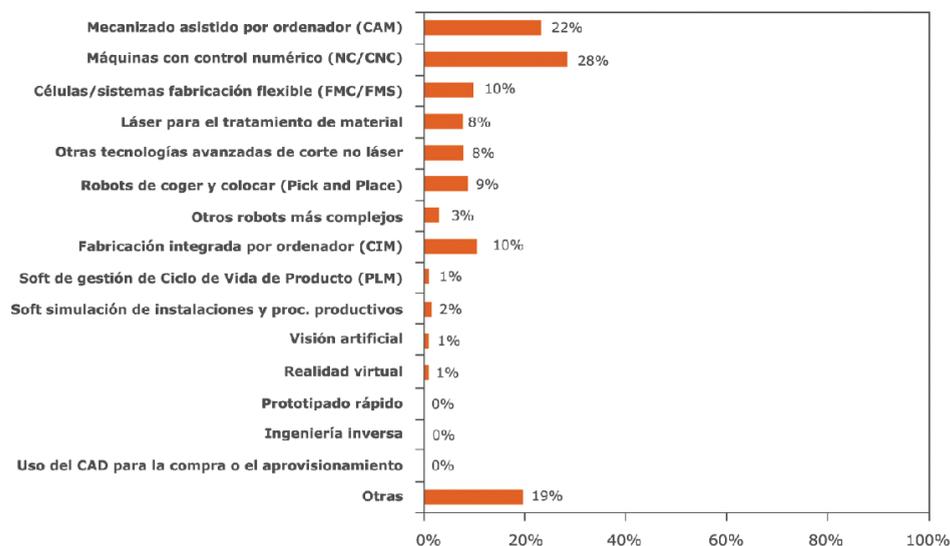
Estos altos índices de respuesta parecen indicar que existe un gran desconocimiento de la herramienta y que, como se dijo anteriormente, es necesario hacer un esfuerzo importante de difusión de sus ventajas y beneficios. De hecho, un 59% necesita información y un 24 % formación (fig. 3.44).

Al igual que en el caso del CAD los factores que frenan la introducción de la SN, ver figura 3.43, parecen ser las etapas iniciales ligadas a la información y al conocimiento: estar informado de la tecnología, su aplicabilidad, tener referencias y conocer experiencias de otras empresas, etc. El resto de razones como tener otras prioridades (22%), no ser rentable (18%), falta de proveedores (14%), o falta personal formado (7%), parece que tiene una influencia menor como freno. Estas razones son en realidad de una segunda etapa, una vez que la empresa ya conoce la tecnología, la ha relacionado con la situación concreta de la empresa, e incluso ha iniciado el proceso de evaluar la conveniencia de instalarla.

OTRAS AMTS EN LA EMPRESA

Aprovechando la disponibilidad de la empresa para responder a la encuesta, se les preguntaba a los entrevistados sobre la presencia de otras tecnologías de fabricación denominadas como nuevas (AMTs). Como se puede ver en la figura 3.45, las tecnologías utilizadas en mayor medida son las máquinas de control numérico (28%) y el CAM (22%), estando el resto de las tecnologías por debajo del 10%.

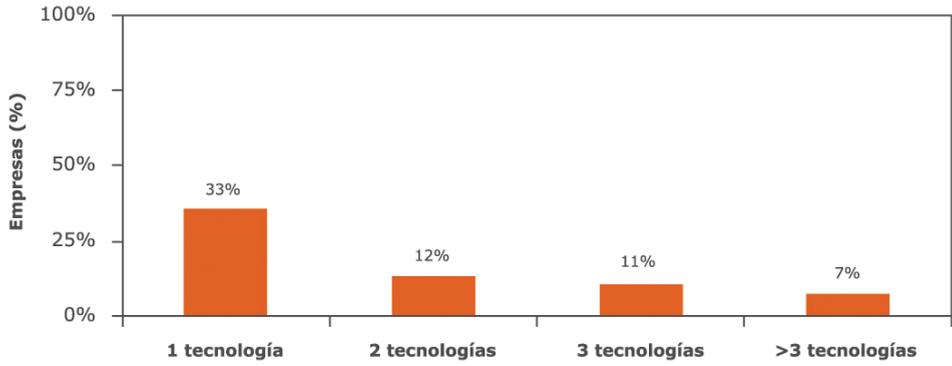
Figura 3. 45: Otras tecnologías de fabricación de las empresas



Base: Todas las empresas

Destacan fuertemente por su nula implantación tecnologías ampliamente utilizadas en las empresas de fabricación más grandes, como el prototipado rápido, la realidad virtual pero sobre todo la utilización del CAD para la compra o aprovisionamiento. Otros productos software que son importantes para la mejora de la productividad en la empresa y el manejo del conocimiento (como el PLM), todavía tienen una presencia testimonial, probablemente por ser tecnologías todavía con insuficiente madurez para ser empleadas en Pequeñas y Medianas Empresas. Además, 1 de cada 3 empresas entrevistadas sólo utilizaba una de estas tecnologías (fig. 3.46).

Figura 3. 46: Número de tecnologías de fabricación diferentes usadas: CAM, CNC,...

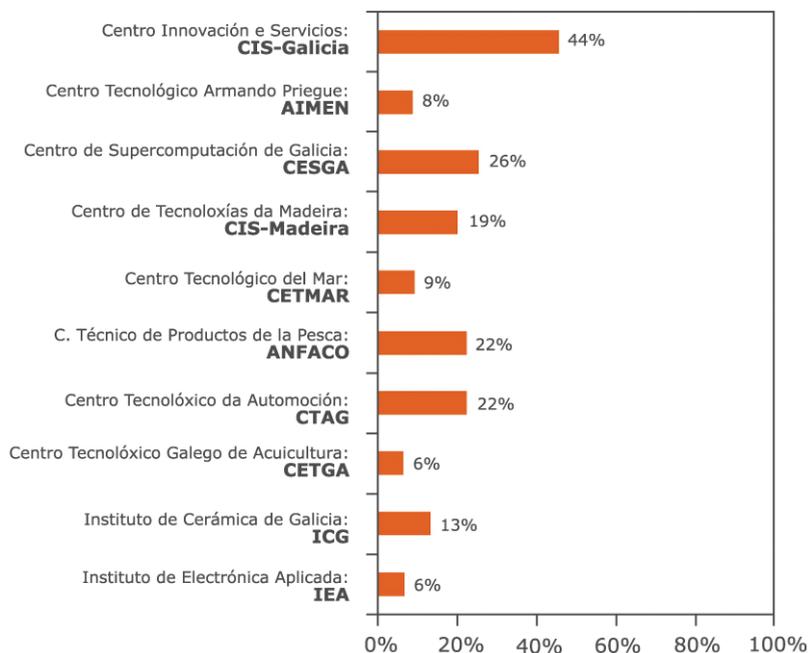


Base: Todas las empresas

CONOCIMIENTO DE LOS CENTROS TECNOLÓGICOS GALLEGOS.

De las respuestas obtenidas, se puede afirmar que los Centros Tecnológicos gallegos son prácticamente desconocidos por el empresariado gallego (fig. 3.47). De hecho sólo CIS-Galicia tiene un nivel de conocimiento elevado (44%). Otros centros con un nivel de conocimiento no sectorial importante son el Centro de Supercomputación de Galicia (26%), el Centro Tecnológico de la Automoción (CTAG, que a pesar de su juventud relativa frente a otros es conocido por el 22% de las empresas) y el Centro Tecnológico de Productos de la Pesca (ANFACO, que es conocido por el 22% de las empresas).

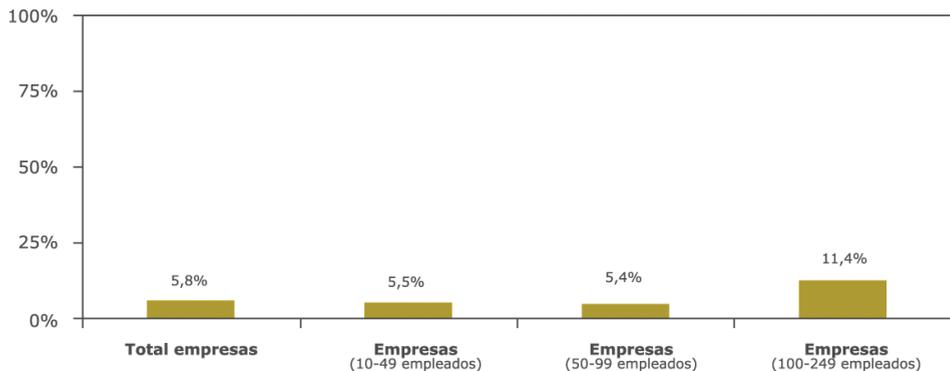
Figura 3. 47: Conocimiento de las actividades de los Centros Tecnológicos



Base: Todas las empresas

Sin embargo, otros centros, incluso a pesar de la antigüedad de algunos de ellos, son escasamente conocidos, probablemente por su fuerte orientación vertical. Así, el Centro Tecnológico de la Acuicultura y AIMEN son conocidos sólo por el 13% y 8% de las empresas entrevistadas respectivamente.

Figura 3. 48: Empresas que contactaron con Centros Tecnológicos de Galicia para realizar alguna actividad



Base: Todas las empresas

El desconocimiento de las actividades realizadas por esos centros y de los servicios que pueden prestar se refleja en el hecho que tan solo un testimonial 5,8% de las empresas manufactureras gallegas han contactado con un centro tecnológico para realizar alguna actividad, ver figura 3.48, si bien es cierto que una gran parte la debieron realizar posteriormente (un 4% han realizado actividades con los centros tecnológicos). Es decir, los centros tecnológicos tienen todavía un gran campo de acción en las empresas, que cuando conocen sus posibilidades, mayoritariamente contratan sus servicios.

De los datos obtenidos anteriormente se pueden sacar importantes conclusiones y acciones, que se detallarán en el capítulo 5. En cualquier caso, la información completa sobre los resultados de la encuesta se puede consultar en la página web del proyecto (<http://simula.cesga.es>), en donde además se han añadido otras informaciones de interés como análisis de otros países o un catálogo de grupos de investigación universitarios que pueden prestar servicios a las empresas dentro de este ámbito.

4. ANÁLISIS CUALITATIVO DE RESULTADOS

Como se comentó en el capítulo 2, se realizaron una serie de paneles o mesas de trabajo, con el objetivo de obtener información no cuantitativa que ayudase a conocer y comprender las motivaciones y actitudes de las empresas a la hora de introducir las herramientas de Simulación Numérica en sus procesos productivos.

