

# Aplicación de las tecnologías de la industria 4.0 al diseño y fabricación de productos artesanales



## Application of industry 4.0 technologies to the design and manufacturing of handicraft products



Bruno Alexandre<sup>1</sup>, Jorge Salguero<sup>2</sup>, María-Estela Peralta-Alvarez<sup>3</sup>, Francisco Aguayo-Gonzalez<sup>3</sup> y Enrique Ares<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Madeira. Facultad de Arte y Humanidades. Campus Universitario da Penteada – 9000 749 Funchal (Portugal). Tfno:+351 917 751686.

<sup>2</sup> Universidad de Cádiz. ESI. Dpto. Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial. Avda. Universidad de Cádiz, 10 – 11519 Campus Puerto Real. Tfno: +34 956 483222.

<sup>3</sup> Universidad de Sevilla. EPS. Dpto. Ingeniería del Diseño. C/ Virgen de África, 7 – 41011 Sevilla. Tfno: +34 954 552815.

<sup>4</sup> Universidad de Vigo. EEL. Dpto. Diseño en la Ingeniería. Campus Universitario Lagoas-Marcosende. Rúa Maxwell, s/n – 36310 Vigo. Tfno:+34 986 812189.

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8169> | Recibido: 04/10/2016 • Evaluado: 05/10/2016 • Aceptado: 28/12/2016

### ABSTRACT

• Considering as a starting point the principles that characterize the artisanal and industrial production systems, this article explore the mechanisms to promote interdisciplinary relationship between industrial designers, industrial manufacturers and artisans; the main objective is to enhance the knowledge for the development and consolidation of the craft activity. We propose a methodology which industrial facilitators 4.0 are incorporated into the craft technics using methods of engineering design, technological solutions of production and innovations respecting the identity values of craftsmanship. The best available techniques in the industry and emerging trends as Industry 4.0 or Factories of the future were analyzed; this analysis shows that some fundamentals, concepts and strategic plans can be applied to craft processes. These factors support a viable proximity between the three centers of industrial production, technological innovation and craftsmanship. The proposal, seeking to have an open, holistic approach, was developed through analysis and intervention phases, through enabling technologies 4.0. This methodology is structured in five phases, which sequenced the processes of analysis and intervention. This model allows the definition of a strategic plan for restructuring of the activity, providing the artisan upgrade skills to new media and industrial technologies, allowing the need to adapt theirs work to current market demands. The proposal has been validated through a qualitative research with collaborative tools conducted in the field of crafts of wicker in Madeira, Portugal.

• **Keywords:** Craftsman, Industry 4.0, CAx Technologies, Additive manufacturing, Enables technologies.

### RESUMEN

Considerando como punto de partida los principios que caracterizan el sistema productivo artesanal e industrial, en este artículo se exploran mecanismos que promuevan la relación interdisciplinar entre la artesanía y las ingenierías del diseño y de fabricación; el objetivo principal es potenciar los conocimientos para el desarrollo y la consolidación de la actividad artesanal.

Se propone una metodología que incorpora los facilitadores industriales 4.0 a la artesanía junto con técnicas de ingeniería del diseño, producción y las innovaciones tecnológicas respetando los valores identitarios de las actividades artesanales. Del análisis de las mejores técnicas disponibles en la industria y de sus tendencias emergentes como la Industria 4.0 o Fábricas del Futuro, se identifican fundamentos, conceptos y planes estratégicos que pueden

ser aplicados: estos factores sustentan una proximidad viable entre los tres núcleos de la producción industrial, la innovación tecnológica y la artesanía.

La propuesta se formula con un enfoque abierto y holístico, permitiendo potenciar los principios característicos de la actividad artesanal adaptando para esta los procedimientos de desarrollo industrial a través de facilitadores digitales 4.0; la metodología está estructurada en cinco fases que secuencian los procesos de análisis e intervención. Este modelo permite la definición de un plan estratégico de re-estructuración de la actividad, proporcionando al artesano las facultades de actualización a través de los nuevos medios y tecnologías industriales, facilitando su adaptación a las exigencias de mercado actuales. La propuesta ha sido validada a través de un proyecto piloto teniendo en cuenta una investigación cualitativa mediante metodologías participativas en el sector de la artesanía del mimbre en Madeira, Portugal.

**Palabras clave:** Artesanía, Industria 4.0, Técnicas CAx, Fabricación aditiva, Facilitadores tecnológicos.

### 1. INTRODUCCIÓN

La artesanía (como búsqueda de soluciones para satisfacer las necesidades humanas) ha sido abordada de una manera diferenciada, peculiar y vinculada a factores de identidad propios de cada tipo de actividad [1]. A través de sus formas, el producto recoge y expresa todo el conocimiento y talento del artesano de forma libre y espontánea, gracias a su autonomía en la toma de decisiones conforme a deseos y experiencia [2]. La actividad artesanal se caracteriza esencialmente por el desempeño predominantemente manual, "lo hecho a mano", aunque se admita la utilización de herramientas que no condicionen la creatividad o habilidad del artesano, requiriéndose su presencia durante la realización de todo el proceso de obtención de producto. Una caracterización de los rasgos identitarios de la artesanía [3,4] es la naturaleza que determina la forma de fabricar los productos según "requerimientos de diseño utilitarios, estéticos, artísticos, vinculados a la cultura, funcionales, tradicionales y religiosos, o socialmente simbólicos y significativos". Esta determinación permite considerar a las artesanías como parte constitutiva del patrimonio cultural de una comunidad, expresado como valor inmaterial a través de *tradiciones orales, musicales, actos festivos, prácticas sociales o conocimientos y usos* relacionados en muchas ocasiones con la naturaleza, patrimonio que desde los antiguos gremios, "se transmite de generación en generación".

