



**Análisis integral de la industria metalmecánica: un enfoque en el desarrollo y tendencias en  
Medellín**

Duban Ferney Villa Bedoya

Trabajo de Grado

Asesor interno

Juan Carlos Orrego Barrera

Ingeniero mecánico

coordinador de gestión de activos

Universidad de Antioquia

Facultad de ingeniería

Ingeniería mecánica

Medellín

2024

---

<b>Cita</b>	(Villa Bedoya, 2024)
<b>Referencia</b>	(Villa Bedoya, 2024). Análisis integral de la industria metalmecánica: un enfoque en el desarrollo y tendencias en Medellín [Trabajo de grado]. Universidad de Antioquia, Medellín.

---

**Estilo APA 7 (2020)**

---



Centro de documentación de ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a la memoria de mi padre, Flavio, cuyo amor, sabiduría y ejemplo continúan inspirándome cada día. A mi madre, Miryam, cuyo apoyo incondicional y sacrificio han sido un faro de luz en mi camino hacia la realización personal y académica. También dedico este trabajo al Profesor Juan Carlos Orrego Barrera, cuya orientación experta ha sido fundamental en mi desarrollo como estudiante y como persona.

## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi profundo agradecimiento al Profesor Juan Carlos Orrego Barrera por su invaluable orientación y apoyo durante esta investigación. Sus conocimientos y guía fueron fundamentales para llevar a cabo este trabajo.

## Tabla de Contenido

<b>Resumen</b> .....	6
<b>Abstract</b> .....	7
<b>Introducción</b> .....	8
<b>Consideraciones adicionales:</b> .....	8
<b>Objetivos</b> .....	9
<b>Objetivo General</b> .....	9
<b>Objetivos Específicos</b> .....	9
<b>Marco Teórico</b> .....	10
<b>La industria metalmecánica y su estado actual</b> .....	10
<b>Retos y desafíos del sector metalmecánico en Medellín.</b> .....	11
<b>Exportaciones e importaciones en la industria metalmecánica</b> .....	12
<b>Metodología</b> .....	13
<b>Enfoque y tipo de Investigación</b> .....	13
<b>Población y Muestra</b> .....	14
<b>Recolección de la Información</b> .....	14
<b>Diseño Experimental</b> .....	14
Fase I: .....	15
Fase II: .....	15
Fase III: .....	15
<b>Resultados</b> .....	15
Fase I: .....	15
Encuesta:.....	19
Figura 22. Soporte tecnológico de las máquinas y herramientas. Edad. R3. Antes de 1971-1980 .....	29
Fase II:.....	47
Fase III: .....	49
<b>Contenido del diplomado</b> .....	50
<b>Análisis</b> .....	51

<b>Conclusiones</b> .....	52
<b>Referencias Bibliográficas</b> .....	53
Anexo A. Instrumento para evaluación del estado actual de las empresas del sector metalmeccánico de Medellín .....	55

## **Resumen**

En el presente proyecto de trabajo de grado se buscará identificar el impacto que tiene la industria metalmecánica en Medellín y lo que representa sobre la economía en Colombia, de tal forma que sea posible conocer focos de trabajo en los cuales se pueda desarrollar mejoras para proponer apuestas productivas que tiendan a imponer la industria de este sector a nivel nacional e internacional. Además, se plantea la alternativa de generar un plan de mejoramiento para las falencias del sector que se hayan logrado identificar mediante el estudio de campo realizado, plan que se basa en procesos de formación mediante un diplomado a las personas del sector metalmecánico de tal forma que se acerquen más a la tecnología y la Inteligencia Artificial.

Palabras clave: Identificar, Metalmecánica, Industria, Mejoramiento, Plan.

## **Abstract**

In this thesis project, the aim is to identify the impact of the metalworking industry in Medellín and its significance for the economy in Colombia. This will help identify key areas where improvements can be developed to propose productive initiatives that position the industry at a national and international level. Additionally, an improvement plan is proposed to address the sector's shortcomings identified through field studies. This plan is based on training processes through a diploma program for people in the metalworking sector, bringing them closer to technology and Artificial Intelligence.

**Keywords:** Identify, Metalworking, Industry, Improvement, Plan.

## **Introducción**

El sector metalmecánico en Medellín, Colombia, ha sido una pieza fundamental en el desarrollo económico de la región, contribuyendo significativamente a la producción industrial y al empleo. Sin embargo, enfrenta múltiples desafíos que requieren una adaptación y modernización constante. La globalización, la competencia internacional y los avances tecnológicos han transformado el panorama industrial, exigiendo nuevas estrategias para mantener y mejorar la competitividad.

Esta tesis se centra en el análisis del estado actual del sector metalmecánico en Medellín y en cómo puede evolucionar para superar estos desafíos. El objetivo principal es identificar las debilidades del sector y diseñar un plan estratégico para su fortalecimiento, buscando impulsar el crecimiento económico y mejorar la capacidad productiva mediante la promoción de la innovación y la adopción de un enfoque progresivo.

### **Consideraciones adicionales:**

El impacto de la pandemia en la cadena de suministro global ha exacerbado aún más los desafíos que enfrenta el sector metalmecánico (Gutiérrez & Ordóñez, 2021).

Los avances tecnológicos y las iniciativas de la Industria 4.0 ofrecen oportunidades para la innovación y las ganancias de eficiencia dentro del sector (Foro Económico Mundial, 2020).

Las políticas gubernamentales y los mecanismos de apoyo pueden desempeñar un papel crucial en el fomento de la recuperación del sector (Banco Mundial, 2021).

Al abordar estas consideraciones, esta tesis tiene como objetivo contribuir a una comprensión integral del sector metalmecánico en Medellín y proporcionar información práctica para su revitalización.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Proponer estrategias que impulsen la mejora continua y contribuyan al desarrollo sostenible de la industria metalmecánica en Medellín y sus alrededores para abordar los desafíos identificados en el sector.

### **Objetivos Específicos**

1. Identificar los principales desafíos y áreas de mejora dentro de la industria, centrándose en aspectos de eficiencia, sostenibilidad y competitividad.
2. Investigar y evaluar diferentes estrategias y prácticas que hayan sido exitosas en otros contextos similares o en la misma industria, con el fin de proponer soluciones efectivas y viables para los desafíos identificados.
3. Proponer soluciones prácticas y sostenibles para abordar los desafíos identificados en la industria.

## **Marco Teórico**

### **La industria metalmecánica y su estado actual**

La industria metalmecánica juega un papel fundamental en el desarrollo económico de Latinoamérica. Esta industria se encarga de la transformación de materiales metálicos en una amplia gama de productos y componentes, desde maquinaria industrial hasta piezas para electrodomésticos. Según METALMECANICA (2023), la industria metalmecánica en Latinoamérica representa el 10% de la producción manufacturera y el 15% de las exportaciones de la región (CEPAL, 2022).

La industria metalmecánica es esencial para el desarrollo económico de Latinoamérica por generar empleo, promover la innovación, contribuir al desarrollo de la infraestructura y fortalecer la cadena de valor. Sin embargo, este sector también enfrenta algunos desafíos: elevados costos energéticos, limitado acceso al crédito, ineficiencia burocrática gubernamental y competencia productiva asiática con costos más bajos.

En Colombia, la industria metalmecánica es uno de los sectores más importantes de la economía, representando el 4% del PIB nacional y empleando a más de 500.000 personas (CAMACOES, 2020). Se caracteriza por su alta concentración, baja diversificación de productos, alta dependencia del mercado interno y presencia significativa de empresas extranjeras.

La industria metalmecánica ha tenido un papel crucial en la economía de Medellín y la región del Valle de Aburrá. Representa el 43.6% del Producto Interno Bruto (PIB) de la región, lo que la posiciona como uno de los sectores más relevantes en términos de producción económica (Wikipedia, 2023). Además, en la región de Caldas, esta industria contribuye con el 36% del empleo industrial, lo cual es indicativo de una tendencia similar en Medellín (Colombia Productiva, 2023).

En Antioquia, el 77% de las exportaciones industriales provienen de sectores como el metalmecánico, textiles y prendas de vestir, lo que subraya la capacidad exportadora y competitividad del sector metalmecánico en Medellín (Viera Ochoa, 2004). Este desempeño exportador ha sido fundamental para el desarrollo económico regional, generando divisas y promoviendo la modernización industrial.

### **Retos y desafíos del sector metalmecánico en Medellín.**

El sector metalmecánico en Medellín enfrenta varios retos estructurales y operativos. La competencia internacional, especialmente de mercados asiáticos, ha impuesto una presión significativa sobre los costos y la eficiencia. La necesidad de modernizar las plantas y procesos industriales es apremiante para mantener la competitividad. Además, los altos costos de energía y la dificultad en el acceso a créditos financieros limitan la capacidad de las empresas para invertir en nuevas tecnologías y expandirse.