En total se celebraron cuatro paneles: Sector Naval, Sector Automóvil, Sector Madera y un último no sectorial realizado en el Parque Tecnológico de Galicia, con el fin de conocer las dificultades específicas con las que pudiesen encontrar las empresas de la provincia de Ourense.

A lo largo del desarrollo de las distintas mesas de trabajo, se recogieron multitud de opiniones y comentarios, muchos de ellos coincidentes, y ya detectados en la encuesta, como la necesidad de información sobre la Simulación Numérica o la falta de tiempo para la implantación. Además se detectó una posible barrera idiomática para la implantación de la Simulación Numérica no manifestada anteriormente, en otros estudios ya que los manuales para el manejo de estas aplicaciones suelen estar escritos exclusivamente en inglés, abundando el vocabulario técnico, lo cual dificulta enormemente su comprensión. Dicha barrera no aparecía en otros estudios anteriores, probablemente debido a que se habían realizado en países angloparlantes. En un futuro será necesario incluirla para confirmarla.

Habría que comentar por último, que los participantes en todas las mesas de trabajo solicitaron un mayor acercamiento de los Centros Tecnológicos y de las Universidades al tejido empresarial gallego, vía acción comercial directa presencial, es decir, acudiendo a la empresa para conocer in situ sus problemas.

A continuación mostraremos un pequeño resumen de los comentarios, opiniones y oportunidades recogidos durante la celebración de los paneles.

MESA DE TRABAJO DEL SECTOR NAVAL

El actual sistema de producción caracterizado por la fabricación bajo pedido, los ajustados plazos de entrega, la escasez de implantación tecnológica en los pequeños suministradores y la actual situación de incertidumbre por la que pasa el sector naval gallego, hacen que éste tenga una peor perspectiva que otros sectores analizados en lo referente a la incorporación inmediata de la Simulación Numérica.

FRENOS A LA IMPLANTACIÓN:

A juzgar por comentarios de los asistentes, las herramientas de Simulación Numérica no gozan de gran difusión en este sector, existiendo además varios factores que frenan su implantación. Por un lado, existe cierto desconocimiento de las posibilidades que la simulación puede aportar y cual es el software necesario. Tampoco se tiene clara la rentabilidad que pueden generar, ni la amortización de las mismas. Finalmente, las aplicaciones más empleadas para el diseño del buque, Foran²² y Defcar²³, dificultan en gran medida la simulación, pues sus formatos no son totalmente compatibles con las herramientas de análisis.

Tal y como manifestaron los asistentes, los actuales diseños se basan en gran medida en el conocimiento existente, las tablas y las costumbres, pero sobre todo en las normas de las clasificadoras. Además, es común que sean los propios operarios quienes con su experiencia resuelvan ciertas dificultades, pero todo este conocimiento no se procesa de ningún modo, ni se dispone de ninguna herramienta para su reutilización por parte de toda la organización.

Quedó claramente patente tras esta reunión que la figura más característica del sector naval es el armador. Éste suele mostrar ciertas reticencias hacia la incorporación de nuevas tecnologías, y es quien marca en muchas ocasiones la elección de suministradores y numerosos aspectos técnicos y del diseño.

La mayor dificultad para el uso de la SN que perciben los participantes son los ajustados plazos de entrega. Se considera que la simulación requiere mucho tiempo, ya que se entiende que por un lado está el modelo para el diseño, y aparte habría que crear otro para aplicarle herramientas de SN. De ser así, llevaría casi el mismo tiempo que la realización del propio diseño y no se aprecia como rentable.

Por último, se deduce que el sector naval echa en falta que las empresas de grandes dimensiones impongan una nueva cultura en todo el sector, como ha pasado en el automóvil. Esto conseguiría difundir las nuevas tecnologías de fabricación a lo largo de toda la cadena de producción, desde el suministrador hasta el propio astillero.

²² <http://www.foransystem.com>

²³ <http://www.defcar.com>

DIFUSIÓN DE LA SIMULACIÓN NUMÉRICA:

Tras esta mesa de trabajo, surgen posibles ámbitos de cooperación entre los Centros Tecnológicos, Universidades y las empresas del sector naval. Uno de los aspectos más demandados es sin duda alguna la formación, pues con la reestructuración del sector naval se prescindió de personal que poseía un gran conocimiento. La formación de alto nivel es poco accesible y a menudo es inevitable recurrir al extranjero para obtenerla. Pero no se debe descuidar la formación en los fundamentos. Además cierto grado de desconocimiento de las herramientas disponibles en el mercado que constituyan una alternativa real al software de diseño empleado en la actualidad.

También existe unanimidad entre los participantes a la hora de solicitar a los Centros Tecnológicos que tomen la iniciativa y realicen visitas a las empresas, con el fin de difundir su conocimiento, experiencia y mostrando un caso concreto, adaptado al sector, donde se vean claramente las ventajas que puede aportar la implantación de herramientas de Simulación Numérica.

A pesar de la buena predisposición por parte de las empresas para iniciar colaboraciones, existe en la actualidad cierta desconfianza, fundamentalmente por parte de las empresas de ingeniería, hacia la Universidad, pues ésta se identifica como un competidor desleal, al contar con ciertas facilidades de las que ellos no disponen por su condición: gratuidad de licencias de software, instalaciones, etc., mientras se está compitiendo por partes del mismo mercado.

OPORTUNIDADES:

Durante esta mesa de trabajo, todos los asistentes han encontrado aplicaciones de la simulación dentro de su ámbito de actuación, y así, por ejemplo, el cálculo de fluidos resultaría de gran interés y podría suponer ahorro de tiempo y costes, como podría ser contar con un canal virtual. La simulación de la carga de los buques también sería de utilidad, ya que no siempre se trabaja con condiciones atmosféricas favorables y las maniobras de carga son muy complejas. Muchas veces, estas necesidades son demandadas a pie de obra, por lo que se necesita un acceso móvil a la simulación.

Las empresas de ingeniería participantes se encuentran en numerosas ocasiones con determinados cálculos que, por su elevado coste computacional, no pueden realizar. Por tanto, sería de gran interés establecer algún tipo de sinergia entre estos gabinetes y los centros tecnológicos gallegos.

También se aprecia, a partir de los comentarios de los asistentes, la demanda de programadores expertos en cálculo científico que puedan solucionar los diversos problemas informáticos que tienen las ingenierías.

MESA DE TRABAJO PARQUE TECNOLÓGICO DE GALICIA (OURENSE)

Como ya se comentó en la introducción de este documento, se optó por realizar un panel multisectorial en Ourense para comprobar si existían diferencias apreciativas dependientes de la situación geográfica de la empresa. Los principales problemas manifestados por los asistentes en este sentido son los logísticos, la falta de personal con los conocimientos técnicos necesarios y la dificultad para conseguir proveedores de formación dispuestos a desplazarse para ofrecer sus servicios.

SITUACIÓN ACTUAL:

Todas las empresas que han asistido a esta mesa de trabajo tienen integrado el diseño asistido por ordenador, aunque los motivos para ello no son solamente técnicos, sino también comerciales, ya que el cliente desea ver la presentación virtual del producto antes de asumir cualquier compromiso. Pero por lo que respecta a las herramientas de CAE, la situación no es tan positiva. Los asistentes manifiestan no conocer suficientemente las herramientas, no se dispone del software adaptado al sector o no se cuenta con el personal adecuado para el manejo de estas aplicaciones.

FRENOS A LA IMPLANTACIÓN DE LA SIMULACIÓN NUMÉRICA:

Se han detectado diferentes elementos que dificultan la difusión de la Simulación Numérica. Al igual que se comentó en otros paneles, el uso del CAD en dos dimensiones es mayor de lo deseado, con lo que se hace muy complicado poder aplicar al diseño cualquier tipo de herramienta de CAE e incluso CAM. Además, tampoco se conocen por parte de la gerencia las ventajas que resultarían del cambio a CAD 3D.

Asimismo, existen barreras de tipo regulatorio, pues para determinados productos es imprescindible acudir a un organismo certificador para la obtención de la homologación del producto, con lo que el ahorro de costes que supondría el uso de la simulación, se ve reducido. Además, muchas aplicaciones, sobre todo las de estructuras, no están adaptadas a la normativa española.

Además, En muchos casos se siguen tomando decisiones en el propio taller y también se emplean programas a pie de máquina, cuando todo debería venir marcado por la oficina técnica.

Por otra parte, la mayoría de los profesionales conocen un gran número de aplicaciones, pero no son verdaderos especialistas en ninguna de ellas, y si a esto se le suma que la compatibilidad entre trabajo y formación es sumamente compleja, resulta una situación difícilmente salvable.

Por último, otro de los factores que frena el uso y el aprovechamiento de las herramientas es la no disponibilidad de los manuales de las aplicaciones en castellano. Están sólo disponibles en inglés, abundando en ellos el vocabulario técnico. Este hecho y la extensión de la documentación dificultan enormemente su interpretación por parte de los usuarios.

DIFUSIÓN DE LA SIMULACIÓN NUMÉRICA:

La queja fundamental es que en la actualidad la información no está llegando a las empresas. El soporte para la información que se suele emplear es el de trípticos o catálogos, que a menudo no alcanzan al usuario final o sencillamente no se pueden leer por falta de tiempo. Los participantes a la reunión creen que los Centros Tecnológicos deberían adoptar una actitud más activa y realizar una labor comercial directa, ya que sus servicios no son conocidos en muchas ocasiones o se tiene la idea preconcebida de que pueden resultar muy costosos.

Quizás el mejor formato para la difusión de estas tecnologías sea el de los casos de éxito, es decir, situaciones concretas en las que se muestre la situación previa a la utilización de la herramienta, y los posteriores beneficios, siempre desde la óptica económica, que se han obtenido tras su implantación.

Otra opción considerada interesante por los asistentes sería la auditoría tecnológica. Ésta ayudaría a las empresas a anticiparse y estar preparadas llegado el momento del cambio o el momento en el que se requieran por parte del cliente nuevos productos o servicios.

FORMACIÓN:

La formación es uno de los aspectos críticos, como ya se remarcó anteriormente al comentar los frenos, pues el manejo de las aplicaciones de Simulación Numérica no es inmediato. El formato idóneo, a juicio de los asistentes, debería ser aquel que permitiera al trabajador no ausentarse del trabajo, es decir, la formación debería impartirse en la propia empresa durante unas horas al día. Asimismo el temario debería estar bien centrado, haciendo hincapié en los aspectos prácticos, y mostrando las aplicaciones directas en la actividad.

OPORTUNIDADES:

Destacan dos oportunidades fundamentalmente. En primer lugar, parece existir una demanda de aplicaciones para el cálculo de estructuras de madera laminada, pues el software actualmente disponible podría no adaptarse a este material.