En la actualidad, el sector artesanal se enfrenta a un periodo de adaptación. Las directrices actuales de mercado fuerzan hacia la actualización de sus procesos con objeto de agilizar los tiempos de fabricación y reducir los costes, manteniendo la calidad de sus productos; además, deben ser integradas algunas mejoras en cuanto a la higiene y la seguridad ocupacional. Esta situación determina que el artesano se vea obligado en ciertas ocasiones a reorientar su actividad incorporando la innovación, lo que, si no se realiza de forma adecuada, entra en conflicto con el mantenimiento de la autenticidad de su obra o su capacidad expresivo-cultural [3]. Esta situación desemboca en la necesidad de un sobre-esfuerzo en la integración de lo tradicional-contemporáneo con el objetivo de alcanzar un nivel de actividad con productos sostenibles comercialmente que cumplan con las exigencias actuales del mercado. Para la rentabilización del proceso productivo artesanal se requieren actualizaciones y mejoras, por lo que será necesario identificar nuevas estrategias y tecnologías que de forma sencilla, permitan llevar a cabo la transición y evolución del sector [4].

Relacionados con las actividades de I+D+i, en los momentos actuales merece especial mención dentro de los sectores industriales relacionados con el diseño y la fabricación, el planteamiento de Industria 4.0 (Figura 1) [5]; teniendo como objetivos la excelencia del productor a través de la tecnología, centra su potencial de innovación en la introducción de facilitadores tecnológicos como *internet de la cosas, fabricación aditiva, realidad aumentada, computación en la nube, big data, etc.*, permitiendo (entre otras cosas) la personalización de productos. Cabe destacar, que si bien, el enfoque de la Industria 4.0 para el desarrollo de la actividad productiva se centra en la actividad industrial, el mismo es transversal y proyectable en otros ámbitos como es el caso de la actividad artesanal. Analizando las oportunidades previstas dentro de la Industria 4.0 [6], los facilitadores digitales son una oportunidad para agilizar los procesos productivos artesanales sin modificar los rasgos identitarios, ya que ofrecen una gran flexibilidad de aplicación y pueden potenciar la expresividad de la actividad, así como su puesta en valor en los mercados globales de forma sostenible económicamente.

Por otro lado, es posible identificar que uno de los mayores obstáculos de una posible actualización del sector artesanal reside en el rechazo hacia las tecnologías emergentes [4]; además, la dificultad y complejidad que supone la introducción de nuevas

estrategias recae en la no existencia de marcos de trabajo, metodologías o técnicas que proporcionen un proceso de actualización sencillo tanto profesional como motivacional, y que determinen de forma intuitiva y sencilla la mejor forma de compatibilizar *tecnología-técnica de artesanía* conservando las competencias propias ligadas a unos rasgos identitarios en cuanto a conceptos, procedimientos y actitudes [7,8]. De forma generalizada, las innovaciones tecnológicas todavía son consideradas por los artesanos como elementos perturbadores de sus procedimientos; la visión del potencial de incorporación de las innovaciones y algunos aspectos de la ingeniería del diseño y la producción es bastante rígida, siendo consideradas como un desafío a la sostenibilidad de su actividad [3,4,7]. Sin embargo, y debido tanto al desarrollo exponencial de medios y tecnologías, como a la constante evolución de la sociedad, la artesanía necesariamente ha de integrar la innovación si desea sobrevivir. Es por ello, que los artesanos que trabajan con metodologías proyectuales [8], buscan nuevos conceptos de abordaje para su expresividad y exploran corrientes contemporáneas que aporten nuevas funcionalidades y aplicaciones a sus procesos de trabajo, sin alejarse del carácter diferenciador que define y distingue la producción artesanal de la producción industrial [9,10].

Es necesario tomar conciencia de que los fundamentos de la fabricación industrial derivan y evolucionan a raíz de los conceptos de la esencia de la producción artesanal (Figura 1): es evidente la necesidad de su aproximación conceptual, aunque ambas vertientes asuman trayectorias distintas y a veces opuestas en el enfoque del desarrollo del ciclo de vida del producto [1,2].

En el ámbito de la Ingeniería del Diseño y Producción Industrial, el uso extendido de facilitadores tecnológicos permite actualmente la creación de formas más elaboradas y complejas, que anteriormente suponían una frontera para la innovación en la fabricación de productos [10, 11]. Por otro lado, dentro del enfoque de la Industria 4.0, la gestión productiva se lleva a cabo de forma descentralizada, digitalizada y robotizada, y las actividades se plantean para ser desarrolladas interactivamente entre humano y robot (robótica colaborativa y cobótica). Por el contrario, en las actividades artesanales todas las tareas están a cargo exclusivo del artesano, garantizando de forma centralizada las fases del ciclo de vida del producto. Reconociendo la situación actual de la artesanía, y constatando que las nuevas tendencias del sistema industrial se enfocan en el sentido de automatizar, digitalizar y maximizar la personalización de resultados en productos y ser-