La fragmentación del mercado y la falta de integración en la cadena de valor también representan desafíos importantes. Las pequeñas y medianas empresas (PyMEs), que constituyen una parte considerable del sector, a menudo carecen de los recursos necesarios para implementar mejoras tecnológicas y operativas. Estas empresas necesitan apoyo en términos de financiamiento, capacitación y acceso a mercados internacionales.

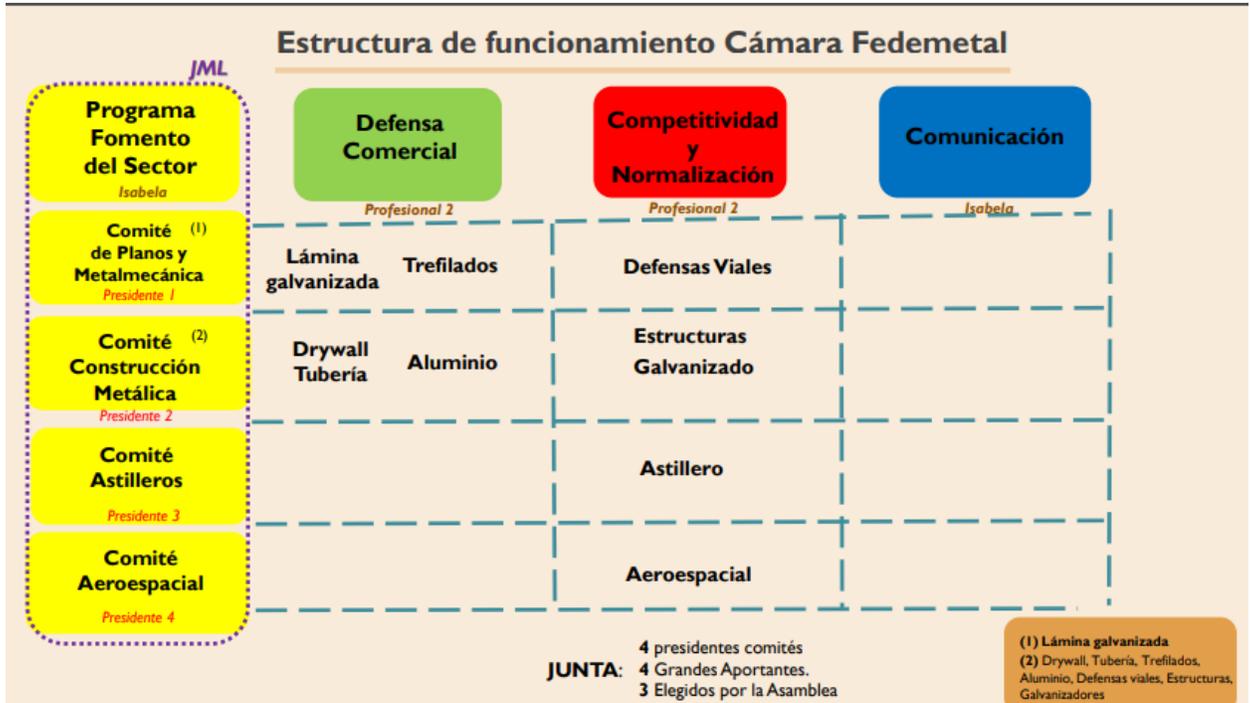
Se han aplicado las normas ICONTEC con el fin de reforzar el comercio y la competitividad, lo que ha posibilitado obtener financiamiento para actualizar las normativas y promover misiones comerciales internacionales. No obstante, la incorporación de las TIC conlleva desafíos como los costos elevados, la necesidad de capacitación y el retiro de algunos fabricantes por la inversión considerable que se precisa.

La ANDI ha identificado cuatro pilares fundamentales para el desarrollo del sector: Protección contra actividades ilegales y competencia injusta, promoción del sector, competitividad y estandarización, así como comunicaciones. Se ha reducido el número de comités de nueve a cuatro: Comité de Planos y Metalmecánica, Comité de Construcción y Metálica, Comité de Astilleros y Comité Aeroespacial.

De esta manera, la industria metalmecánica en Colombia y más específicamente en Medellín tiene que enfrentar un panorama desafiante caracterizado por la competencia, la necesidad de adoptar nuevas tecnologías y el objetivo de lograr mayor competitividad. Es crucial que la ANDI y el fortalecimiento de las normas ICONTEC avancen para lograr el desarrollo del sector, ya que es necesario seguir trabajando duro para superar los desafíos y aprovechar al máximo las oportunidades en el mercado global.

En la figura 1, es posible observar la nueva conformación para la estructura de funcionamiento de Cámara de Fedemetal luego de este informe.

Figura 1. Estructura del funcionamiento de Cámara FEDEMETAL



Fuente: ANDI. (2019)

### Exportaciones e importaciones en la industria metalmeccánica

De Acuerdo con MásCOLOMBIA (2022), debido al cambio en la composición de la canasta de exportación del sector metalmeccánica se ha presentado un aumento del valor exportado y las importaciones han crecido más rápido por lo cual se ha presentado una balanza comercial negativa entre 2015 a 2022, por lo cual se tiene que en estos ocho años este sector importó más que lo que exportó acumulando un déficit de 6085 millones de dólares siendo el año con más alto déficit el 2022 alcanzando 1.069 millones de dólares.

En la figura 2 es posible observar de forma gráfica la balanza comercial del sector metalmeccánico para Colombia en los ocho años comprendidos entre 2015 a 2022.

Figura 2. Balanza comercial del sector metalmeccánica para Colombia



Fuente: MásCOLOMBIA. (2023)

## Metodología

### Enfoque y tipo de Investigación

El proyecto adopta un enfoque mixto, siguiendo la recomendación de HERNANDEZ, FERNANDEZ Y SAMPIERI (2014), que sugiere la combinación de métodos cuantitativos y cualitativos. Se emplearán técnicas de observación y exploración para identificar los diferentes aspectos relevantes y determinar el tamaño de la muestra necesario para la investigación.

## **Población y Muestra**

La población objetivo está compuesta por todas las empresas del sector metalmeccánico en Medellín. La información se obtendrá a partir de la base de datos disponible en la Cámara de Comercio de Medellín. La muestra será seleccionada de manera aleatoria y probabilística, con un total de 10 empresas, con el propósito de realizar un estudio piloto inicial utilizando la distribución t de Student. Entre los criterios de inclusión y exclusión se va a tener en cuenta el informe de la ANDI en donde se plantean 4 áreas fundamentales de estudio dentro de este sector de metalmeccánica.

## **Recolección de la Información**

Para la recolección de la información se empleará un instrumento detallado en el Anexo A, diseñado para evaluar el grado de avance tecnológico de las empresas del sector metalmeccánico en Medellín. Este instrumento permite la interpretación de tres conjuntos de variables clave: la identificación del soporte de ingeniería, la caracterización de las máquinas herramientas y la verificación de la capacidad de gestión. La identificación del soporte de ingeniería evalúa la capacidad de diseño y el nivel de maestría tecnológica a través de la infraestructura disponible. La caracterización de las máquinas herramientas determina la diversidad y calidad de estas, evaluando aspectos como especificaciones técnicas, mantenimiento y adecuación a las necesidades productivas. La verificación de la capacidad de gestión analiza los métodos utilizados para mejorar la productividad, controlar la calidad, gestionar el suministro de materias primas, realizar mantenimiento, capacitar al personal, llevar a cabo estudios de mercado y planificar proyectos de expansión. Este instrumento permitirá obtener una visión detallada del estado tecnológico y de gestión de las empresas, facilitando la identificación de áreas de mejora y la formulación de estrategias para el avance y competitividad del sector.

## **Diseño Experimental**

De acuerdo con Hernández y Sampieri (2014), los diseños experimentales son un tipo de investigación científica que busca establecer relaciones de causa-efecto entre variables. Se basan

en la manipulación deliberada de una variable independiente (causa) para observar su efecto sobre una variable dependiente (efecto). Para realizar la parte de experimentación se va a realizar sujetándose al desarrollo de cada uno de los objetivos específicos de tal manera que se tienen tres fases que se describen a continuación:

**Fase I:** Identificación de los desafíos y áreas de mejora que se requieren en la industria teniendo en cuenta la eficiencia, sostenibilidad y competitividad.

**Fase II:** Investigación y evaluación de las diferentes estrategias y prácticas que hayan sido exitosas en otros contextos similares o en la misma industria, con el fin de proponer soluciones efectivas y viables para los desafíos identificados.

**Fase III:** Proponer soluciones prácticas y sostenibles para abordar los desafíos identificados en la industria realizando talleres de actualización con las empresas participantes que se pueden llevar a cabo a manera de webinars que pueden ser sincrónicos o asincrónicos y donde se puede extender un certificado de tipo virtual que se puede gestionar con la unidad de extensión de la Universidad de Antioquia o la sección de emprendimiento y empresarismo.