El segundo de los problemas no cubiertos por las herramientas existentes, es el confort de los viajeros dentro de autocares. Resultaría muy interesante simular aspectos relacionados con la acústica o las corrientes de aire dentro del vehículo, que muchos fabricantes de turismos ya realizan.

MESA DE TRABAJO DEL SECTOR AUTOMÓVIL

En este sector está todavía muy polarizado en proveedores de la factoría del Grupo PSA en Vigo, aunque gradualmente está incorporando otros mercados. Así hasta hace pocos años la factoría viguesa del Grupo PSA no era productora en exclusiva de ningún modelo, sino que compartía la fabricación con otras plantas. Esta situación provocaba que las tareas de desarrollo fuesen realizadas por completo por los proveedores franceses y no por las empresas gallegas. En consecuencia, las suministradoras gallegas se han visto inmersas en la dinámica del ahorro y la optimización de la capacidad productiva como única ventaja competitiva, al no diseñar el producto suministrado.

SITUACIÓN COMPARATIVA:

Las herramientas más usadas entre los proveedores de primer nivel, son sin duda alguna, CATIA²⁴, comercializado por IBM, y Unigraphics²⁵, ambos entornos de trabajo integran herramientas de CAD, CAE y CAM.

Sin embargo, el CAE se sigue viendo en las empresas suministradoras como un elemento que encarece el producto y no como algo que le aporte valor. Esta situación es debida en gran parte, a que la gerencia no percibe el ahorro de costes a medio/largo plazo que podría suponer su implantación. No obstante, cada vez son más los constructores que se interesan por estas herramientas, llegando incluso en algunos casos a solicitarles a los proveedores los cálculos realizados para sus productos.

FRENOS A LA IMPLANTACIÓN DE LA SIMULACIÓN NUMÉRICA:

En este sector, a diferencia de otros analizados, la Simulación Numérica es de sobra conocida por los asistentes. Sin embargo, se identifican varios elementos que dificultan

²⁴ <http://www-306.ibm.com/software/applications/plm/catiav5/>

²⁵ <http://www.ugs.es/>

su implantación. En primer lugar, el coste se ve como el principal freno, ya que no se suele hacer un análisis del retorno de la inversión. Además de los factores financieros, existen otros de carácter técnico como la falta de personal cualificado para su manejo e interpretación de los resultados.

Además de los factores citados anteriormente, existen otros como los ajustados plazos de entrega, la gran diversidad de productos o la corta vida de éstos, que hacen que incluso a coste cero sea muy complejo implantar estas herramientas, pues el tiempo es un recurso que escasea en este sector.

Por último, que no menos importante, las experiencias de los participantes, en especial algunas poco positivas a nivel de I+D, como las ocurridas a alguno de los presentes, han significado un parón en las inversiones.

DIFUSIÓN:

Para lograr un mayor uso de las herramientas de Simulación Numérica se debería optar fundamentalmente, en opinión de los asistentes, por una labor comercial directa de los Centros Tecnológicos, para intentar mostrarle a la gerencia el retorno de la inversión y los nuevos mercados que se pueden abrir, pero sin olvidar que los resultados de la simulación se perciben a medio plazo o largo plazo, con lo que debe ser presentada como una apuesta de futuro y en cierto modo una filosofía empresarial.

OPORTUNIDADES:

La posibilidad de desarrollo de aplicaciones de este tipo en Galicia parece muy complicada, ya que los conocimientos para crear estas herramientas son muy amplios, y solamente asumibles por un gran equipo multidisciplinar. Además uno de los servicios que más valora el cliente es el soporte técnico postventa, y para poder ofrecer éste es preciso contar con una gran infraestructura.

No obstante, pueden existir pequeños nichos de mercado para el desarrollo de aplicaciones que resuelvan un problema determinado o la adaptación de otras herramientas disponibles en el mercado.

Aunque fuera del ámbito de la Simulación Numérica, puede resultar de interés, y además aporta un gran valor, el desarrollo del propio software que incorpora el vehículo. Aquí puede haber una interesante oportunidad de negocio para las empresas gallegas, que han de aprovechar ya que la fracción del precio final relacionada con la estructura física del coche es cada vez menor. La electrónica y el software acapararán en el futuro la mayor parte del valor del vehículo.

Desde el punto de vista de las necesidades de software, también se echa en falta por alguna de las empresas una herramienta para la simulación de polímeros, pero hasta el momento los intentos de desarrollo de ésta en colaboración con la universidad no han dado resultados.

PANEL SECTOR MADERA

La constante incorporación de nuevos materiales, las necesidades de producción marcadas por el cliente o la escasez de tecnología adaptada, hacen de éste un sector con ciertas peculiaridades que lo diferencia de otros presentes en Galicia.

SITUACIÓN COMPARATIVA:

Los asistentes consideran que en Galicia hay un buen nivel de implantación de herramientas productivas. Así, por ejemplo, las máquinas de control numérico cuentan con mayor difusión que en otras comunidades autónomas, mientras que tecnologías como el CAM están a un nivel muy similar al resto de España.

Quizá la principal diferencia que se aprecie sea la subcontratación, pues las grandes empresas del mueble a nivel nacional e internacional, suelen contar con los servicios de estudios de ingeniería y de diseño a la hora de concebir nuevos productos.

Los asistentes afirman que no conocen empresas a nivel nacional o internacional que utilicen la Simulación Numérica.

PROVEEDORES:

Existe una gran diversidad de origen en los proveedores de la industria del mueble gallega. Para la compra de madera maciza se suele recurrir a empresas de diferentes países. Así, por ejemplo, para la importación de roble se recurre a Francia, de haya a Rumanía, de arce a América, etc.

Para la adquisición de chapa y contrachapado también se recurre al exterior, pero en el caso del MDF (tablero de fibras de madera de media densidad) el proveedor es local, ya que Galicia es un fabricante destacado de este producto.

SOFTWARE EMPLEADO:

El software para diseño más empleado en este sector, como en otros, es el Autocad, pues es accesible y fácil de manejar, aunque se aprecia una tendencia a la migración a Solidedge, ya que ofrece más funcionalidades y una mejor exportabilidad de los proyectos.

Por lo que respecta al tipo de diseño, se sigue optando en muchos casos por el diseño en dos dimensiones, aunque se ve en el diseño tridimensional ventajas indiscutibles, pero no se aplica por no estar adaptado a trabajar con éste.

Las principales dificultades que declaran tener los participantes en este momento son básicamente el paso de los diseños a las máquinas y la presentación virtual de los productos, aspecto cada vez más valorado por los clientes, y decisivo en algunas ocasiones para conseguir ciertos contratos.

DIFUSIÓN DE LA INFORMACIÓN:

Todos los asistentes reconocen la utilidad de la Simulación Numérica en su actividad y muestran gran interés por las herramientas que existen hoy en día, pero la actual dinámica de trabajo, marcada por plazos de entrega ajustados y los constantes cambios en el producto, dificulta el acercamiento de las empresas a los Centros Tecnológicos y a las Universidades.

La experiencia de las mesas de trabajo sectoriales como la que se ha planteado en este proyecto se valora muy positivamente y parece un buen mecanismo para entrar en contacto con el sector y pensar en proyectos conjuntos entre Universidades, Empresas y Centros Tecnológicos, pero se considera la labor comercial directa como el mecanismo idóneo para difundir la información y detectar los problemas de las empresas del sector.

Existe unanimidad entre las participantes en afirmar que la elaboración de un proyecto piloto, donde se diese solución a un problema específico del sector de la madera y mostrase los beneficios económicos, sería una herramienta que ayudaría a difundir las posibilidades de la Simulación Numérica.

IMPACTO DE LA IMPLANTACIÓN:

Los asistentes consideran que cualquier cambio que se introduzca en el sistema productivo resulta muy complicado. Los trabajadores suelen ser muy reacios a los cambios, y en situaciones anteriores se han producido dificultades.

Otro aspecto manifestado es que la adopción de estas tecnologías, genera incertidumbre, ya que se desconocen muchas cuestiones referentes a la implantación y el soporte, y no se tiene claro a quién se podría acudir para obtener el software y la ayuda precisa.

OPORTUNIDADES:

La Simulación Numérica podría tener bastantes ámbitos de aplicabilidad, por ejemplo resultaría de interés para el cálculo de resistencia, comportamiento, viabilidad del diseño, etc. En el campo de la logística, también parece haber numerosas posibilidades de uso, como la simulación de carga de mercancías, almacén o rutas.

Pero sobre todo, parece destacar la posibilidad de implantación en el campo de la presentación virtual del producto, hoy en día un elemento muy valorado por los clientes, pero los empresarios se encuentran con numerosas dificultades para llevarla a cabo, básicamente de conocimiento (efecto de la luz, textura, etc.).

5. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

De los datos recogidos y analizados a lo largo de este estudio, se pueden extraer las conclusiones principales que se recogen a continuación, que acompañamos con una propuesta de recomendaciones con el objetivo de mejorar la situación actual de las PYMEs industriales de Galicia.

CONCLUSIÓN 1:

La mayor parte (7 de cada 10) de las PYMEs encuestadas realiza el proceso de diseño de sus productos en Galicia.

Este valor se incrementa con el tamaño de la empresa, desde el 69% para las de menor número de trabajadores hasta el 86% para las mayores. Destacan por su bajo nivel de diseño los sectores de Metalurgia, Maquinaria y Equipos, y el de Vehículos con 36% y 33% respectivamente.

Recomendación 1:

Es imprescindible realizar acciones dinamizadoras para favorecer el diseño propio, fundamentalmente en los sectores de Metalurgia, Maquinaria y Equipos y de Vehículos.

CONCLUSIÓN 2:

El nivel de utilización y divulgación del CAD es poco avanzado, y excesivamente orientado a la generación de planos, lo que podría ser un freno para la incorporación de la Simulación Numérica en el proceso de diseño del producto.

El 36% de las PYMEs gallegas manufactureras declaran utilizarlo, creciendo este porcentaje con el tamaño (33% para empresas de 10 a 49 empleados, 52% para aquellas

entre 50 y 99, y 60% para las de más de 100 trabajadores). Este dato es ligeramente superior al nivel de utilización en España en el año 2002 (30,9%, en empresas con menos de 200 trabajadores). Además, sólo 1 de cada 5 empresas encuestadas que no lo usa afirma que lo desconoce o que necesita más información. La mayor parte de las que no lo usan (2 de cada 3) considera que no es aplicable.

Recomendación 2:

Realizar un estudio sectorial de las posibilidades del CAD en 3D, para posteriormente difundir sus ventajas y realizar experiencias piloto exitosas de su implantación en cada sector susceptible de aprovechar sus ventajas.