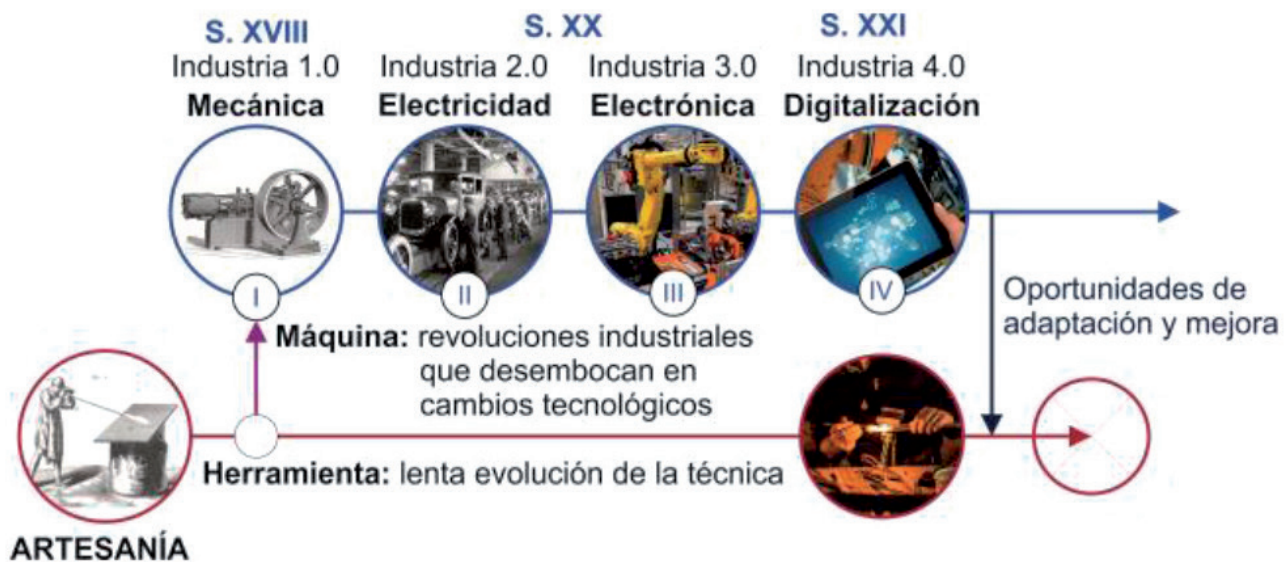


Fig. 1: Evolución de la técnica y el sector productivo (artesanal e industrial)

vicios [12], es necesario comparar y evaluar nuevos *paradigmas, técnicas, modelos y procedimientos* provenientes del enfoque de la Industria 4.0 que puedan aportar valor añadido en la actividad productiva artesanal [13,14].

Todos los factores expuestos anteriormente pueden establecer una proximidad sinérgica y viable entre los enfoques de producción industrial y artesanal, sin la pérdida de la identidad característica. Para ello, y como objetivo de esta investigación, se desarrolla una metodología que permite explorar los beneficios de los recursos metodológicos y técnicos de la producción en la Industria 4.0 que pueden contribuir a la recuperación y optimización de los procesos artesanales, desde una aproximación profesional y colaborativa entre artesanos, ingenieros en diseño y desarrollo de producto e ingenieros de producción. Este planteamiento permitirá la obtención de productos híbridos (artesano-industrial) que soportaran los impulsores del valor de ambos dominios reforzando la viabilidad de los resultados artesanales que llegan al mercado.

## 2. METODOLOGÍA PARA LA POTENCIALIZACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DEL SECTOR ARTESANAL DESDE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES DE LA INDUSTRIA 4.0

Se presenta en este apartado el desarrollo de una metodología basada en el estudio de casos, combinado con procedimientos

para la comparación y la evaluación de datos, cuyo objetivo es el establecimiento de las pautas que permitan explorar el potencial de valor que deviene de la intervención conjunta de los artesanos, la ingeniería del diseño y la producción bajo la articulación de los facilitadores tecnológicos de la industria 4.0; con su aplicación, se busca la sostenibilidad de la actividad artesanal a través de la definición de un plan estratégico. La caracterización de esta cooperación interdisciplinaria permite definir una propuesta de proyecto colaborativo para explorar y potenciar los conocimientos y dominios de interacción; supone una vía de introducción sencilla de estrategias innovadoras en la producción artesanal que defiendan la sostenibilidad cultural y económica en pequeñas localidades y áreas geográficas específicas.

Para hacer posible la cooperación definida, es necesario el establecimiento de una metodología flexible y holística adaptada a contextos locales e históricos de forma que recoja los aspectos más variados de la artesanía y de los planteamientos más innovadores de la Industria 4.0 [15, 16]. Por tanto la propuesta metodológica, junto a las matrices y herramientas asociadas, establecerán las líneas directrices para la implantación de nuevas tecnologías, respetando las características de las actividades artesanales apoyándose en el estudio de un determinado sector de la artesanía [17]. La metodología propuesta se articula en **cinco fases** que pasamos a describir.

### 2.1. FASE I: IDENTIFICACIÓN DE FACTORES COMUNES Y CARACTERIZACIÓN ARTESANAL-INDUSTRIAL

En la Fase I se efectúa el análisis de propiedades, actividades y procesos compartidos en los dos dominios; con los resultados, se procede a la caracterización artesanal – industrial y se identifican los puntos de contacto, interrelación y convergencia, junto a posibles estrategias de explotación y mejora. La Tabla I muestra una estructura genérica para la identificación específica de un sector industrial-artesanal.

### 2.2. FASE II: IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE OPORTUNIDAD

Tras la caracterización de ambos dominios, se identifican las zonas de oportunidad comunes, incorporando los impulsores de innovación derivados de los facilitadores tecnológicos y digitales de la Industria 4.0 [18]. Esta situación permite estructurar una matriz ideológica común; en ella es posible identificar qué métodos, técnicas de gestión, herramientas de desarrollo proyectual, o incluso nuevas tecnologías como fabricación aditiva o de prototipado, pueden ser aplicadas en ambos dominios aunque abordadas a través de métodos distintos. De esta manera, partiendo de los procesos compartidos identificados en la Fase I, con el enfoque y estructura que muestra la Figura 2, se articula la

Producción Artesanal	FACTOR	Producción Industrial
Local, social, cultural	Fundamentos / Ideologías	Globalizante
Propia, genuina	Identidad	Predefinida, controlada
Conocimiento empírico	Bases de Conocimiento	Conocimiento científico
Saber-hacer técnico	Conceptos	Planes metodológicos
Acción completa sobre ciclo de vida	Gestión del Trabajo	Planificación y división del trabajo
Intuición, experiencia	Metodologías de gestión	Sectorización según tarea
Fabricación manual	Procesos de Producción	Automatización, optimización
Individualizada	Tipo de Producción	Economías de escala
Recursos locales, naturales	Gestión de Recursos	Diversificación de recursos
Cíclico, residuos reducidos	Gestión de fin de vida	Economías lineales