## **Resultados**

**Fase I:** Identificación y oportunidades de mejora y sostenibilidad.

En la Fase I, enfocada en la identificación de oportunidades de mejora y sostenibilidad, se logró identificar a 2285 empresas dedicadas a labores relacionadas con el área de Metalmecánica, dato importante para cuantificar la cantidad de empresas objetivo de este estudio, gracias a la consulta realizada en la Cámara de Comercio de Medellín.

La tabla presentada en la Figura 3. clasifica las empresas del sector metalmecánico en Medellín según su código CIUU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme). Cada código CIUU representa una actividad económica específica dentro del sector metalmecánico.

Figura 3. Códigos CIUU

Versión 4	
Código	Descripción
2410	Industrias básicas de hierro y de acero
2421	Industrias básicas de metales preciosos
2429	Industrias básicas de otros metales no ferrosos
2431	Fundición de hierro y de acero
2432	Fundición de metales no ferrosos
2511	Fabricación de productos metálicos para uso estructural
2512	Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de metal, excepto los utilizados para el envase o el transporte de mercancías
2513	Fabricación de generadores de vapor, excepto calderas de agua caliente para calefacción central
2520	Fabricación de armas y municiones
2591	Forja, prensado, estampado y laminado de metal; pulvimetalurgia
2592	Tratamiento y revestimiento de metales; mecanizado
2593	Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería
2599	Fabricación de otros productos elaborados de metal n.c.p.

**Fuente:** Cámara de comercio de Medellín

Tabla 1. Resultados de coincidencias de empresas por sector

No	Código CIUU	No empresas del sector en Medellín
1	2410	85
2	2421	30
3	2429	10
4	2431	22
5	2432	25
6	2511	736
7	2512	18
8	2513	7
9	2520	0
10	2591	52
11	2592	118
12	2593	19
13	2599	396

A continuación, se explica detalladamente cada código presentado en la tabla 1. y el número de empresas que corresponden a cada uno en Medellín:

2410 - Producción de hierro, acero y ferroaleaciones: 85 empresas.

Este código incluye la producción y transformación de hierro y acero, así como la creación de aleaciones de hierro con otros metales.

2421 - Producción de metales preciosos: 30 empresas.

Comprende la producción de oro, plata y otros metales preciosos a partir de minerales y la refinación de estos metales.

2429 - Producción de otros metales no ferrosos: 10 empresas.

Incluye la producción de metales no ferrosos, como el aluminio, cobre, plomo, zinc, entre otros, a partir de minerales y la refinación de estos metales.

2431 - Fundición de hierro y acero: 22 empresas.

Se refiere a la fundición y moldeo de hierro y acero en productos acabados o semielaborados.

2432 - Fundición de metales no ferrosos: 25 empresas.

Incluye la fundición y moldeo de metales no ferrosos en productos acabados o semielaborados.

2511 - Fabricación de productos metálicos para la construcción: 736 empresas.

Este es el código más representativo con el mayor número de empresas, e incluye la fabricación de estructuras metálicas, puentes, torres, estructuras prefabricadas y otros productos metálicos para la construcción.

2512 - Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de metal: 18 empresas.

Comprende la fabricación de contenedores metálicos para líquidos y gases, como tanques de almacenamiento, cisternas, etc.

2513 - Fabricación de generadores de vapor (calderas): 7 empresas.

Incluye la fabricación de calderas y otros generadores de vapor, excepto las calderas de calefacción central.

2520 - Fabricación de armas y municiones: 0 empresas.

Se refiere a la producción de armas y municiones de todo tipo. No hay empresas registradas en este código en Medellín.

2591 - Forja, prensado, estampado y laminado de metal; pulvimetalurgia: 52 empresas.

Incluye procesos de forja, prensado, estampado, laminado de metal y la producción de productos pulvimetalúrgicos.

2592 - Tratamiento y revestimiento de metales; trabajos de ingeniería mecánica en general realizados a cambio de una retribución o por contrato: 118 empresas.

Comprende el tratamiento y revestimiento de metales, como galvanización, anodización, revestimiento con metales preciosos, etc., así como trabajos mecánicos bajo contrato.

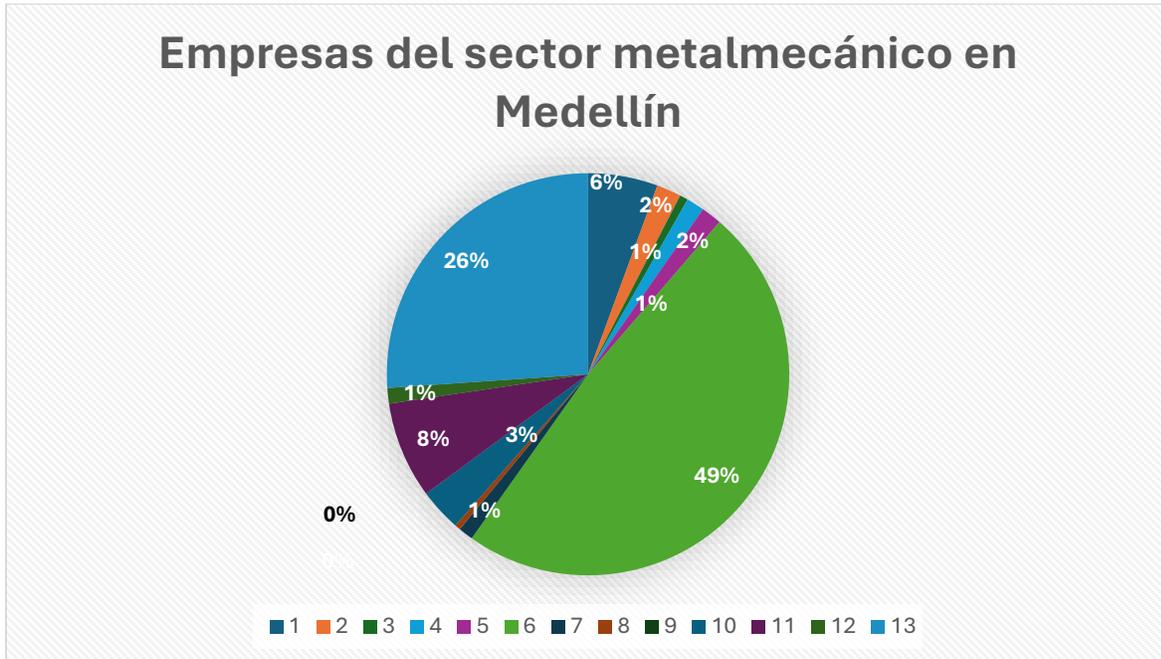
2593 - Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería: 19 empresas.

Incluye la fabricación de cuchillos, tijeras, herramientas manuales y diversos artículos de ferretería.

2599 - Fabricación de otros productos elaborados de metal n.c.p.: 396 empresas.

Este código abarca la fabricación de productos metálicos que no están clasificados en otras categorías, como cerraduras, bisagras, hornos no eléctricos, etc.

Figura 4. Estadística porcentual de las empresas del sector metalmeccánico



Este gráfico presentado en la Figura 4. refleja la gran concentración de empresas en la fabricación de productos metálicos para la construcción (49%) y otros productos elaborados de metal (26%), lo que indica una fuerte orientación de la industria metalmeccánica de Medellín hacia estos subsectores.

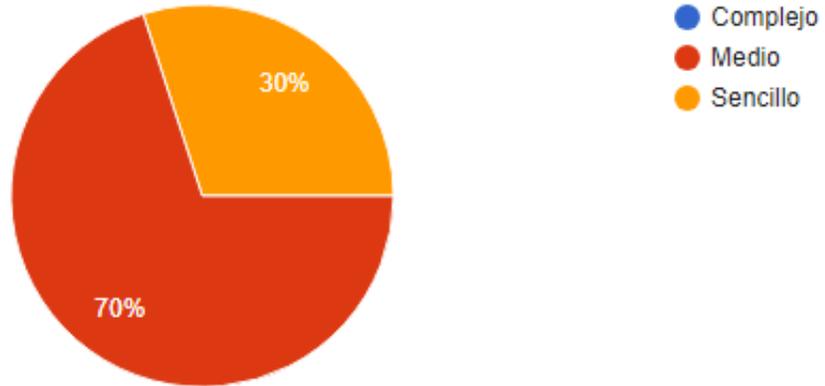
**Encuesta:** Se llevó a cabo un estudio mediante una encuesta dirigida a una población conformada por 2285 empresas pertenecientes al sector metalmeccánico (se adjunta documento de Excel con la base de datos suministrada por la cámara de comercio de Medellín). Se envió la encuesta basada en el anexo A. Vía correo electrónico a las diferentes empresas del sector, solo 10 empresas respondieron parcialmente la encuesta, con dichas respuestas se obtuvo la siguiente información.

De las empresas indagadas la mayoría hace poco uso de la tecnología y herramientas de Inteligencia Artificial por lo cual un proceso de alfabetización digital se hace necesario.