CONCLUSIÓN 3:

Existe todavía un gran desconocimiento sobre Simulación Numérica y sus posibilidades.

De aquellas empresas que no utilizan simulación, un 35% desconocen lo que es o necesitan más información y un 40% afirma que no es aplicable. Esta situación está agravada por la falta de acción comercial directa (sólo 1 de cada 4 empresas que no utiliza la simulación ha recibido información comercial). De hecho 9 de cada 10 empresas que no utilizan la Simulación Numérica ni siquiera se han planteado utilizarla.

Recomendación 3:

Iniciar un programa de promoción de la Simulación Numérica empezando por un estudio de las herramientas disponibles para cada sector, para posteriormente realizar implantaciones exitosas económicamente que puedan ser utilizadas en una difusión masiva posterior.

CONCLUSIÓN 4:

La utilización de la Simulación Numérica todavía está poco extendida.

El 22% de las PYMEs declara utilizar herramientas de Simulación Numérica para el diseño o la producción. El nivel de utilización se incrementa notablemente con el tamaño de la empresa, pasando de un 19% para las pequeñas al 53% para las mayores. Este nivel de uso es similar al existente en Canadá en 1999, donde la tecnología de M&S tenía una penetración del 17% y en línea con la utilización en los países de la OCDE.

Recomendación 4:

Apoyar iniciativas para el desarrollo de aplicaciones que den solución a problemas no resueltos y la creación de soluciones sectoriales.

CONCLUSIÓN 5:

Actualmente los tipos de cálculo realizados son mayoritariamente el mecánico estructural y los directamente ligados a la fabricación.

Las PYME gallegas utilizan la Simulación Numérica fundamentalmente para realizar cálculos mecánicos o estructurales (55%) y de fabricación (49%). Otras utilizaciones son todavía minoritarias. Su uso está orientado principalmente al diseño del producto (51%) o del proceso de fabricación (46%).

CONCLUSIÓN 6:

Las empresas usuarias de la Simulación Numérica tienen un alto grado de confianza en la herramienta.

4 de cada 5 empresas usuarias de la Simulación Numérica tienen un alto o muy alto grado de confianza en los resultados de las simulaciones. Además tienen un nivel de satisfacción muy alto (7,6), lo que se refleja en que la evolución de uso se considera mayoritariamente al alza. De hecho, punto importante, no se detecta ningún caso de abandono de la herramienta a pesar de dificultad de uso.

CONCLUSIÓN 7:

Parece existir un gran número de necesidades relacionadas con el CAD y la Simulación Numérica, fundamentalmente en temas de formación, selección e implantación.

CONCLUSIÓN 8:

Se detecta que actualmente no hay personal suficientemente formado para el manejo de las herramientas de Simulación.

Un 30% del total de las empresas necesita formación en esta tecnología y un 23% ayuda para la implantación inicial del software. Incluso las empresas ya usuarias tienen necesidades de ambas (48% y 42% respectivamente). Esta demanda también ocurre en el

caso del CAD a pesar de ser una tecnología más consolidada. Así, un 28% de éstas tiene necesidades de formación y un 29% de ayuda en la implantación. Aun más, aquéllas que ya lo usan tienen también una fuerte demanda de formación (52%).

Además, tanto en CAD como en simulación la percepción es que su uso se mantendrá o aumentará (47% y 53% respectivamente en el caso de la Simulación Numérica). Parece intuirse por los datos, pero, sobre todo, por las valoraciones cualitativas, una cierta demanda de desarrolladores de software técnico para la personalización y localización del software. También una de las barreras más importantes para su utilización por la empresa ya usuaria es la falta de personal cualificado o servicios externos (35%), así como considerar el software complejo (26%). Si se tiene en cuenta además que el grado de utilización de aquellos sectores que hacen mayoritariamente sus diseños en Galicia (Alimentación, Textil, Madera, etc.), todavía no han alcanzado en su mayor parte niveles comparables a los sectores en donde está más implantado, hace suponer que existirá en el futuro una fuerte demanda de personal formado en estas tecnologías.

Recomendación 5:

Iniciar acciones formativas desde los Centros Tecnológicos y las Universidades en las diferentes tecnologías analizadas (CAD, Simulación Numérica y CAM) que puedan suplir la demanda de personal adecuadamente formado y que a su vez actúen como difusores de la tecnología.

Recomendación 6:

Fomentar la creación de proyectos de colaboración Empresas/Centros Tecnológicos/Universidades que permitan la incorporación de la herramienta de la Simulación Numérica en el tejido empresarial gallego y que fomenten la incorporación de nuevos licenciados/ingenieros al mundo laboral en tareas relacionadas con I+D+i.

CONCLUSIÓN 9:

Existe un desconocimiento de los Centros Tecnológicos de Galicia y las Universidades como prestadores de servicios.

El 57% de las empresas, en caso de contratar servicios relacionados con la Simulación Numérica, preferirían hacerlo con una empresa. Sólo el 17% lo haría con un centro tecnológico y ninguno con la universidad. Para el caso de los centros tecnológicos, este hecho podría deberse al bajo grado de conocimiento existente de los mismos, ya que sólo uno de ellos es conocido por 1 de cada 2 empresas. También es importante recalcar que sólo un 6% de las empresas ha contactado con CT para realizar alguna activi-

dad, de las cuales la mayor parte realizaron alguna conjuntamente.

De hecho, aquellas empresas que han contratado servicios con los Centros Tecnológicos (un 43% de las que han contratado externamente) declaran un alto grado de satisfacción (7,9 de media).

Recomendación 7:

Realizar una campaña de difusión de los Centros Tecnológicos gallegos y de los servicios que pueden prestar al sector industrial.

CONCLUSIÓN 10:

Otras nuevas tecnologías tampoco tienen niveles de implantación adecuados (excepto las máquinas de control numérico y el CAM), lo que dificulta el aprovechamiento efectivo de las tecnologías de la información en los procesos de producción.

En cualquier caso, dada la metodología utilizada y los objetivos del estudio, es conveniente realizar nuevas medidas periódicas que permitan conocer la evolución de las diferentes tecnologías analizadas, así como incorporar progresivamente a la encuesta otras nuevas que puedan favorecer la competitividad de la PYMEs de la manufactura gallega.

A.1. DEFINICIÓN DE NOMENCLATURAS

CAD: *Acrónimo de Computer Aided Design (Diseño Asistido por Ordenador).* Utilización de ordenador para dibujar y diseñar piezas o productos.

CAE: *Acrónimo de Computer Aided Engineering (Ingeniería Asistida por Ordenador).* Aplicaciones de cálculo, análisis o simulación por ordenador aplicados a productos y procesos.

CAM: *Acrónimo de Computer Aided Manufacturing (Fabricación Asistida por Ordenador).* Uso de ordenadores para generar las instrucciones de control de las máquinas automáticas de manufactura, a partir de un modelo digital del objeto a fabricar.

Células o sistemas de fabricación flexibles (FMC/FMS): Consiste en dos o más máquinas con capacidad de manejo de materiales controladas por ordenador o por controlador programable, capaces de aceptar materia prima por uno o varios caminos y entregar por uno o varios caminos submontajes o productos terminados.

CIM: *Acrónimo de Computer Integrated Manufacturing (Fabricación Integrada por Ordenador).* Aplicación integrada de conceptos y técnicas de organización y gestión de la producción, junto con las nuevas tecnologías de diseño, fabricación e información, con el objeto de diseñar, fabricar y distribuir un producto acorde a las necesidades de mercado, con una alta calidad, óptimo nivel de servicio y los menores costes.

Ingeniería Inversa: (Reverse Engineering) Proceso de duplicar una pieza, componente o conjunto, sin necesidad de planos o documentación auxiliar. Se parte de un modelo físico y se usan métodos de ingeniería de medida, análisis y diseño para finalmente obtener una réplica idéntica o mejora del objeto.

Láser para el tratamiento de material: Utilización de la tecnología láser para soldadura, corte, tratamiento, trazado o marcado.

Máquinas con control numérico (NC/CNC): Se trata de una sencilla máquina controlada numéricamente (NC) o controlada numéricamente por ordenador (CNC) con o sin capacidad de manejo de materiales. Las primeras están controladas por órdenes numéricas perforadas en papel o en cintas plásticas de mylar, mientras que las segundas están controladas electrónicamente por un ordenador integrado en la máquina.

Otras tecnologías avanzadas de corte diferente del láser: Utilización de tecnologías como chorro de agua, arco de plasma o dispositivos ultrasónicos para el corte de material.

Otros robots más complejos: Utilización de robots para la soldadura por punto o por arco, para montaje, acabado u otras aplicaciones.

PLM: *Acrónimo de Product Lifecycle Management (Gestión de Ciclo de Vida de Producto)*. Estrategia empresarial que aplica un conjunto de soluciones informáticas para crear la definición del producto de forma colaborativa, para su mejor gestión y óptima diseminación en la empresa, desde el concepto inicial hasta el final de la vida del producto, integrando las personas, los procesos, los sistemas y la información. Por extensión se denomina PLM al software que permite implementar esta estrategia.

Prototipado Rápido: Conjunto de tecnologías capaces de generar objetos físicos directamente desde un modelo digital CAD 3D. Se diferencia del mecanizado en que el objeto generado se obtiene añadiendo y no quitando material. Están basadas en las llamadas Técnicas de Fabricación por Capas (Layer Manufacturing Technologies).

Realidad Virtual: Tecnología que permite la participación inmersiva e interactiva en ambientes generados por ordenador mediante modelización y simulación de una realidad, mediante el uso interactivo de dispositivos que envían y reciben información, reemplazando o alterando los estímulos sensoriales recibidos.

Robots pick&place (coger y colocar): es un sencillo robot con uno, dos o tres grados de libertad, que transporta artículos de un lugar a otro mediante movimientos punto a punto. Prácticamente no es posible el control de la trayectoria.

Visión Artificial: Deducción automática de las estructuras y propiedades de un entorno tridimensional, estático o dinámico, a partir de una o varias imágenes bidimensionales de él.