Tabla 1: Caracterización de los dominios industrial y artesanal

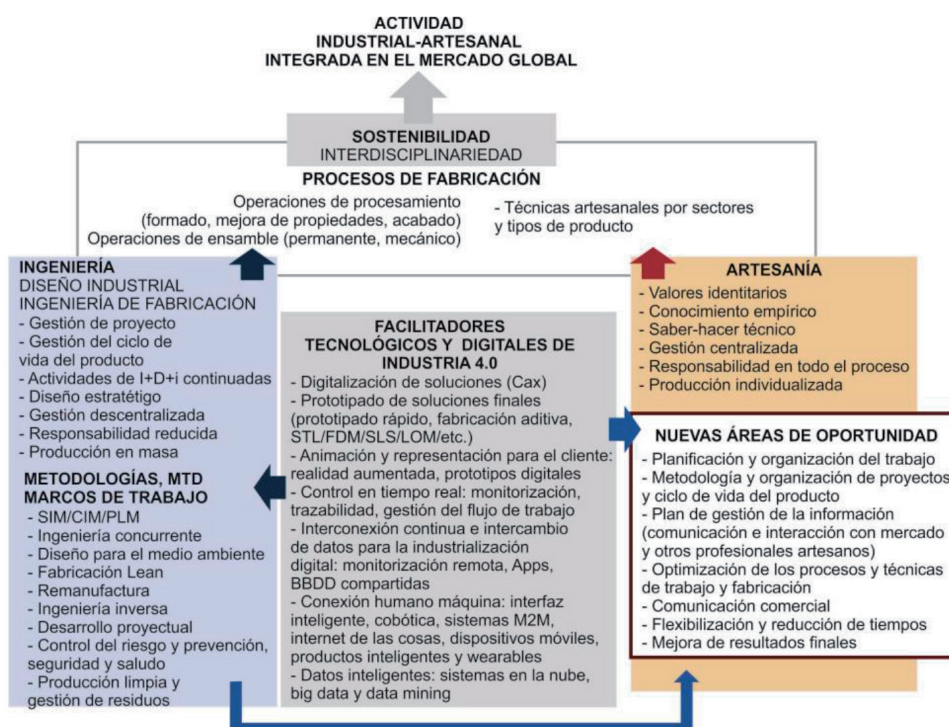


Fig. 2: Fuentes de innovación y definición genérica de las zonas de oportunidad para la actividad artesanal

posible cooperación entre *artesanos, diseñadores/ingenieros y facilitadoras tecnológicas* [4,5,19].

La propuesta es abierta y holística, posibilitando dar cobertura al desarrollo de distintas técnicas y herramientas existentes en el dominio industrial y artesanal, u otras innovaciones que se vayan desarrollando.

### 2.3. FASE III: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RECURSOS

Con objeto de seleccionar los facilitadores de la industria 4.0 más adecuados de modo que puedan ser integrados de forma eficiente en las actividades artesanales, se efectúa la evaluación detallada del sector artesanal para identificar el posible impacto de las medidas. En la Tabla 2 se presenta el conjunto de indicadores de análisis a partir de los cuales posteriormente, los procesos y medios de fabricación puedan ser ajustados a cada especialización dependiendo de las especificaciones del sector artesanal. Los mismos han sido obtenidos haciendo uso de una metodología de evaluación inductiva de varios sectores artesanales; los resultados han permitido seleccionar los indicadores estándar cualitativos y semi-cuantitativos que permitan evaluar la identidad de la actividad. En esta fase reciben especial atención aquellas técnicas y herramientas que permiten recoger los aspectos más característicos e identitarios, como son las entrevistas y fichas de relatos de vida de los artesanos.

### 2.4. FASE IV: DEFINICIÓN DE LA PROPUESTA DE INTEGRACIÓN

Tras la caracterización específica de zonas de oportunidad y de la actividad del artesano, se identifican los nuevos facilitado-

res, así como los momentos puntuales de integración en el diseño, desarrollo, fabricación y venta del producto artesanal y el posible impacto resultante; esta información permitirá posteriormente en la fase V, establecer la definición de un plan estratégico de rediseño de la actividad, incorporando facilitadores que permitan la flexibilización, agilización y optimización del proceso artesanal sin eliminar sus valores identitarios. Para ello, se crea una base de datos con técnicas y herramientas abiertas (ejemplo en Tabla 3), que una vez analizada su viabilidad, puedan ser seleccionados para la mejora de la actividad.

### 2.5. FASE V: DESARROLLO DEL PLAN ESTRATÉGICO

Después de seleccionar las medidas más adecuadas y definir su integración dentro de la actividad artesanal a optimizar, se desarrolla el plan estratégico de innovación abierta [20,21] para el sector objeto de mejora. Partiendo de los resultados de la fase IV, se realiza una jerarquización de los recursos integrables; este plan se define desde los procesos de innovación abierta para potenciar el triple valor entre *artesanía, ingeniería de diseño y producción, e innovación* cuya convergencia es posible gracias a los facilitadores digitales de la Industria 4.0 resultando una artesanía conectada con el mercado y la industria actual.

## 3. VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE IMPLANTACIÓN DE PROCESOS DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA 4.0 EN LA ARTESANÍA DEL MIMBRE

La metodología desarrollada y entendida en una dinámica constructivista y holística del conocimiento, se ha validado a través de su utilización en el proyecto piloto "ManBio" con el objetivo