**Variable Arte y Diseño: Producto**

Figura 5. Innovación

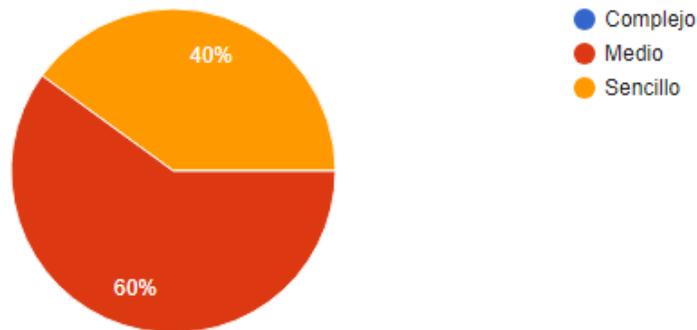
### Innovación



En cuanto a innovación en la figura 5, se puede notar que el 70% de las empresas encuestadas presenta escala de innovación media y el 30% escala de innovación sencilla lo que requiere de un refuerzo en conocimiento sobre maneras de innovar en la empresa.

Figura 6. Adaptación

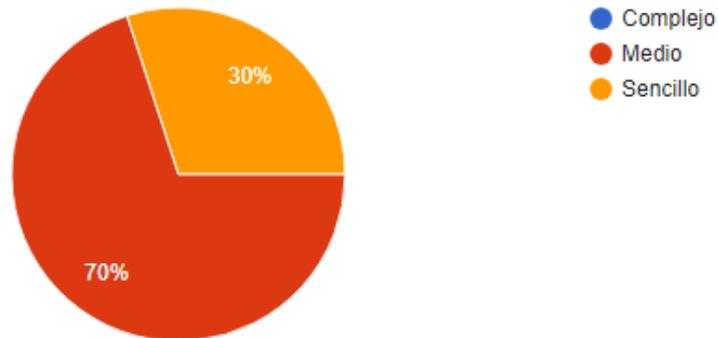
### Adaptación



En cuanto a la adaptación se puede observar que el 60% de las empresas encuestadas realiza adaptación en nivel medio y el 40% en nivel sencillo. Este aspecto requiere de un refuerzo debido a que la adaptación es un factor crucial para el éxito de las empresas.

Figura 7. Copia de producto

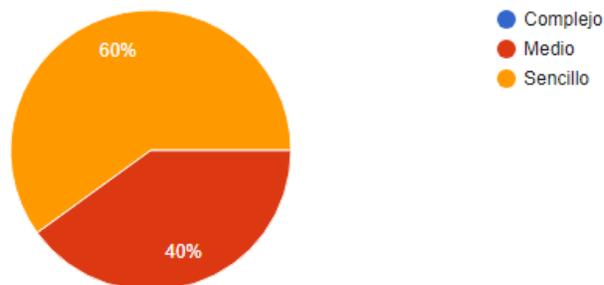
Copia



En cuanto a copiar un producto, se puede notar que el 70% de las empresas realiza sus productos a partir de otros que ya se encuentran en la industria y el 30% trabaja sobre copia de una manera muy tenue por lo cual se puede afirmar que es necesario realizar refuerzo en cuanto a aspectos que se relacionan con la originalidad y también existe desconocimiento sobre los beneficios de escalas de producción inventiva donde existan departamentos de investigación invención.

Figura 8. Nuevo Producto

Nuevo producto

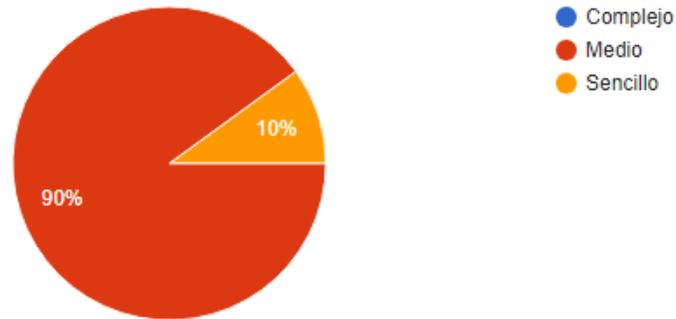


Como se puede ver en la figura 8, el 60% de las empresas encuestadas produce nuevos productos y el 40% produce nuevos productos en escala media lo que permite comprender que es necesario talleres sobre productividad de una forma innovadora para todo el personal de las empresas y procesos de actualización.

## Variable Arte de diseño: Proceso

Figura 9. CAD/CAM

CAD-CAM



En la figura 9 se puede observar que el 90% de las empresas aplica procesos CAD/CAM en la fabricación de los productos en una escala media y el 10% en una escala sencilla, aspecto que requiere ser evaluado y mejorado.

Diseño convencional

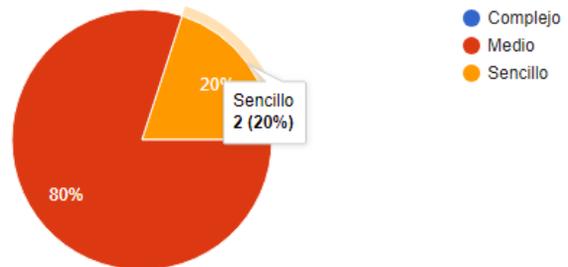
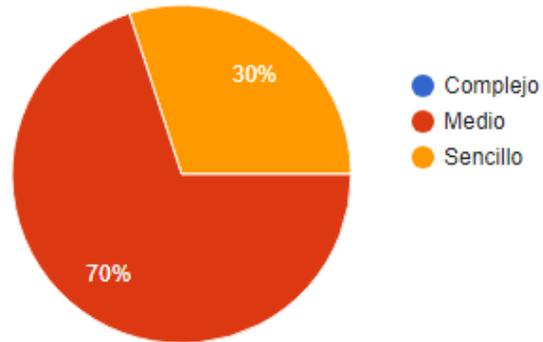


Figura 10. Diseño Convencional

Respecto a la figura 10 es posible observar que el 80% de las empresas evaluadas aplican un estilo convencional y el 20% un diseño sencillo y no se alcanza a tener un porcentaje en nivel complejo, esto requiere un análisis y reevaluación porque estos procesos no permiten el progreso de las empresas en Colombia.

Figura 11. Arranque viruta

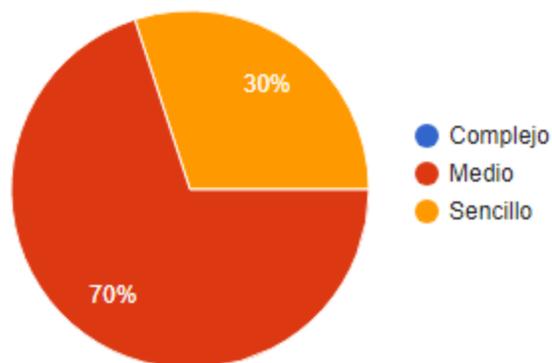
### Con arranque viruta



En figura 11 se puede ver que el 70% de las empresas evaluadas usan arranque viruta medio y el 30% usan arranque viruta sencillo se debe reevaluar que pasa con el uso de arranque de viruta en un nivel complejo por qué no se realiza.

Figura 12. Arranque convencional. Arranque sin viruta

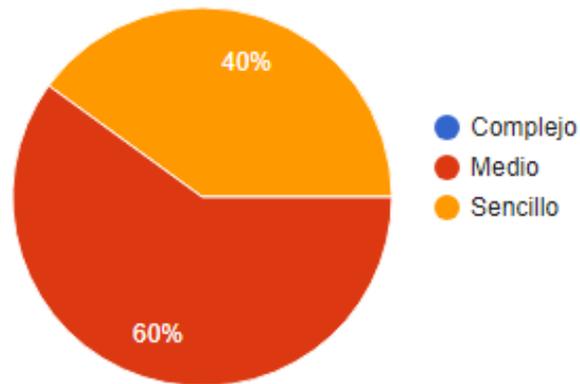
### Sin arranque viruta



En la figura 12 se puede observar que el 70% de las empresas usa arranque sin viruta y el 30% usa arranque sin viruta en un nivel bajo, de nuevo se puede ver que es necesario mejorar estos procedimientos analizando por qué se encuentran en estos niveles.

Figura 13. Arranque No tradicional

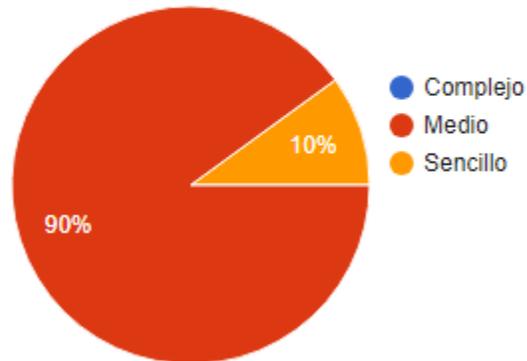
No tradicional



En la figura 13 es posible ver que el 60% de las empresas realiza un arranque no tradicional y el 40% un arranque no tradicional de estilo sencillo, por lo cual es posible afirmar que es necesario reevaluar esta situación y revisar que sucede con las escalas de industrialización a nivel del país.