A.2. FORMULARIO DE LA ENCUESTA

INSTRUCCIONES

Todas las preguntas son de respuesta múltiple mientras no se diga lo contrario.
El orden de las preguntas es en el sentido de la lectura, salvo que se señale un salto.
Una respuesta en blanco se entenderá como “no sabe / no contesta”.
Los grandes apartados de la encuesta son:

- CAD: Utilización del CAD
Percepción del CAD (Empresas no usuarias)
- CAE: Utilización del CAE internamente en la empresa
Utilización del CAE externamente fuera de la empresa
Percepción del CAE (Empresas no usuarias)
Necesidades CAE (Todas las empresas)
- General: Relaciones con Centros Tecnológicos (Todas las empresas)
Uso de otras tecnologías de fabricación (Todas las empresas)

VALIDACIÓN DE LA EMPRESA

C1. ¿Cuál es su puesto en la empresa? (Respuesta única)

Responsable de la oficina técnica	<input type="checkbox"/>
Responsable de los procesos de diseño	<input type="checkbox"/>
Responsable informático	<input type="checkbox"/>
Responsable de administración	<input type="checkbox"/>
Gerente	<input type="checkbox"/>
Otro	<input type="checkbox"/>

(si Otro) ¿Cuál? .. _____

C2. ¿Según el nº total de empleados del último año –fijos y eventuales– su empresa en que grupo se encuadra? (media anual). (Respuesta única)

De 10 a 49	<input type="checkbox"/>
De 50 a 99	<input type="checkbox"/>
De 100 a 249	<input type="checkbox"/>

Nota: Empresas de menos de 10 empleados y más de 249 no son válidas.

C3. Describa brevemente cuál es la **actividad principal** de su empresa

Descripción: _____

*Nota: Empresas que no hacen una actividad "Industrial" no son válidas. Deben tener un proceso de producción, fabricación o montaje. Empresas **sólo** comercializadoras, o de servicios no son válidas.*

C4. ¿Qué material predomina en los procesos de fabricación de su empresa? (Resp. única)

Materiales Metálicos	<input type="checkbox"/>
Plástico	<input type="checkbox"/>
Madera	<input type="checkbox"/>
Otros	<input type="checkbox"/>

C5. ¿Su empresa realiza en Galicia el proceso de diseño de producto?

No Sí

CAD. UTILIZACIÓN DEL CAD. (TODAS LAS EMPRESAS)

C6. ¿Su empresa utiliza Diseño Asistido por Ordenador "CAD"?

Nota: A fin se simplificar, al "Diseño Asistido por Ordenador" le llamaremos "CAD".

No (Ir a **C16**) Sí (Continuar)

CAD. CARACTERÍSTICAS DEL CAD. (EMPRESAS QUE USAN CAD)

C7. ¿En que año empezó a usar el CAD ?

Año: _____

C8. ¿Qué tipo de CAD utiliza?

En dos dimensiones (2D)	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
En tres dimensiones (3D)	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

C9. ¿Qué software de CAD utiliza?

Pro/Engineer	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Catia	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Ideas-Unigraphics	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
SolidEdge	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
SolidWorks	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Microstation	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
AutoCad	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Otros	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

C10. ¿Utiliza algún **módulo** del software de CAD que sea **específico para su sector** o actividad?

No Sí

C11. ¿Cuántos ordenadores utilizan para el CAD?

Nº: _____

C12. ¿Cuál es el porcentaje de utilización del CAD respecto a aquellas actividades de la empresa donde el CAD podría aplicarse?.

Porcentaje: _____ %

C13. ¿Qué nivel de satisfacción tienen en el uso del CAD en la empresa? 0-nula y 10-máxima.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

C14. ¿Cómo cree que evolucionará el uso del CAD por la empresa a corto plazo en 1 ó 2 años ?
(Respuesta única).

- Disminuirá Se mantendrá Aumentará

C15. ¿Utilizó en el último año algún servicio de CAD de alguna otra empresa o entidad?

- No (Ir a **C21**) Sí (Ir a **C21**)

CAD. PERCEPCIÓN DE EMPRESAS NO USUARIAS. (EMPRESAS QUE NO USAN CAD)

C16. ¿En qué plazo cree que instalará CAD? (Resp. única)

no se lo han planteado	<input type="checkbox"/>
antes de 1 año	<input type="checkbox"/>
de 1 a 2 años	<input type="checkbox"/>
más de 2 años	<input type="checkbox"/>
nunca	<input type="checkbox"/>

C17. ¿Cree que la empresa se beneficiaría con el CAD?

- No Sí

C18. ¿Por qué motivos no usa el CAD?.

Desconoce el CAD o necesita más información	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
No es aplicable o útil para la empresa	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
No es rentable o por coste	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Por falta de tiempo, no es el momento, o hay otras prioridades	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Existe resistencia dentro de la empresa	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Faltan servicios de apoyo a la implantación	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Falta personal apropiado en el mercado laboral	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Otro	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

C19. (Si no es rentable o por coste) ¿Qué coste le parece alto?

El ordenador (hardware)	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
El programa software	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
El coste de personal	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Otros costes	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

C20. ¿Usaron anteriormente en algún momento CAD?

- No Sí

CAD. USO DE SERVICIOS. (TODAS LAS EMPRESAS)

C21. ¿Cuáles de estos servicios de CAD demandaría su empresa?

Información o asesoramiento sobre la aplicabilidad a la empresa	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Selección o validación de software	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
La implantación inicial del software	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
La realización del diseño o desarrollo del producto	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Formación	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Otro	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

(Sí Otro) ¿Cuál? .. _____

CAE. UTILIZACIÓN DEL CAE

C22. ¿Utilizan aplicaciones de **cálculo, análisis o simulación por ordenador aplicados a productos y procesos**? El uso se entiende tanto interno en la empresa como externamente, mediante colaboración o contratación de servicios con otras entidades. Estas aplicaciones también se conocen como Ingeniería Asistida por Ordenador "CAE".

No (Ir a **C51**) Sí

Nota: A partir de aquí y para simplificar, a las aplicaciones de cálculo, análisis, simulación o ingeniería por ordenador se les llamará "CAE".

CAE. CARACTERÍSTICAS DEL CAE. (EMPRESAS QUE USAN CAE INTERNAMENTE O EXTERNAMENTE)

C23. ¿En que año empezó a usar el CAE?

Año: _____

C24. ¿Cuál fue el principal desencadenante del uso del CAE? (Respuesta única)

Iniciativa de la empresa	<input type="checkbox"/>
Imposición del mercado, clientes o competidores	<input type="checkbox"/>
Otros	<input type="checkbox"/>

C25. ¿Qué tipo de cálculos, análisis o simulaciones realizan?

Mecánicos o Estructurales	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Térmicos o Termodinámicos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Acústicos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Electromagnéticos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
De fluidos: gases, líquidos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
De circuitos electrónicos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Del proceso de fabricación: inyección, estampación, forja, etc	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Otros	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

C26. ¿Para qué realizan estos análisis?

Para el diseño y validación de producto	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Para el diseño o validación del proceso de fabricación	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Para ergonomía y seguridad	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Para la gestión de la producción	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

C27. ¿Qué grado de confianza tiene en los resultados del CAE?

Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
<input type="checkbox"/>				

C28. ¿Realizó validaciones experimentales de los resultados obtenidos con el CAE?

No (Ir a **C29**) Sí (Continuar)

C29. (Si realizó validaciones) ¿En qué casos?

En casos sencillos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
En un caso concreto	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Otros casos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

(Ir a **C30**)

C30. (Si no realizó validaciones) ¿Por qué razones no hace validaciones?

El software es estándar en el sector.	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
El software está impuesto por los clientes.	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
El software está validado por una entidad (Centro Tecnológico, Asociación...)	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
No sabía que fuera necesario.	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Otras	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

C31. ¿Qué nivel de mejoras tuvo por el uso del CAE?

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Reducir el tiempo de diseño	<input type="checkbox"/>				
Mejorar la fabricación	<input type="checkbox"/>				
Reducir los rechazos de los productos	<input type="checkbox"/>				
Reducir costes	<input type="checkbox"/>				
Mejorar la calidad	<input type="checkbox"/>				
Mejorar la integración de los procesos	<input type="checkbox"/>				
Otros	<input type="checkbox"/>				

C32. ¿Qué limitaciones tienen en el uso del CAE?

Es difícil identificar u obtener los parámetros necesarios	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
El bloqueo de ordenadores para usarse en otras tareas	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
El software es complejo o falta información sobre como funciona	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
El software no se adapta a las necesidades	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Falta personal formado interno o externo o servicios de apoyo	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Se necesita mucho tiempo para obtener resultados tangibles	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Es demasiado caro para los retornos obtenidos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Otros	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

C33. ¿Cuál es el porcentaje de utilización del CAE respecto las actividades de la empresa donde el CAE podría aplicarse?.

Porcentaje: _____ %

C34. ¿Qué nivel de satisfacción tienen en el uso del CAE en la empresa?. 0-nula y 10-máxima.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

C35. ¿Cómo cree que evolucionará el uso del CAE por la empresa a corto plazo en 1 ó 2 años ?

Disminuirá Se mantendrá Aumentará

C36. ¿Qué formación tienen las personas dedicadas al CAD o CAE?

Formación profesional	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Formación media	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Formación superior	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Otra	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

C37. ¿Qué importancia tiene el CAE en las actividades de diseño y fabricación de la empresa?

Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
<input type="checkbox"/>				

CAE. CARACTERISTICAS DEL USO INTERNO (EMPRESAS QUE USAN CAE INTERNAMENTE)

*Nota: Las próximas preguntas son del uso del CAE **internamente** en la empresa*

C39. ¿ De dónde procede su principal proveedor de la solución CAE? (Resp. única)

Galicia	<input type="checkbox"/>
Resto de España	<input type="checkbox"/>
Resto de Europa	<input type="checkbox"/>
Resto del mundo	<input type="checkbox"/>

C40. ¿Qué tipo de software utiliza para hacer CAE dentro de la empresa?

Software CAE específico adaptado al problema a solucionar	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Software CAE genérico, no adaptado para una actividad o problema concreto.	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Software de desarrollo propio	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Módulos de los paquetes de Diseño por Ordenador	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Otro	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

C41. ¿Qué tipo ordenadores o servicios usan para realizar el CAE?

Ordenadores personales o Estaciones de trabajo	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Servidores	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Grandes ordenadores	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Cluster de PCs	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Externalizan la ejecución del cálculo	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Utilizan aplicaciones instaladas fuera de la empresa (ASP)	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

C42. ¿ Con que frecuencia utiliza el CAE? (Resp. única)

Diariamente (todo el día o varias veces al día)	<input type="checkbox"/>
Semanalmente (una vez o varias veces)	<input type="checkbox"/>
Mensualmente (una vez o varias veces)	<input type="checkbox"/>
Anualmente (una vez o varias veces)	<input type="checkbox"/>

C43. ¿Algún ordenador usado en CAE se usa también para otras aplicaciones diferentes?

No Sí

C44. ¿Qué grado de satisfacción tienen en el uso del CAE **internamente** en la empresa?. 0-nula y 10-máxima.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

C45. Si necesitase apoyo externo en el área CAE, ¿Contratarían realizar alguna actividad de CAE externamente a la empresa, bien a algún Centro Tecnológico, Universidad, o Empresa?