MACRO-PARÁMETROS DE ANÁLISIS	MICRO-PARÁMETROS DE ANÁLISIS: Indicador (encuestas, diarios de vida, entrevistas)
Caracterización personal	(1)Sexo, (2)nacionalidad, (3) experiencia, (4) motivación e (5) intereses
Caracterización profesional-laboral	(1) Nivel y tipo de estudios, (2) categoría artesanal (aprendiz, oficial, instructor, maestro artesano), (3) región de aprendizaje y (4) región de trabajo, (5) localización y extensión de ventas, (6) técnicas artesanales utilizadas, (7) colaboración inter-intra sectorial (con otros artesanos o socios)
Caracterización dentro del sector	(1) Tipo de artesanía (tradicional-popular, convencional-seriada, contemporánea-vanguardista o postindustrial); tipo de sector (artístico, utilitario)
Caracterización cultural-laboral	(1) Especialización y sector, (2) técnicas de generación de alternativas y (3) selección de diseños finales.
Caracterización comercial	(1) Sello, (2) firma y (3) certificación de calidad; (4) perfil usuario/cliente; (5) volumen ventas-producción anuales;(6) tipo producción; (7) encargos y (8) formas de adaptación y personalización de usuario. (9) Gremio, (10) tipo y (11) forma de asociación, (12) vínculo y (13) formas de cooperación; (14) estrategia y (15) caracterización de ventas (itinerante, local, etc.). (16) conciencia colectiva: apreciación de servicio y valoración por cliente; (17) asignación de precios; (18) métodos de venta y (19) publicidad y (20) uso de redes sociales.
Caracterización de la producción: técnica y tecnológica de tareas	(1) Técnicas empleadas; (2) equipamientos, utensilios, máquinas, herramientas; (3) tipo de equipamiento (analógico, mecánico, digital, grado de automatización de algunos procesos, etc.); (4) digitalización del proceso (5) evolución en incorporaciones; (6) posición frente al cambio; (5) requerimientos de especialización; (7) tipo de materia prima utilizada (madera, tejidos, cerería, metal, textiles, etc.);
Caracterización de localización	(1)relación geográfica, tipo de relación (centralizada-descentralizada) entre usuario-artesano-mercader-logística

Tabla 2: Matriz de análisis del dominio artesanal

Actividad profesional Artesanía – zona oportunidad	Actividad profesional Ingeniería y diseño industrial	Facilitador 4.0
Falta de normalización y de metodologías de gestión.	Gestión de proyectos; desarrollo de producto (necesidad, concepto, función, materialización, detalle, análisis, validación y producción); Prototipado rápido; Marketing estratégico y operativo; Marketing Mix; Control del ciclo de vida	Metodologías de gestión: estandarización, programas auto-correctivos y auto-optimizados; CIM/PLM/MES; Ingeniería concurrente e inversa; Diseño for X; DFM; Planificación ágil; IoT, M2M, tecnologías emergentes (robótica y co-bótica).
Utensilios tradicionales de expresión gráfica y comunicación; mano alzada	CAX; Fabricación aditiva; optimización de producto; animación; realidad aumentada; representación gráfica y virtual;	Tecnologías CAX: Interfaces digitales, sistemas ciberfísicos; CAD; CAE; CAM.
Conocimientos generacionales: dificultad de acceso a la información; riesgo de pérdida.	Métodos de gestión aplicados en el sector industrial. Formación por competencias. Alto grado de especialización.	Gestión de la información: recogida, tratamiento y almacenamiento; sistemas PLM, big data, sistemas de gestión en la nube; RFID, logística automatizada
Métodos tradicionales de prototipado; carpintería moldes	Aplicación de ambos procesos: Prototipado Rápido, maquetas, prototipos	Tecnologías avanzadas de Prototipado Rápido: SLA; SLS; LOM; 3DP; Fabricación aditiva

Tabla 3: Ejemplo de matriz de mejoras para la actualización artesanal

de verificar la viabilidad de su aplicación a diversas actividades específicas; para ello, ha sido aplicada al sector de *la artesanía en mimbre en la región autónoma de Madeira*, en concreto en el *diseño, desarrollo y fabricación de mobiliario* [22,23], considerando en el proyecto piloto a 3 asociaciones de artesanos, 4 empresas artesanales y 37 artesanos. En los siguientes apartados, explican la aplicación y muestran los resultados más representativos del proyecto piloto.

### a. Fases del proyecto piloto

La metodología propuesta se aplica en el sector del mimbre de Madeira a través de las siguientes fases que han estructurado el proyecto piloto:

- Fase I y II: Formulación de encuestas, entrevistas y diarios de vida a los artesanos del mimbre teniendo en cuenta los indicadores de evaluación de la Tabla II. Análisis de los dominios artesanal e industrial.
- Fase III: Recopilación de datos sobre los macro-parámetros: (1) caracterización personal, (2) profesional (laboral, dentro del sector), (3) cultural-laboral, (4) producción, (5) comercial y (6) localización e internalización; los resultados se obtienen a través de los micro-parámetros recogidos en la Tabla II.
- Fase IV: Análisis, tratamiento de los datos y obtención de resultados:
  - a. Análisis de las encuestas, diarios de vida y entrevistas.
  - b. Análisis comparativo de los medios y procesos de producción.
  - c. DAFO: análisis de las medidas para formalizar las zonas de oportunidad.
- Fase V: Propuesta del plan estratégico.

### b. Análisis cualitativo de los resultados del proyecto piloto

El análisis cualitativo de los datos relativos al sector (testimonios y relatos de vida) permitió detectar la coexistencia de tres tipos de artesanía: (1) tradicional, conservadora de los conocimientos y técnicas con un peso del 83%; (2) contemporánea, la cual aplica nuevas técnicas con un 13%; y (3) vanguardista caracterizada por su carácter artístico y con una implicación del 4%; de entre ellas, destaca la tradicional por su mayor impacto económico, social y cultural. Partiendo del análisis y caracterización de los procesos de fabricación tanto del sector del mimbre artesanal e industrial, es posible afirmar que ambos sistemas comparten las mismas competencias, distinguiéndose por las metodologías de gestión y tecnologías aplicadas en la actividad [23]: a través de las entrevistas y los diarios de vida, acompañados de visitas a los talleres locales, ha sido posible constatar las condiciones laborales de los artesanos, el equipamiento y herramientas que sustentan su trabajo (Tabla II). La Figura 3 muestra los resultados del estudio completo.