Figura 14. Arte del diseño. Complejo

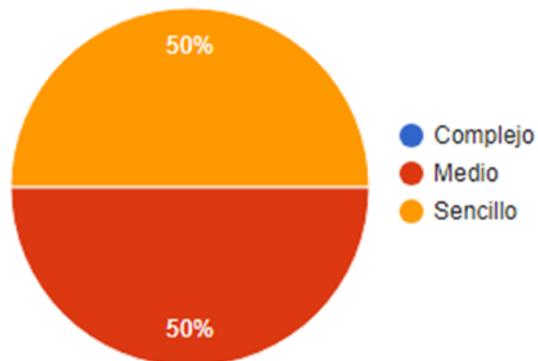
Complejo



En la figura 14 es posible ver que el 90% de las empresas aplica arte de diseño medio y el 10% aplica el arte de diseño de forma sencilla, aspecto que requiere ser analizado y evaluado.

Figura 15. Arte del diseño. Medio

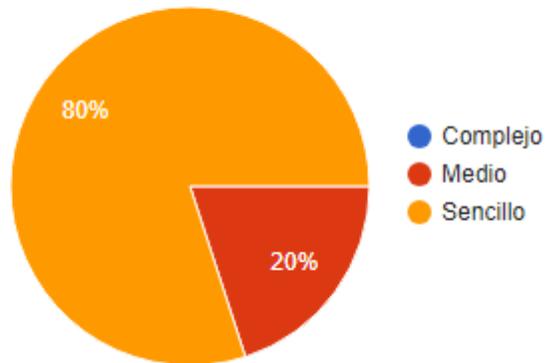
Medio



En la figura 15, se puede observar que el 50% de las empresas usa el arte de diseño en escala media y el 50% en escala sencilla.

Figura 16. Arte del diseño. Sencillo

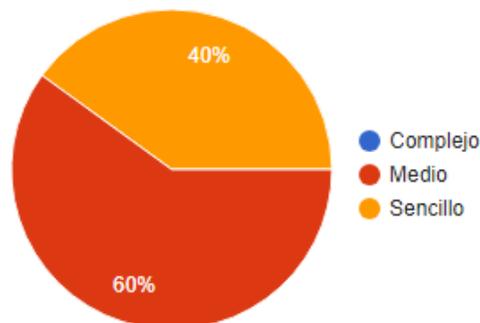
## Sencillo



En la figura 16 se puede ver que el 80% de las empresas aplica el arte de diseño de una forma sencilla y el 20% de una forma muy sencilla por lo cual se requiere observar que sucede en este tipo de servicio por qué se está realizando de esta forma.

Figura 17. Soporte tecnológico de las máquinas y herramientas. Máquina CNC

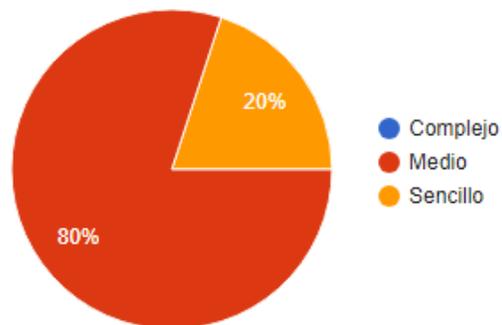
## R1. Máquina CNC



En la figura 17 es posible observar que el 60% de las empresas usa soporte tecnológico en las máquinas y herramientas en especial máquina CNC y el 40% usa soporte tecnológico en un nivel sencillo por lo cual es necesario hacer una evaluación de este proceso.

Figura 18. Soporte tecnológico de las máquinas y herramientas. Universal - convencional

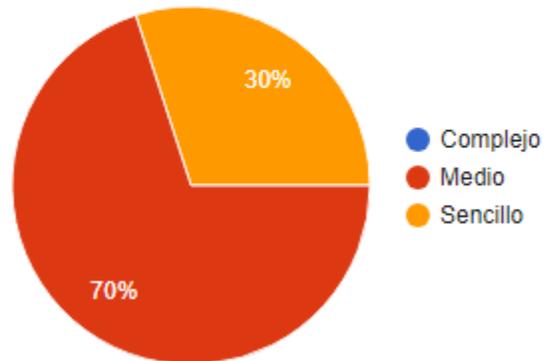
R2. Universal - convencional



En la figura 18, es posible ver que el 80% de las empresas usa soporte tecnológico convencional y el 20% usa soporte convencional de tipo sencillo.

Figura 19. Soporte tecnológico de las máquinas y herramientas. Universal – convencional

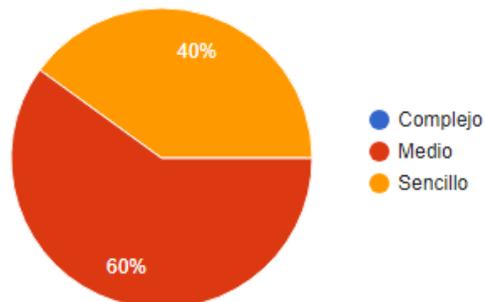
### R3. Especial y/o Es



En la figura 19 se puede apreciar que el 70% de las empresas usa soporte tecnológico de rango 3 especial en término medio y el 30% usa soporte tecnológico en rango 3 sencillo.

Figura 20. Soporte tecnológico de las máquinas y herramientas. Edad. R1. Antes de 1960

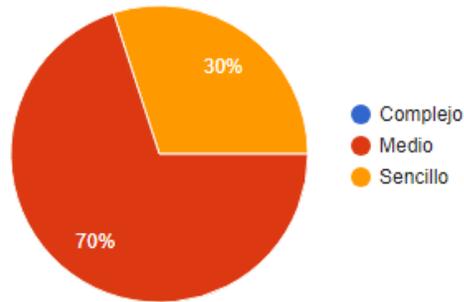
### Edad R1. Antes de 1960



En la figura 20 es posible ver que el 60% de las empresas usa soporte tecnológico en rango 1 en escala media y el 40% en escala sencilla aspecto que requiere ser reevaluado pues máquinas de antes de 1960 son maquinarias que ya están demasiado obsoletas.

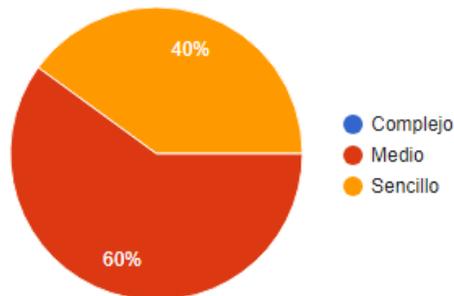
Figura 21. Soporte tecnológico de las máquinas y herramientas. Edad. R2. Antes de 1961-1970

Edad R2. Antes de 1961-1970



En la figura 21 es posible observar que el 70% de las empresas usa soporte tecnológico de máquinas y herramientas en rango 2 y el 30% usa soporte tecnológico en rango 2 aspecto que de igual forma que el anterior requiere ser reevaluado.

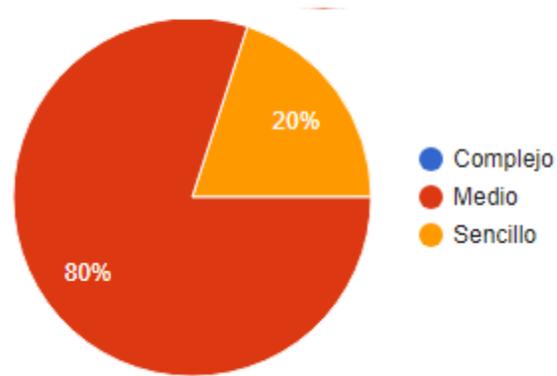
Figura 22. Soporte tecnológico de las máquinas y herramientas. Edad. R3. Antes de 1971-1980  
Edad R3. Antes de 1971-1980



En la figura 22 es posible observar que el 60% de las empresas usa soporte tecnológico de las máquinas y herramientas en rango 3 medio y el 40% en rango 3 sencillo que debe ser reevaluado.

Figura 23. Soporte tecnológico de las máquinas y herramientas. Edad. R4. Antes de 1981-1990

#### Edad R4. Antes de 1981-1990



En la figura 23 es posible ver que el 80% de las empresas usa soporte tecnológico de máquinas y herramientas rango 4 medio y el 20% rango 4 sencillo lo que permite observar que es necesario reevaluar la situación.

Figura 24. Soporte tecnológico de las máquinas y herramientas.