No (Ir a **C47**) Sí (Continuar)

C46. (Si contrataría) ¿A qué entidad preferiría contratar ? (Resp. única)

a un Centro Tecnológico	<input type="checkbox"/>
a una Universidad	<input type="checkbox"/>
a una Empresa	<input type="checkbox"/>

CAE. CARACTERÍSTICAS DEL USO EXTERNO. (EMPRESAS QUE USAN CAE EXTERNAMENTE)

C47. ¿Usa aplicaciones CAE **externamente**, mediante colaboración o contratación de servicios con otras entidades?

No (Ir a **C60**) Sí (Continuar)

Nota: Las próximas preguntas son del uso del CAE externamente, mediante colaboración o contratación de servicios con otras entidades.

C48. ¿Con que entidades externas realizan CAE?

Centros Tecnológicos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
La Universidad	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Empresas especializadas en CAE	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Otras empresas.	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

C49. ¿De dónde son estas entidades?

Galicia	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Resto de España	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Resto de Europa	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Resto del mundo	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

C50. ¿Qué grado de satisfacción tienen con el uso del CAE externamente con otras entidades?.
0-nula y 10-máxima.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(Ir a **C60**)

CAE. PERCEPCION DE EMPRESAS NO USUARIAS. (EMPRESAS QUE NO USAN CAE)

C51. ¿Recibieron en la empresa alguna información comercial directa –visita, presentación de productos, etc.– sobre las posibilidades de las soluciones CAE?

No Sí

C52. ¿En el caso de aplicar el CAE para la empresa, que modalidad preferiría? (Resp. Única)

Uso externo, contratando servicios CAE con otra entidad	<input type="checkbox"/>
Uso interno integrando el CAE dentro de la empresa	<input type="checkbox"/>

C53. ¿En qué plazo cree que instalarán CAE? (Resp. única)

no se lo han planteado	<input type="checkbox"/>
antes de 1 año	<input type="checkbox"/>
de 1 a 2 años	<input type="checkbox"/>
más de 2 años	<input type="checkbox"/>
nunca	<input type="checkbox"/>

C54. ¿Cree que la empresa se beneficiaría con el CAE?

No Sí

C55. ¿Por qué motivos no usa CAE?

Desconoce el CAE o necesita más información	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
No es aplicable o útil para la empresa	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
No es rentable o por coste	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Por falta de tiempo, no es el momento, o hay otras prioridades	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Existe resistencia dentro de la empresa	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Faltan servicios de apoyo a la implantación	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Falta personal apropiado en el mercado laboral	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Otras	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

C56. (Si no es rentable) ¿Qué coste le parece alto?

El ordenador (hardware)	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
El programa (software)	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
El coste de personal	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
El coste global	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

C57. ¿Usaron anteriormente en algún momento CAE?

No (Ir a **C60**) Sí

C58. (Sí usaron anteriormente CAE) ¿Por qué dejaron de utilizar el CAE?

No era aplicable o útil	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
No era rentable o por coste	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
No teníamos tiempo para utilizarlo	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
No encontramos personal formado para usarlo	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Otro	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

C59. (Sí no era rentable o por coste) ¿Qué coste le parecía alto?

El ordenador (hardware)	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
El programa (software)	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
El coste de personal	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
El coste global	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

CAE. NECESIDADES. (TODAS LAS EMPRESAS)

C60. ¿Qué necesidades en el área de CAE cree que tiene su empresa?

Información o asesoramiento sobre la aplicabilidad a la empresa	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Formación	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Selección o validación de software	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
En la implantación inicial del software	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
En la parametrización y definición del problema en el CAE	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
En el cálculo o ejecución del CAE o la simulación	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Otra	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

(Si Otra) ¿Cuál? _____

C61. (Si necesita formación) ¿Qué tipo de formación necesita en temas de CAE?

En los fundamentos teóricos de los programas	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
En el uso de programas	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Otra	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

GENERAL. RELACIONES CON LOS CENTROS TECNOLÓGICOS. (TODAS LAS EMPRESAS)

Nota: Las siguientes preguntas son para cualquier tipo de actividades no solo CAD o CAE.

C62. ¿De cuales de los siguientes Centros Tecnológicos de Galicia conoce sus actividades?

Centro de Innovación e Servicios: CIS-Galicia	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Centro Tecnológico Armando Priegue: AIMEN	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Centro de Supercomputación de Galicia: CESGA	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Centro de Innovación e Servicios Tecnolóxias da Madeira: CIS-Madeira	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Centro Tecnológico del Mar: CETMAR	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Centro Técnico de Conservación de Productos de la Pesca: ANFACO	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Centro Tecnolóxico da Automoción de Galicia: CTAG	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Centro Tecnolóxico Gallego de Acuicultura: CETGA	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Instituto de Cerámica de Galicia	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Instituto de Electrónica Aplicada	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

C63. (Si conoce alguno) ¿Contactó con algún centro para realizar alguna actividad?

No (Ir a **C65**) Sí

C64. (Si contactó con alguno) ¿Realizó con alguno de ellos alguna actividad?

No Sí

CAD Y CAE. OTRAS TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN. (TODAS LAS EMPRESAS)

C65. ¿Qué otras tecnologías de fabricación utilizan actualmente en su empresa?

Mecanizado asistido por ordenador (CAM)	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Máquinas de control numérico (NC/CNC)	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Células o sistemas de fabricación flexible (FMC/FMS)	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Láser para el tratamiento de material (soldadura, corte, etc)	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Otras tecnologías avanzadas de corte diferentes del láser	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Robots de coger y colocar (Pick and Place)	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Otros robots más complejos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Fabricación integrada por ordenador (CIM)	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Software de gestión de ciclo de vida de producto (PLM)	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Software de simulación de instalaciones y procesos productivos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Visión artificial	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Realidad virtual	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Prototipado rápido	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Ingeniería inversa	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Usan la salida del CAD para la compra o el aprovisionamiento	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí
Otras	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí

GENERAL. CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA Y CONTACTO (TODAS LAS EMPRESAS)

C66. ¿Cuántos trabajadores tuvo su empresa en el último año (media anual de fijos y eventuales)?

Nº: _____

C67. ¿Le interesa recibir los principales resultados de la encuesta por correo electrónico?

No (Ir a **C69**) Sí

C68. (Si le interesa recibir los resultados) ¿Podría darnos su dirección de correo electrónico?

Correo electrónico: _____ Nombre del destinatario: _____

C69. ¿Llegado el momento le importaría asistir a una mesa trabajo con otras empresas para debatir la problemática del uso del CAE? (Aproximadamente un par de horas de duración).

No Sí

C70. ¿A qué **sector industrial** pertenece su empresa? (Resp. única).

Alimentación, bebidas	<input type="checkbox"/>
Textil, confección, peletería, cuero	<input type="checkbox"/>
Madera y muebles	<input type="checkbox"/>
Química, plásticos y caucho	<input type="checkbox"/>
Minerales no metálicos: granito, cerámica, cemento,...	<input type="checkbox"/>
Metalurgia, productos metálicos, maquinaria y equipos mecánicos	<input type="checkbox"/>
Vehículos de motor, remolques y semiremolques	<input type="checkbox"/>
Otros transportes: naval, barcos, aeronautica, ferroviario,...	<input type="checkbox"/>
Otras industrias: papel, artes gráficas, material eléctrico y electrónico,...	<input type="checkbox"/>

C71. ¿ En qué provincia está la sede principal de su empresa? (Resp. única)

Coruña	<input type="checkbox"/>
Lugo	<input type="checkbox"/>
Ourense	<input type="checkbox"/>
Pontevedra	<input type="checkbox"/>

A.3 DESCRIPCIÓN PORMENORIZADA DE LAS ACTIVIDADES ASOCIADAS A LOS GRUPOS DE LOS SECTORES

CNAE: 15, 16. ALIMENTACIÓN, BEBIDAS Y TABACO

15.- INDUSTRIA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS Y BEBIDAS

- 151 Industria cárnica
 - 1511 Sacrificio de ganado y conservación de carne
 - 1512 Sacrificio y conservación de volatería
 - 1513 Fabricación de productos cárnicos
- 152 Elaboración y conservación de pescados y productos a base de pescado
 - 1520 Elaboración y conservación de pescados y productos a base de pescado
- 153 Preparación y conservación de frutas y hortalizas
 - 1531 Preparación y conservación de patatas
 - 1532 Fabricación de jugos de frutas y hortalizas
 - 1533 Fabricación de conservas de frutas y hortalizas
- 154 Fabricación de grasas y aceites (vegetales y animales)
 - 1541 Fabricación de aceites y grasas sin refinar
 - 1542 Fabricación de aceites y grasas refinadas
 - 1543 Fabricación de margarina y grasas comestibles similares
- 155 Industrias lácteas
 - 1551 Fabricación de productos lácteos
 - 1552 Elaboración de helados
- 156 Fabricación de productos de molinería, almidones y productos amilíceos
 - 1561 Fabricación de productos de molinería
 - 1562 Fabricación de almidones y productos amilíceos
- 157 Fabricación de productos para la alimentación animal
 - 1571 Fabricación de productos para la alimentación de animales de granja
 - 1572 Fabricación de productos para la alimentación de animales de compañía

- 158 Fabricación de otros productos alimenticios
 - 1581 Fabricación de pan y productos de panadería y pastelería frescos
 - 1582 Fabricación de galletas y de productos de panadería y pastelería de larga duración
 - 1583 Industria del azúcar
 - 1584 Industria del cacao, chocolate y confitería
 - 1585 Fabricación de pastas alimenticias
 - 1586 Elaboración de café, té, infusiones
 - 1587 Elaboración de especias, salsas y condimentos
 - 1588 Elaboración de preparados para la alimentación infantil y preparados dietéticos
 - 1589 Elaboración de otros productos alimenticios
- 159 Elaboración de bebidas
 - 1591 Destilación de bebidas alcohólicas
 - 1592 Destilación de alcohol etílico procedente de fermentación
 - 1593 Elaboración de vinos
 - 1594 Elaboración de sidra y otras bebidas fermentadas a partir de frutas
 - 1595 Elaboración de otras bebidas no destiladas procedentes de fermentación
 - 1596 Fabricación de cerveza
 - 1597 Fabricación de malta
 - 1598 Producción de aguas minerales y bebidas alcohólicas