En primer lugar, los medios que sustentan el ejercicio de la actividad son primarios; los locales presentan deficiencias en términos de prevención ocupacional, generalmente en el área de seguridad y ergonomía. Los puestos de trabajo hacen que los trabajadores queden expuestos (a largo plazo) a trastornos músculo-esqueléticos por posturas forzadas y movimientos repetitivos; además, algunos espacios no están climatizados y están desprovistos de la iluminación adecuada (Figura 3-SA). En lo que se refiere a la seguridad, los espacios concentran utensilios y materia prima próximas al puesto, acumulando obstáculos potenciadores de riesgos de accidente.

En segundo lugar, fueron identificadas otras zonas de oportunidad, donde se observaron limitaciones a nivel de aplicación de

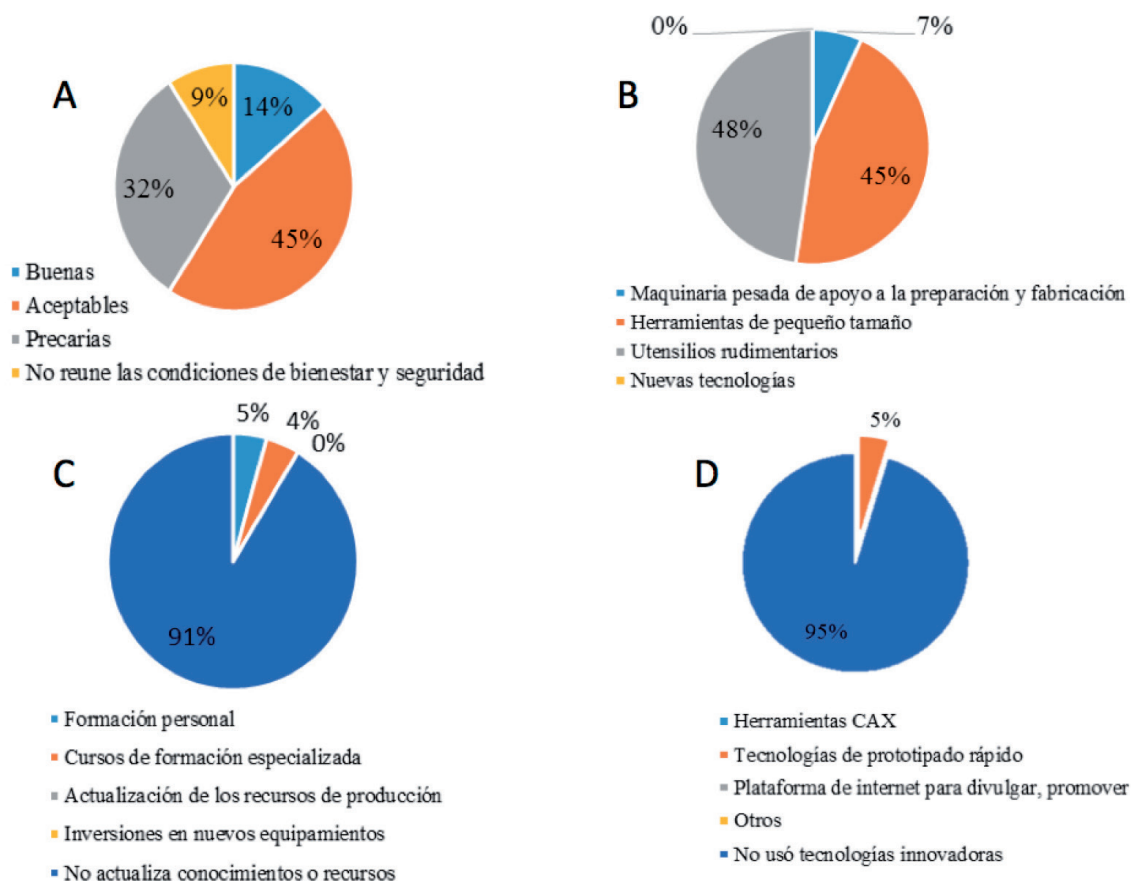


Fig. 3: Sección A – Seguridad y salud ocupacional; Sección B – Equipamiento de fabricación; Sección C – Actualización de conocimientos y recursos; Sección D – Uso de tecnologías innovadoras

procesos, operación y uso de herramientas; los equipos de apoyo al desempeño de las funciones presentan bajos niveles de eficiencia, con técnicas alejadas de la evolución tecnológica industrial identificada en el dominio industrial del mimbre. La caracterización de este macro-factor (Tabla II) queda recogida en la Figura 3-SB.

En tercer lugar, se detecta en los artesanos un desconocimiento de las tecnologías y recursos actuales de producción industrial relacionada; este estado refleja la fijación de los conceptos gremiales y el derivado estancamiento tecnológico (Figura 3-SC). Se identifica la baja inversión en recursos formativos, situación que impide la actualización de equipos y medios productivos, que fomentarían una mejora de las condiciones de trabajo, la eficiencia en tiempos y costes. Los artesanos realizan algunas acciones esporádicas (9% de la comunidad evaluada ha recibido al menos un curso de formación) relacionadas con la formación (en general, acciones de especialización) con objeto de familiarizarse con nuevos conocimientos emergentes, enfocados principalmente hacia las técnicas de ejecución y directrices de fomento e internacionalización de la actividad. No obstante, estas acciones han demostrado ser poco eficaces y sin impacto; la formación se aborda de forma superficial, sin proximidad a las competencias de un profesional similar en la formación reglada.