#### Precisión R1. Décimas mm.

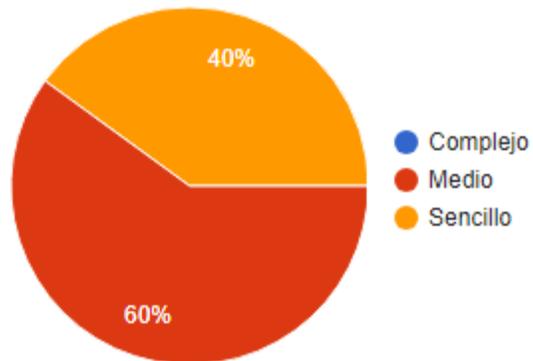


Figura 25. Soporte tecnológico de las máquinas y herramientas.

Precisión R2. Centésimas mm.

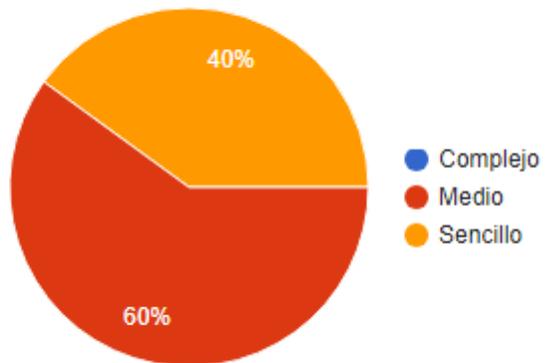


Figura 26. Soporte tecnológico de las máquinas y herramientas.

Precisión R3. Milésimas mm.

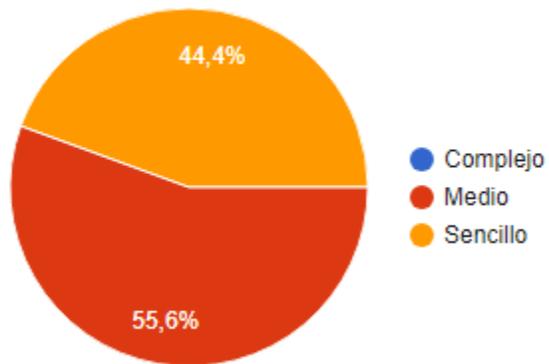
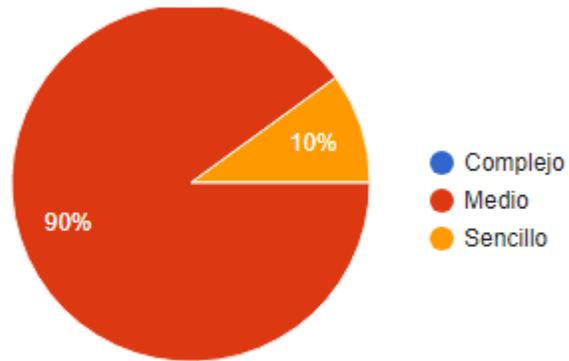


Figura 27. Soporte tecnológico de las máquinas y herramientas. Mando R1. Manual

Mando R1. Manual



En cuanto a las figuras 24 a 27 se puede ver que sobresale el soporte tecnológico de las máquinas y herramientas en mando manual lo que permite observar que existe un uso del 90% de las empresas en este rango medio y un 10% en rango sencillo.

Figura 28. Soporte tecnológico de las máquinas y herramientas. Mando R2. Hidráulico

Mando R2. Hidráulico

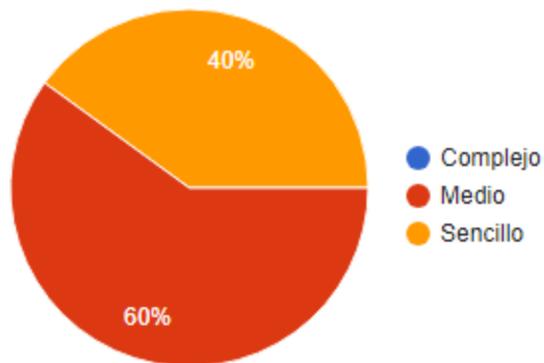


Figura 29. Soporte tecnológico de las máquinas y herramientas. Mando R3. Neumático

### Mando R3. Neumático

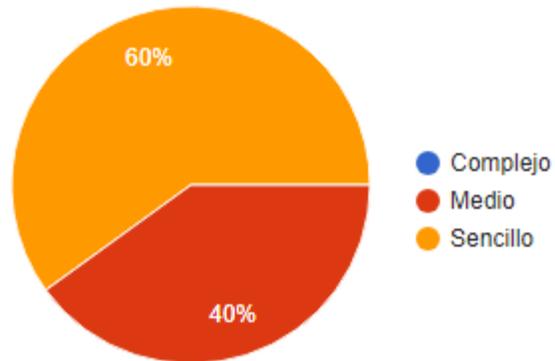


Figura 30. Soporte tecnológico de las máquinas y herramientas. Mando R4. Electromecánica

Soporte tecnológico

### Mando R4. Electromecánico

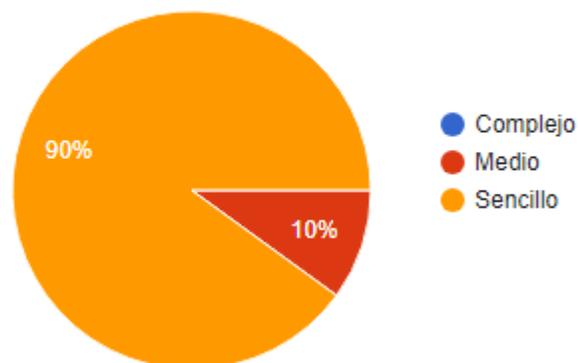


Figura 31. Soporte tecnológico de las máquinas y herramientas. Mando R.5. Electrónico

Mando R5. Electrónico

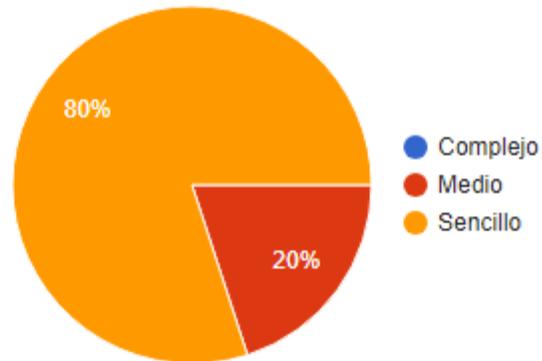


Figura 32. Soporte tecnológico de las máquinas y herramientas. Mando R.6. Computarizado

Mando R6. Computarizado

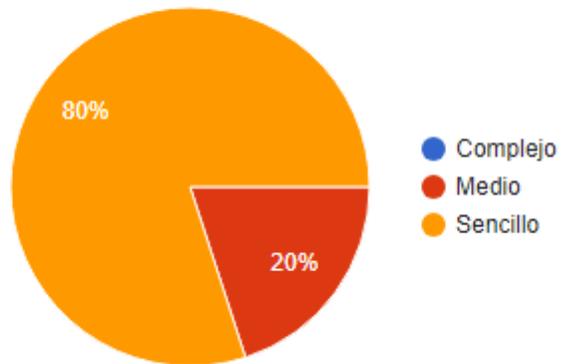


Figura 33. Dispositivos especiales. R1. Visual digital

## Dispositivos especiales R1. Visual digital

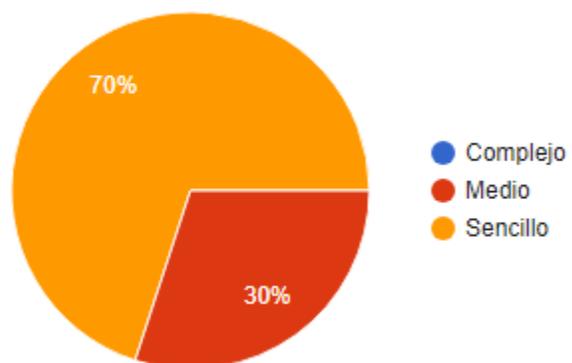


Figura 34. Dispositivos especiales. R2. Especial de sujeción

Dispositivos especiales R2. Especial de Sujc

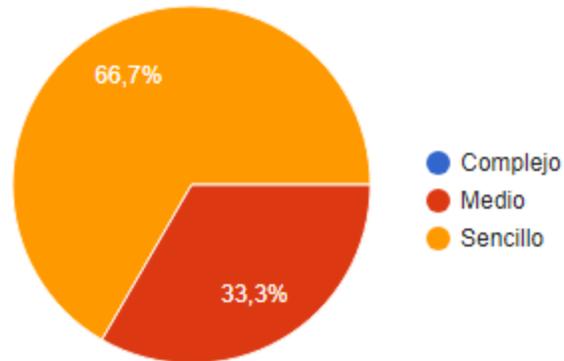
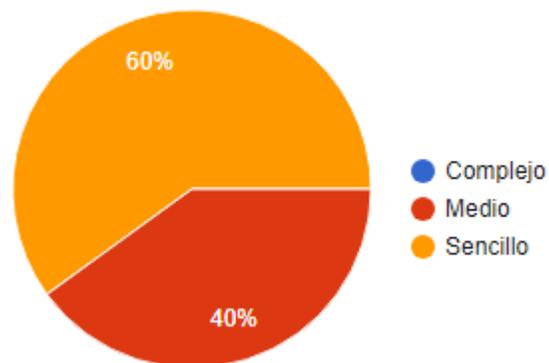


Figura 35. Dispositivos especiales. R3. Herramientas especiales

Dispositivos especiales R3. Herramientas especiales



De las figuras 29 a 35 es posible observar que sobresale el uso de mandos electromecánico y electrónico en un nivel sencillo lo que requiere una reevaluación.