16.- INDUSTRIA DEL TABACO

- 160 Industria del tabaco
 - 1600 Industria del tabaco

CNAE: 17, 18, 19. INDUSTRIA TEXTIL, CONFECCIÓN, CUERO Y CALZADO

17.- FABRICACIÓN DE TEXTILES Y PRODUCTOS TEXTILES

- 171 Preparación e hilado de fibras textiles
 - 1711 Preparación e hilado de fibras de algodón y sus mezclas
 - 1712 Preparación e hilado de fibras de lana cardada y sus mezclas
 - 1713 Preparación e hilado de fibras de lana peinada y sus mezclas
 - 1714 Preparación e hilado de fibras de lino y sus mezclas
 - 1715 Torcido y preparación de la seda. Torcido y textura de filamentos sintéticos y artificiales
 - 1716 Fabricación de hilo de coser
 - 1717 Preparación e hilado de otras fibras textiles

- 172 Fabricación de tejidos textiles
 - 1721 Fabricación de tejidos de algodón y sus mezclas
 - 1722 Fabricación de tejidos de lana cardada y sus mezclas
 - 1723 Fabricación de tejidos de lana peinada y sus mezclas
 - 1724 Fabricación de tejidos de seda
 - 1725 Fabricación de otros tejidos textiles
- 173 Acabado de textiles
 - 1730 Acabado de textiles
- 174 Fabricación de otros artículos confeccionados con textiles, excepto prendas de vestir
 - 1740 Fabricación de otros artículos confeccionados con textiles, excepto prendas de vestir
- 175 Otras industrias textiles
 - 1751 Fabricación de alfombras y moquetas
 - 1752 Fabricación de cuerdas, cordeles, bramantes y redes
 - 1753 Fabricación de telas no tejidas y artículos confeccionados con éstas, excepto prendas de vestir
 - 1754 Fabricación de otros artículos textiles
- 176 Fabricación de tejidos de punto
 - 1760 Fabricación de tejidos de punto
- 177 Fabricación de artículos en tejidos de punto
 - 1771 Fabricación de calcetería
 - 1772 Fabricación de otros artículos en tejidos de punto

18.- INDUSTRIA DE LA CONFECCIÓN Y DE LA PELETERÍA

- 181 Confección de prendas de cuero
 - 1810 Confección de prendas de cuero
- 182 Confección de prendas de vestir textiles y accesorios
 - 1821 Confección de prendas de trabajo
 - 1822 Confección de otras prendas exteriores
 - 1823 Confección de ropa interior
 - 1824 Confección de otras prendas de vestir y accesorios
- 183 Preparación y tejido de pieles de peletería; fabricación de artículos de peletería
 - 1830 Preparación y tejido de pieles de peletería; fabricación de artículos de peletería

**19.- PREPARACIÓN, CURTIDO Y ACABADO DEL CUERO;
FABRICACIÓN DE ARTÍCULOS DE MARROQUINERÍA Y VIAJE.
ARTÍCULOS DE GUARNICIONERÍA, TALABARTERÍA Y ZAPATERÍA**

- 191 Preparación, curtido y acabado del cuero
 - 1910 Preparación, curtido y acabado del cuero
- 192 Fabricación de artículos de marroquinería y viaje, artículos de guarnicionería y talabartería
 - 1920 Fabricación de artículos de marroquinería y viaje, artículos de guarnicionería y talabartería
- 193 Fabricación de calzado
 - 1930 Fabricación de calzado

CNAE: 20, 36.1 . MADERA Y CORCHO

**20.- INDUSTRIA DE LA MADERA Y DEL CORCHO, EXCEPTO
MUEBLES, CESTERÍA Y ESPARTERÍA**

- 201 Aserrado y cepillado de la madera; Preparación industrial de la madera
 - 2010 Aserrado y cepillado de la madera; Preparación industrial de la madera
- 202 Fabricación de chapas, tableros contrachapados, alistonados, de partículas aglomeradas, de fibras y otros tableros y paneles
 - 2020 Fabricación de chapas, tableros contrachapados, alistonados, de partículas aglomeradas, de fibras y otros tableros y paneles
- 203 Fabricación de estructuras de madera y piezas de carpintería y ebanistería para la construcción
 - 2030 Fabricación de estructuras de madera y piezas de carpintería y ebanistería para la construcción
- 204 Fabricación de envases y embalajes de madera
 - 2040 Fabricación de envases y embalajes de madera
- 205 Fabricación de otros productos de madera. Fabricación de productos de corcho, cestería y espartería
 - 2051 Fabricación de otros productos de madera
 - 2052 Fabricación de productos de corcho, cestería y espartería

36.1.- FABRICACIÓN DE MUEBLES

- 361 Fabricación de muebles
 - 3611 Fabricación de sillas y otros asientos
 - 3612 Fabricación de muebles de oficina y establecimientos comerciales

- 3613 Fabricación de muebles de cocina y baño
- 3614 Fabricación de otros muebles
- 3615 Fabricación de colchones

GNAE: 24. INDUSTRIA QUÍMICA, CAUCHO Y PLÁSTICO

24.- INDUSTRIA QUÍMICA

- 241 Fabricación de productos químicos básicos
 - 2411 Fabricación de gases industriales
 - 2412 Fabricación de colorante y pigmentos
 - 2413 Fabricación de productos básicos de química inorgánica
 - 2414 Fabricación de productos básicos de química orgánica
 - 2415 Fabricación de abonos y compuestos nitrogenados fertilizantes
 - 2416 Fabricación de primeras materias plásticas
 - 2417 Fabricación de caucho sintético en forma primaria
- 242 Fabricación de pesticidas y otros productos agro químicos
 - 2420 Fabricación de pesticidas y otros productos agro químicos
- 243 Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares; Tintas de imprenta y masillas
 - 2430 Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares; Tintas de imprenta y masillas
- 244 Fabricación de productos farmacéuticos
 - 2441 Fabricación de productos farmacéuticos de base
 - 2442 Fabricación de preparaciones farmacéuticas y otros productos farmacéuticos de uso medicinal
- 245 Fabricación de jabones
 - 2451 Fabricación de jabones detergentes y otros artículos de limpieza y abrillantamiento
 - 2452 Fabricación de perfumes y productos de belleza e higiene
- 246 Fabricación de otros productos químicos
 - 2461 Fabricación de explosivos y artículos pirotécnicos
 - 2462 Fabricación de colas y gelatinas
 - 2463 Fabricación de aceites esenciales
 - 2464 Fabricación de material fotográfico virgen y preparados químicos para fotografía
 - 2465 Fabricación de soportes vírgenes para grabación
 - 2466 Fabricación de otros productos químicos
- 247 Fabricación de fibras artificiales y sintéticas
 - 2470 Fabricación de fibras artificiales y sintéticas

**25.- FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE CAUCHO Y MATERIAS
PLÁSTICAS**

- 251 Fabricación de productos de caucho
 - 2511 Fabricación de neumáticos y cámaras de caucho
 - 2512 Reconstrucción y recauchutado de neumáticos
 - 2513 Fabricación de otros productos de caucho
- 252 Fabricación de productos de materias plásticas
 - 2521 Fabricación de placas hojas, tubos y perfiles de materias plásticas
 - 2522 Fabricación de envases y embalajes de materias plásticas
 - 2523 Fabricación de productos de materias plásticas para la construcción
 - 2524 Fabricación de otros productos de materias plásticas

CNAE: 26. PRODUCTOS MINERALES NO METÁLICOS DIVERSOS

**26.- FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS DE MINERALES NO
METÁLICOS**

- 261 Fabricación de vidrio y productos de vidrio
 - 2611 Fabricación de vidrio plano
 - 2612 Manipulado y transformación de vidrio plano
 - 2613 Fabricación de vidrio hueco
 - 2614 Fabricación de fibra de vidrio
 - 2615 Fabricación y manipulado de otro vidrio (incluido el vidrio técnico)
- 262 Fabricación de productos cerámicos no refractarios excepto los destinados a la construcción; fabricación de productos cerámicos refractarios
 - 2621 Fabricación de artículos cerámicos de uso doméstico y ornamental
 - 2622 Fabricación de aparatos sanitarios cerámicos
 - 2623 Fabricación de aisladores y piezas aislantes de material cerámico
 - 2624 Fabricación de otros productos cerámicos de uso técnico
 - 2625 Fabricación de otros productos cerámicos
 - 2626 Fabricación de productos cerámicos refractarios
- 263 Fabricación de azulejos y baldosas de cerámica
 - 2630 Fabricación de azulejos y baldosas de cerámica
- 264 Fabricación de ladrillos, tejas y productos de tierras cocidas para la construcción
 - 2640 Fabricación de ladrillos, tejas y productos de tierras cocidas para la construcción
- 265 Fabricación de cemento, cal y yeso
 - 2651 Fabricación de cemento
 - 2652 Fabricación de cal

- 2653 Fabricación de yeso
- 266 Fabricación de elementos de hormigón, yeso y cemento
 - 2661 Fabricación de elementos de hormigón para la construcción
 - 2662 Fabricación de elementos de yeso para la construcción
 - 2663 Fabricación de hormigón fresco
 - 2664 Fabricación de mortero
 - 2665 Fabricación de fibrocemento
 - 2666 Fabricación de otros productos de hormigón, yeso y cemento
- 267 Industria de la piedra
 - 2670 Industria de la piedra
- 268 Fabricación de productos minerales no metálicos diversos
 - 2681 Fabricación de productos abrasivos
 - 2682 Fabricación de otros productos minerales no metálicos

CNAE: 27, 28, 29. METALURGIA

27.- METALURGIA

- 271 Fabricación de productos básicos de hierro, acero y ferroaleaciones (CECA)
 - 2710 Fabricación de productos básicos de hierro, acero y ferroaleaciones (CECA)
- 272 Fabricación de tubos
 - 2721 Fabricación de tubos de hierro
 - 2722 Fabricación de tubos de acero
- 273 Otras actividades de la transformación del hierro y del acero y producción de ferroaleaciones no CECA y otros procesos de transformación del hierro y del acero
 - 2731 Estirado en frío
 - 2732 Laminado en frío
 - 2733 Producción de perfiles en frío por conformación con plegado
 - 2734 Trefilado en frío
 - 2735 Producción de ferroaleaciones no CECA y otros procesos de transformación del hierro y del acero
- 274 Producción y primera transformación de metales preciosos y de otros metales no férreos
 - 2741 Producción y primera transformación de metales preciosos
 - 2742 Producción y primera transformación de aluminio
 - 2743 Producción y primera transformación de plomo, zinc y estaño
 - 2744 Producción y primera transformación de cobre
 - 2745 Producción y primera transformación de otros metales no férreos

- 275 Fundición de metales
 - 2751 Fundición de hierro
 - 2752 Fundición de acero
 - 2753 Fundición de metales ligeros
 - 2754 Fundición de otros metales no féreos