Por último, se comprueba que el artesano recurre a procesos tradicionales de prototipado para la verificación de las soluciones planteadas y la fabricación de moldes (Figura 3-SD) [22-24]. La incorporación de recursos CAx junto a técnicas de prototipado rá-

pido garantizarían la mejora de los resultados en tiempo y coste: no modifican la capacidad de decisión y facilitan la comunicación entre los distintos agentes, (colaboradores o consumidores), eliminan tareas innecesarias principalmente aquellas relacionadas con las primeras fases del desarrollo del producto, donde el artesano utiliza un proceso experimental, lento en cuanto a la verificación y evaluación de los resultados y aumentan la flexibilidad con actualizaciones, rediseños posteriores, o muestras al consumidor gracias a los modelos virtuales (Figura 4); en el ejemplo aportado, se muestra la utilización de modelos CAD de una lámpara de mimbre haciendo uso del software Rhino5 que permite la creación de modelos virtuales de alta calidad, que a su vez pueden ser fácilmente utilizados en procesos CAE (análisis asistido por ordenador) para su ajuste y mejora con objeto de creación de prototipos de validación mediante técnicas de prototipado rápido y fabricación aditiva. Los análisis realizados en cuanto al impacto positivo de la introducción de técnicas CAx, mostraron una reducción de entre un 10% a 15% sobre el tiempo total empleado por producto [13,16].

Se propone la integración de plataformas sencillas de gestión del ciclo de vida del producto (*Product Lifecycle Management*). El artesano ejecuta las fases sin una organización que debe redefinir en cada proyecto. Las tecnologías CIM (manufactura integrada por computador) pueden concentrar y distribuir la información dentro del gremio, mejorando el trabajo colaborativo, la puesta en común de avances y nuevos conocimientos [22,23]; como solución a la progresiva decadencia de la actividad y consecuente pérdida de



Fig. 4: Integración de herramientas digitales para el desarrollo del producto artesanal (modelos virtuales creados con Rhinoceros 5, para el proyecto ManBio)

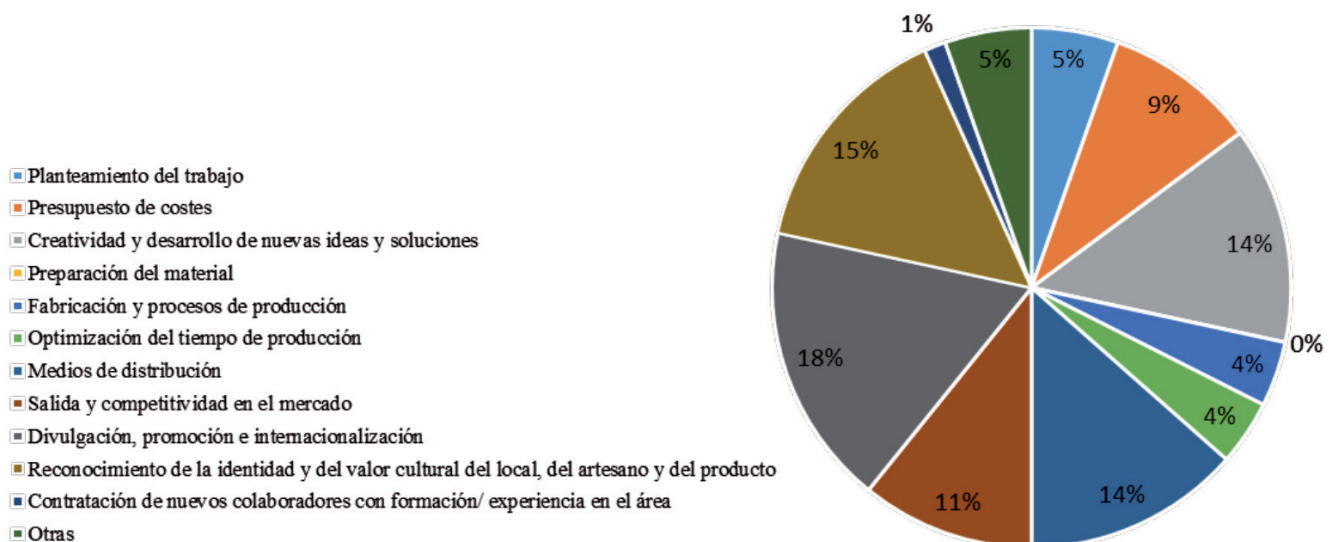


Fig. 5: Limitaciones y dificultades a lo largo del ciclo de vida del producto artesanal

los conocimientos asociados, otorgan la posibilidad del registro de la técnica, garantizando la continuidad por generaciones futuras.

Finalmente, se llevó a cabo un estudio de la viabilidad de la integración de los facilitadores en aquellas fases de la actividad menos eficientes; permitió en la fase V, la definición del plan estratégico para solventar la frágil situación del sector generada por el abandono y por su exclusión en los mercados; las medidas de formación, información e integración de facilitadores tecnológicos están dirigidas a las etapas donde los artesanos sienten mayores dificultades y limitaciones (Figura 5); la integración paulatina comenzará en las zonas de oportunidad orientadas a (1) la divulgación y el reconocimiento de la actividad, (2) el desarrollo de las soluciones y (3) los medios de distribución.

### c. Consideraciones finales sobre los resultados del proyecto piloto

Con la realización del proyecto piloto se han explorado las bases del trabajo cooperativo entre artesanos y diseñadores e ingenieros de producto, con objeto de definir las estrategias más adecuadas para impulsar la artesanía local del mimbre en Madeira [4]. Se determinó que el proyecto debería apoyarse en las metodologías aplicadas en diseño de producto (en concreto, en diferentes alternativas de gestión de proyectos), haciendo uso de conceptos de desarrollo utilizados en la fabricación industrial y algunos de los facilitadores tecnológicos y digitales de la Industria 4.0, siendo finalmente seleccionados por su impacto positivo los siguientes: (1) tecnologías CAx, (2) sistemas sencillos de PLM, (3) fabricación aditiva y (4) prototipado rápido, que han sido aplicados en el proceso productivo, en la recuperación de la información no registrada y con objeto de nuevas formas de aprendizaje.

## 4. CONCLUSIONES

Tras la identificación y caracterización de los procesos artesanales, y en base a los datos obtenidos del proyecto piloto desarrollado, ha sido posible constatar que tanto las herramientas de desarrollo industrial convencionales como las nuevas propuestas de facilitadores digitales y tecnológicos emergentes de la Industria 4.0, pueden ser compatibles con los procesos artesanales, siempre y cuando exista un medio de aprendizaje y apoyo a su introducción; ambas tienen gran potencial para optimizar el sistema artesanal sin comprometer sus valores identitarios.