Figura 36. Tiempo de duración. R1. 0-4 horas

Tiempo de duración R1. 0-4 horas

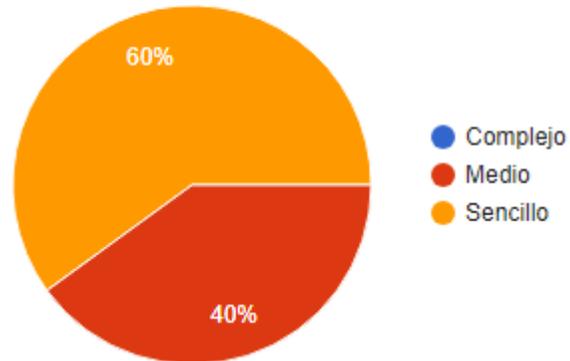


Figura 37. Tiempo de duración. R2. 5-8 horas

Tiempo de duración R2. 5-8 horas

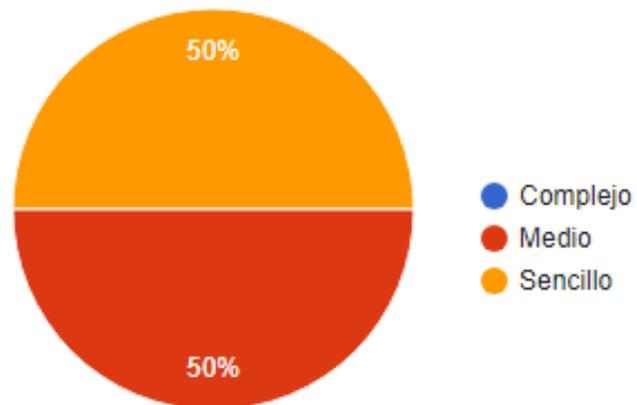


Figura 38. Tiempo de duración. R3. 9-12 horas

Tiempo de duración R3. 9-12 horas

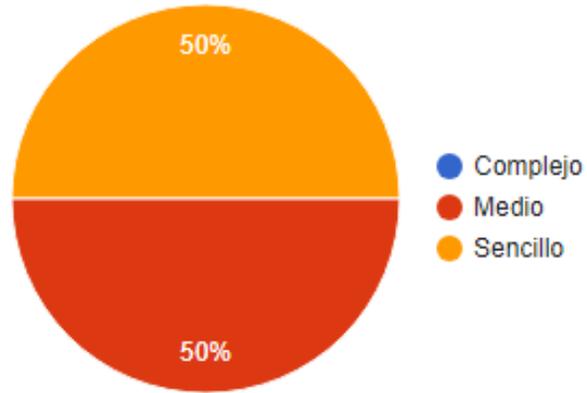
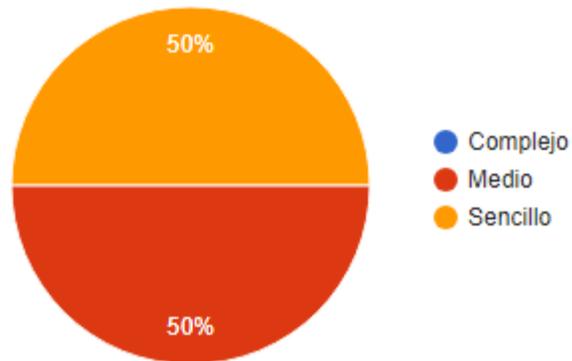


Figura 39. Tiempo de duración. R4. 13-24 horas

Tiempo de duración R4. 13-24 horas



Para el caso de las figuras 36 a 39 es posible ver que sobresale el uso del tiempo de duración de uso de las máquinas entre 0 a 4 horas y los demás rangos horarios se realizan en 50% medio y 50% sencillo.

Figura 40. Capacidad técnica de la gestión y la organización. Materia prima

### Materia prima

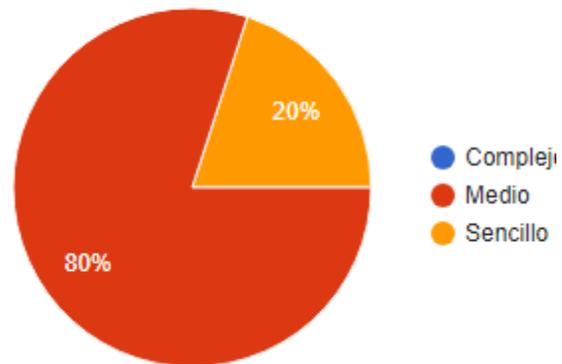


Figura 41. Capacidad técnica de la gestión y la organización. Proceso manufactura

### Proceso manufactura

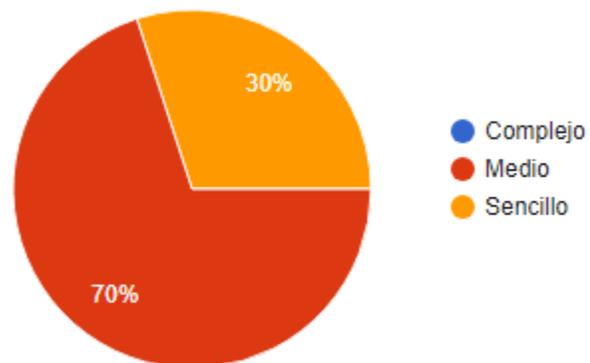


Figura 42. Capacidad técnica de la gestión y la organización. Producto final

### Producto final

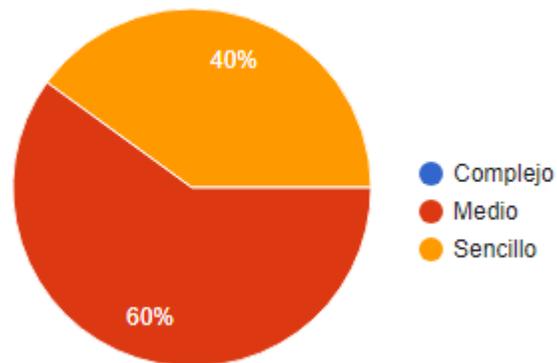
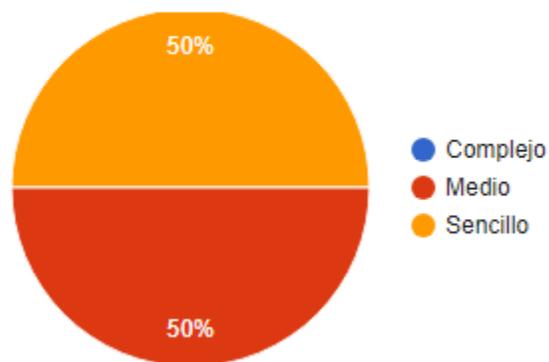


Figura 43. Capacidad técnica de la gestión y la organización. No tradicional

### No tradicional



Para el caso de las figuras 40 a 43 es posible observar que la capacidad técnica de gestión y organización conduce a la obtención de un producto final para el 60% de las empresas en escala media y para el 40% en escala sencilla lo que no es bueno para el desarrollo empresarial de la región y requiere una evaluación.