**28.- FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS, EXCEPTO
MAQUINARÍA Y EQUIPO**

- 281 Fabricación de elementos metálicos para la construcción
 - 2811 Fabricación de estructuras metálicas y sus partes
 - 2812 Fabricación de carpintería metálica
- 282 Fabricación de cisternas, grandes depósitos y contenedores de metal.
Fabricación de radiadores y calderas para la calefacción central
 - 2821 Fabricación de cisternas, grandes depósitos y contenedores de metal
 - 2822 Fabricación de radiadores y calderas para calefacción central
- 283 Fabricación de generadores de vapor
 - 2830 Fabricación de generadores de vapor
- 284 Forja, estampación y embutición de metales; Metalurgia de polvos
 - 2840 Forja, estampación y embutición de metales; Metalurgia de polvos
- 285 Tratamiento y revestimiento de metales, ingeniería mecánica general por cuenta de terceros
 - 2851 Tratamiento y revestimiento de metales
 - 2852 Ingeniería mecánica general por cuenta de terceros
- 286 Fabricación de artículos de cuchillería y cubertería, herramientas y ferretería
 - 2861 Fabricación de artículos de cuchillería y cubertería
 - 2862 Fabricación de herramientas y de útiles intercambiables para máquinas-herramienta
 - 2863 Fabricación de cerraduras y herrajes
- 287 Fabricación de productos metálicos diversos, excepto muebles
 - 2871 Fabricación de bidones y toneles de hierro o acero
 - 2872 Fabricación de envases y embalajes ligeros en metal
 - 2873 Fabricación de productos de alambre
 - 2874 Fabricación de pernos, tornillos, cadenas y muebles
 - 2875 Fabricación de otros productos metálicos

**29.- INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO
MECÁNICO**

- 291 Fabricación de máquinas, equipo y material mecánico

- 2911 Fabricación de motores y turbinas, excepto los destinados a aeronaves, vehículos
- 2912 Fabricación de bombas, compresores y sistemas hidráulicos
- 2913 Fabricación de válvulas y grifería
- 2914 Fabricación de cojinetes, engranajes y órganos mecánicos de transmisión
- 292 Fabricación de otra maquinaria, equipo y material mecánico de uso general
 - 2921 Fabricación de hornos y quemadores
 - 2922 Fabricación de maquinaria de elevación y manipulación
 - 2923 Fabricación de maquinaria de ventilación y refrigeración no domestica
 - 2924 Fabricación de otra maquinaria de uso general
- 293 Fabricación de maquinaria agraria
 - 2931 Fabricación de tractores agrícolas
 - 2932 Fabricación de otra maquinaria agraria
- 294 Fabricación de máquinas-herramienta
 - 2940 Fabricación de máquinas-herramienta
- 295 Fabricación de maquinaria diversa para usos específicos
 - 2951 Fabricación de maquinaria para la industria metalúrgica
 - 2952 Fabricación de maquinaria para las industrias extractivas y de la construcción
 - 2953 Fabricación de maquinaria para la industria de la alimentación, bebidas y tabaco
 - 2954 Fabricación de maquinaria para la industria textil, de la confección y del cuero
 - 2955 Fabricación de maquinaria para la industria del papel y del cartón
 - 2956 Fabricación de otra maquinaria para usos específicos
- 296 Fabricación de armas y municiones
 - 2960 Fabricación de armas y municiones
- 297 Fabricación de aparatos domésticos
 - 2971 Fabricación de aparatos electrodomésticos
 - 2972 Fabricación de aparatos domésticos no eléctricos

GNAE: 34. VEHÍCULOS CON O SIN MOTOR

34.- FABRICACIÓN DE VEHÍCULOS DE MOTOR, REMOLQUES Y SEMIRREMOLQUES

- 341 Fabricación de vehículos de motor
 - 3410 Fabricación de vehículos de motor
- 342 Fabricación de carrocerías para vehículos de motor, de remolques y semirremolques

- 3420 Fabricación de carrocerías para vehículos de motor, de remolques y semirremolques
- 343 Fabricación de partes, piezas y accesorios no eléctricos para vehículos de motor y sus motores
 - 3430 Fabricación de partes, piezas y accesorios no eléctricos para vehículos de motor y sus motores

CNAE: 35. OTRO TRANSPORTE

35.- FABRICACIÓN DE OTRO MATERIAL DE TRANSPORTE

- 351 Construcción y reparación naval
 - 3511 Construcción y reparación de barcos (excepto recreo y deporte)
 - 3512 Construcción y reparación de embarcaciones de recreo y deporte
- 352 Fabricación de material ferroviario
 - 3520 Fabricación de material ferroviario
- 353 Construcción aeronáutica y espacial
 - 3530 Construcción aeronáutica y espacial
- 354 Fabricación de motocicletas y bicicletas
 - 3541 Fabricación de motocicletas
 - 3542 Fabricación de bicicletas
 - 3543 Fabricación de vehículos para inválidos
- 355 Fabricación de otro material de transporte
 - 3550 Fabricación de otro material de transporte

CNAE: 21, 22, 30, 31, 32, 33, 36 (MENOS 36.1), 37 OTROS

21.- INDUSTRIA DEL PAPEL

- 211 Fabricación de pasta papelera, papel y cartón
 - 2111 Fabricación de pasta papelera
 - 2112 Fabricación de papel y cartón
- 212 Fabricación de artículos de papel y de cartón
 - 2121 Fabricación de papel y cartón ondulados. Fabricación de envases y embalajes de papel y cartón
 - 2122 Fabricación de artículos de papel y cartón para uso doméstico y sanitario
 - 2123 Fabricación de artículos de papelería
 - 2124 Fabricación de papeles pintados
 - 2125 Fabricación de otros artículos de papel y cartón

22.- EDICIÓN, ARTES GRÁFICAS Y REPRODUCCIÓN DE SOPORTES GRABADOS

- 221 Edición
 - 2211 Edición de libros
 - 2212 Edición de periódicos
 - 2213 Edición de revistas
 - 2214 Edición de soportes se sonido grabado
 - 2215 Otras actividades de edición
- 222 Artes gráficas y actividades de los servicios relacionados con las mismas
 - 2221 Impresión de periódicos
 - 2222 Otras actividades de impresión
 - 2223 Encuadernación y acabado
 - 2224 Composición y fotograbado
 - 2225 Otras actividades gráficas
- 223 Reproducción de soportes grabados
 - 2231 Reproducción de soportes de sonido grabado
 - 2232 Reproducción de soportes de vídeo grabado
 - 2233 Reproducción de soportes de informática grabados

30.- FABRICACIÓN DE MÁQUINAS DE OFICINA Y EQUIPOS INFORMÁTICOS

- 300 Fabricación de máquinas de oficina y equipos informáticos
 - 3001 Fabricación de máquinas de oficina
 - 3002 Fabricación de ordenadores y otro equipo informático

31.- FABRICACIÓN DE MAQUINARIA Y MATERIAL ELÉCTRICO

- 311 Fabricación de motores eléctricos, transformadores y generadores
 - 3110 Fabricación de motores eléctricos, transformadores y generadores
- 312 Fabricación de aparatos de distribución y control eléctricos
 - 3120 Fabricación de aparatos de distribución y control eléctricos
- 313 Fabricación de hilos y cables eléctricos aislados
 - 3130 Fabricación de hilos y cables eléctricos aislados
- 314 Fabricación de acumuladores y pilas eléctricas
 - 3140 Fabricación de acumuladores y pilas eléctricas
- 315 Fabricación de lámparas eléctricas y aparatos de iluminación
 - 3150 Fabricación de lámparas eléctricas y aparatos de iluminación
- 316 Fabricación de otro equipo eléctrico

- 3161 Fabricación de material y equipo eléctrico para motores y vehículos
- 3162 Fabricación de otro equipo y material eléctrico

32.- FABRICACIÓN DE MATERIAL ELECTRÓNICO. FABRICACIÓN DE EQUIPO Y APARATOS DE RADIO, TELEVISIÓN Y COMUNICACIONES

- 321 Fabricación de válvulas, tubos y otros componentes electrónicos
 - 3210 Fabricación de válvulas, tubos y otros componentes electrónicos
- 322 Fabricación de transmisores de radiodifusión y televisión y de aparatos para la radiotelefonía y radiotelegrafía con hilos
 - 3220 Fabricación de transmisores de radiodifusión y televisión y de aparatos para la radiotelefonía y radiotelegrafía con hilos
- 323 Fabricación de aparatos de recepción, grabación y reproducción de sonido e imagen
 - 3230 Fabricación de aparatos de recepción, grabación y reproducción de sonido e imagen

33.- FABRICACIÓN DE EQUIPO E INSTRUMENTOS MEDICO-QUIRÚRGICOS, DE PRECISIÓN ÓPTICA Y RELOJERÍA

- 331 Fabricación de equipo e instrumentos médico-quirúrgicos y de aparatos ortopédicos
 - 3310 Fabricación de equipo e instrumentos médico-quirúrgicos y de aparatos ortopédicos
- 332 Fabricación de instrumentos y aparatos de medida, verificación, control, navegación y otros fines, excepto equipos de control para procesos industriales
 - 3320 Fabricación de instrumentos y aparatos de medida, verificación, control, navegación y otros fines, excepto equipos de control para procesos industriales
- 333 Fabricación de equipo de control de procesos industriales
 - 3330 Fabricación de equipo de control de procesos industriales
- 334 Fabricación de instrumentos de óptica y de equipo fotográfico
 - 3340 Fabricación de instrumentos de óptica y de equipo fotográfico
- 335 Fabricación de relojes
 - 3350 Fabricación de relojes

36 (MENOS 36.1).- OTRAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS

- 362 Fabricación de artículos de joyería, orfebrería, platería y artículos similares
 - 3621 Fabricación de monedas y medallas
 - 3622 Fabricación de artículos de joyería, orfebrería y platería
- 363 Fabricación de instrumentos musicales

- 3630 Fabricación de instrumentos musicales
- 364 Fabricación de artículos de deporte
 - 3640 Fabricación de artículos de deporte
- 365 Fabricación de juegos y juguetes
 - 3650 Fabricación de juegos y juguetes
- 366 Otras industrias manufactureras diversas
 - 3661 Fabricación de bisutería
 - 3662 Fabricación de escobas, brochas y cepillos
 - 3663 Fabricación de otros artículos

37.- RECICLAJE

- 371 Reciclaje de chatarra y desechos de metal
 - 3710 Reciclaje de chatarra y desechos de metal
- 372 Reciclaje de desechos no metálicos
 - 3720 Reciclaje de desechos no metálicos