Con la realización del proyecto piloto, ha sido posible ajustar y establecer los *macro y micro parámetros* más adecuados a aportar por la metodología de forma transversal a cualquier tipo de sector artesanal. La propuesta es una opción válida para la revitalización de un sector, principalmente en el apoyo al desarrollo de nuevas soluciones y aplicaciones, así como un medio de registro y preservación del conocimiento artesanal.

Las futuras líneas de investigación y trabajo dentro del proyecto piloto engloban la definición de un plan estratégico ampliado, tanto para la formación específica y conjunta a través de instituciones de enseñanza superior, la industria, instituciones gubernamentales y de apoyo al desarrollo, como para la búsqueda y evaluación de las mejores técnicas emergentes de Industria 4.0 que puedan ser aprovechadas por la producción artesanal. Por último se espera ampliar la aplicación de la metodología en otros sectores artesanales caracterizados por un déficit de desarrollo o pérdidas de oportunidades en otros ámbitos geográficos a nivel nacional e internacional.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Mumford L. *Technics and civilization*. University of Chicago Press. 2010.
- [2] de Molina M. G., & Toledo V. M. *The social metabolism: A socio-ecological theory of historical change* (Vol. 3). Springer. 2014
- [3] Guedes L. "Consumo e identidade cultural: o papel do designer na preservação da sua cultura e tradições perante um mundo globalizado". En: V Encontro Nacional de Estudos do Consumo, I Encontro Luso-Brasileiro de Estudos de Consumo (Rio de Janeiro, 2010).
- [4] Alexandre CB, Gomez EA, Valente AC. "Interdisciplinary Relationship between Designer and Craftsman Based on Integrated Craft Manufacturing Systems, *Procedia Engineering*, Volume 132, 2015, Pages 1089-1095, ISSN 1877-7058, <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.600>
- [5] Sauter R., Bode M. y Kittelberger D. "How Industry 4.0 is changing how we manage value creation". Recuperado de <https://www.horvath-partners.com/en/publications/featured-articles-interviews/detail/how-industry-40-is-changing-how-we-manage-value-creation/>, 2016.
- [6] De la Torre J.R. "Analizando las oportunidades de la Industria 4.0. El reto de la Industria 4.0". *Negocios en Navarra*. 2015. Año XXV, Num. 274, p. 24-33.
- [7] Pacheco J. C., Barrero G. E., & Gómez Vásquez G. (2013). "An Eco-Technological Approach to Handcraft Production: Two Cases in the Colombian Caribbean Region". *Cuadernos de Desarrollo Rural*. 2010, 10 (SPE70), p. 115-129
- [8] Campos AP, Dantas D. "Autonomia Projetal: Um novo olhar sobre as estratégias de ensino de metodologia de projetos em design". *Revista Design em Foco*. 2006. Vol. 3, No. 2.
- [9] Brown T, Wyatt J. "Design Thinking for Social Innovation". *Stanford Social Innovation Review*. 2010.
- [10] Pugh S. "Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering". Pearson Education. *Engineering Technology and Design*, 2010.
- [11] Santos P. "Sustentabilidade e responsabilidade social no design de produto: rumo à definição de indicadores". Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. 2007.
- [12] Hermann M. "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review". *Technische universität Dortmund*. 2015. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29269.22248>
- [13] Herdzina K., Nolte B., & Hegner S. (1998). *Innovation in craft enterprises- Barriers and Success Factors*. In ERSA conference papers (No. ersa98p237). European Regional Science Association.
- [14] Demarchi AP, Fornasier CBE, Martins RF. "A Gestão de Design humanizada pelo Design thinking a partir de relações conceituais." *Projética - Revista Científica de Design da Universidade Estadual de Londrina*. 2011. Vol.2, No.1. DOI: <https://doi.org/10.5433/2236-2207.2011v2n1p19>
- [15] Bauer W, Schlund S, Marrenbach D, Ganschar O. "Industrie 4.0 - Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland". *BitKom, Fraunhofer*. 2014.
- [16] Gibson I. "Rapid Prototyping: A Tool for Product Development". *Computer-Aided Design & Applications*. 2005. Vol. 2, No.6, p. 785-793. DOI: <https://doi.org/10.1080/16864360.2005.10738342>
- [17] Yin RK. "Estudo de caso: planejamento e métodos". *Bookman*. 2001.
- [18] Johansson G. "Success Factors for Integration of Ecodesign in Product Development: A Review of State-of-the-art". *Environmental Management and Health*. 2002. Vol. 13, No.1, p. 98-107. DOI: <https://doi.org/10.1108/09566160210417868>
- [19] Flusser V. "Uma Filosofia do Design: A Forma das Coisas". Lisboa: Relógio d'Água. 2010.
- [20] Schilling M. "Dirección estratégica de la innovación tecnológica". *Mc Graw Hill*. 2ª Edición. 2008. ISBN: 9788448165994.
- [21] Eder W, Hosnedl S. "Design Engineering: A Manual for Enhanced Creativity". Taylor and Francis Group CRC press. 2008.
- [22] Alexandre CB, Gomez EA, Valente AC. "Artesanato em vime na Região Autónoma da Madeira. A sustentabilidade da relação artesão-designer". *Actas del 1º Encontro Ibérico de Doutoramentos em Design*. ISBN 978-989-20-3421-8, U. Aveiro. 2014
- [23] Fernandes, M. D. S. *Estratégias para o desenvolvimento do artesanato contemporâneo na Madeira*. 2010. (Doctoral dissertation, Universidade da Madeira)
- [24] Nascimento M. "Aspetos técnicos e sociais para a sustentabilidade da produção e artesanato do vime". *Federal University of Paraná*. 2009.