Figura 44. Capacidad técnica de la gestión y la organización. Predictivo

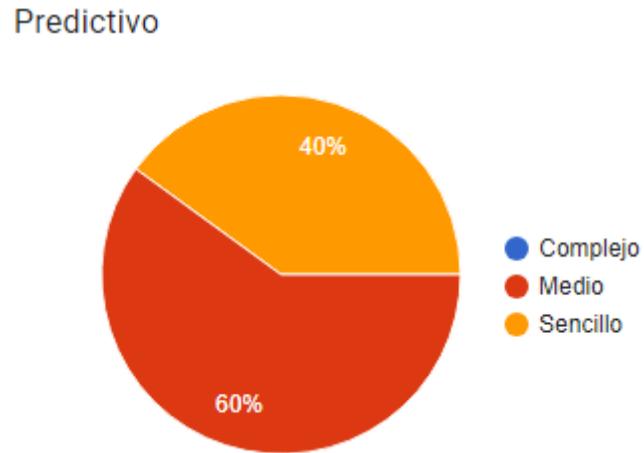


Figura 45. Capacidad técnica de la gestión y la organización. Preventivo

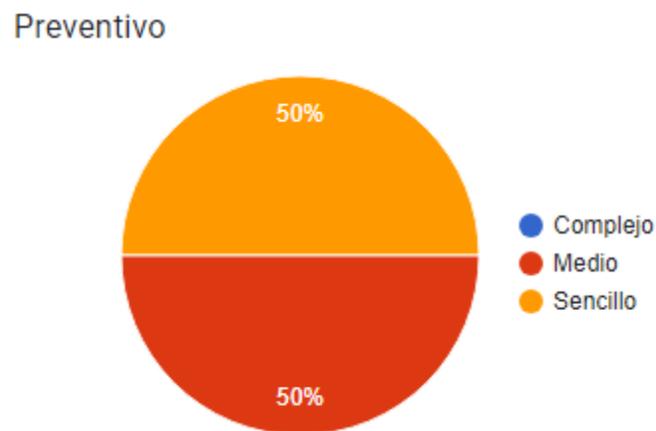


Figura 46. Capacidad técnica de la gestión y la organización. Correctivo

### Correctivo

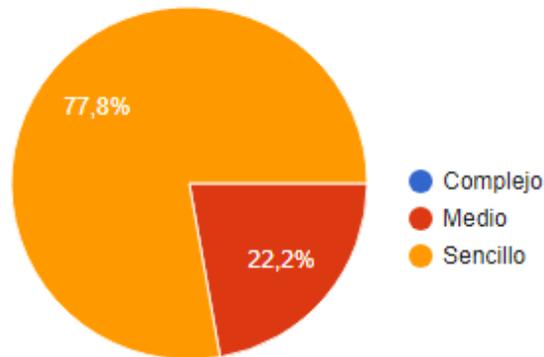
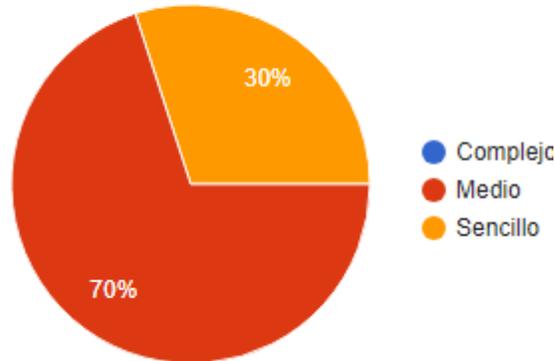


Figura 47. Capacidad técnica de la gestión y la organización. Diseño del proceso

### Diseño de proceso



Para el caso de las figuras 44 a 47 es posible observar que en cuanto a la capacidad técnica de gestión y la organización sobresale el uso de control predictivo para el 60% de las empresas en escala media y para el 40% en escala sencilla y en cuanto al diseño del proceso para el 70% de las empresas se realiza diseño del proceso en escala media y para el 30% en escala sencilla.

Figura 48. Capacidad técnica de la gestión y la organización. Diseño de producto

### Diseño de producto

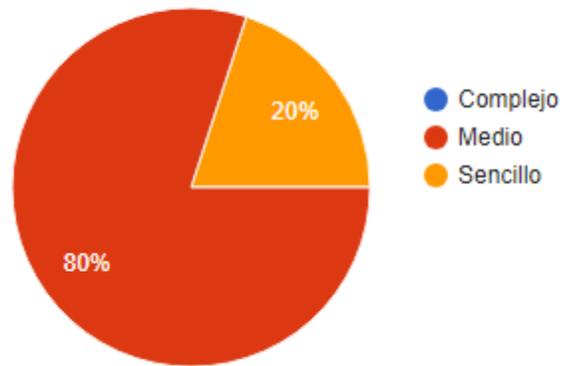
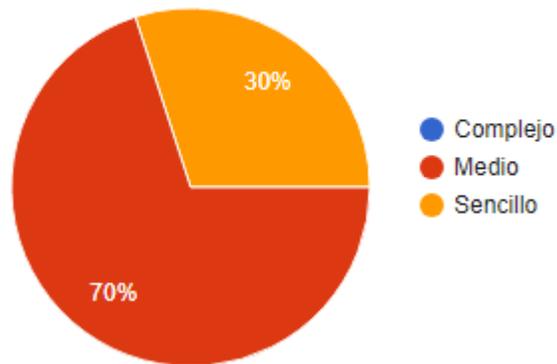


Figura 49. Capacidad técnica de la gestión y la organización. Control de calidad

### Control de calidad



En cuanto a las figuras 48 y 49 es posible observar que el 80% de las empresas realiza un diseño de producto en escala media y el 20% en escala sencilla y en cuanto al control de calidad el 70% de las empresas lo realiza en escala media y el 30% en escala sencilla.

Figura 50. Capacidad técnica de la gestión y la organización. Profesional

### Profesional

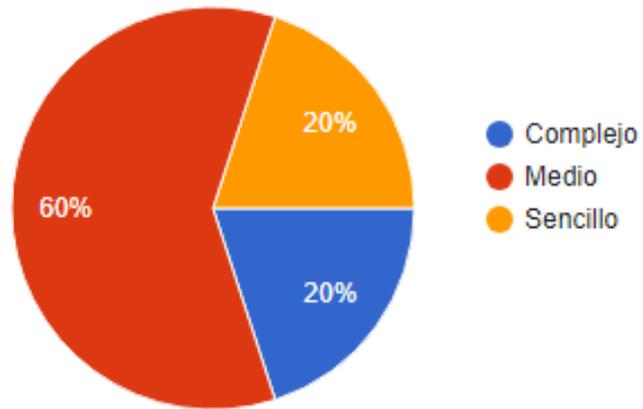


Figura 51. Capacidad técnica de la gestión y la organización. Técnico

### Técnico

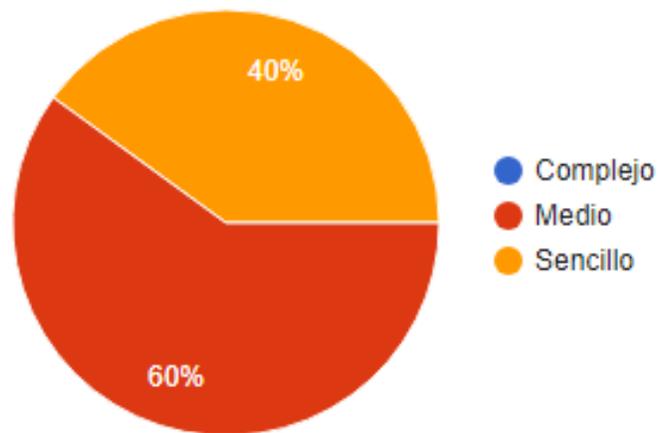
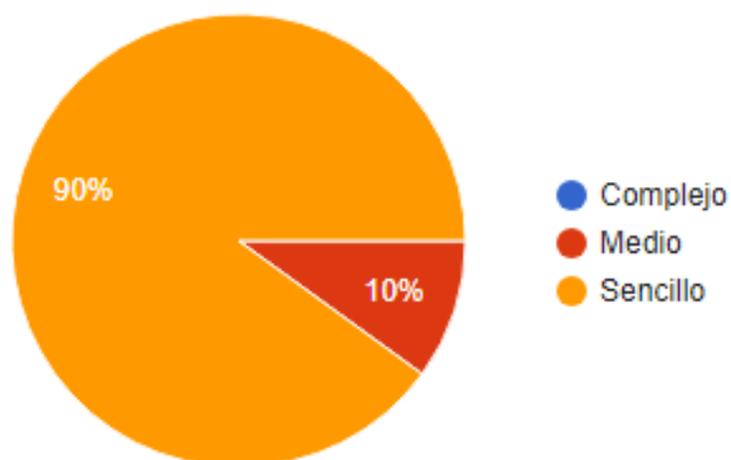


Figura 52. Capacidad técnica de la gestión y la organización. Obrero

## Obrero



En cuanto a las figuras 50 a 52 es posible observar que sobresale el uso de personal de alta complejidad para el 20% de las empresas y en estilo obrero sobresale el uso de personal de este nivel sencillo para el 90% de las empresas.

Figura 53. Capacidad técnica de la gestión y la organización. Serie

## Serie

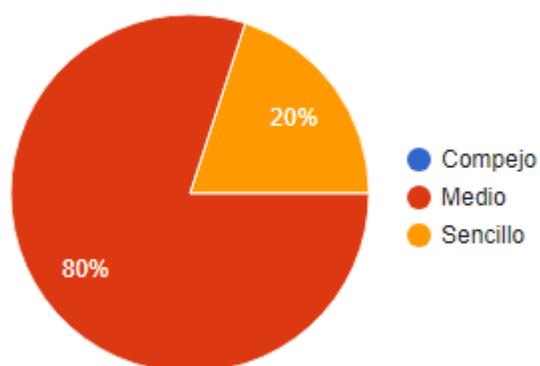


Figura 54. Capacidad técnica de la gestión y la organización. Lotes

### Lotes

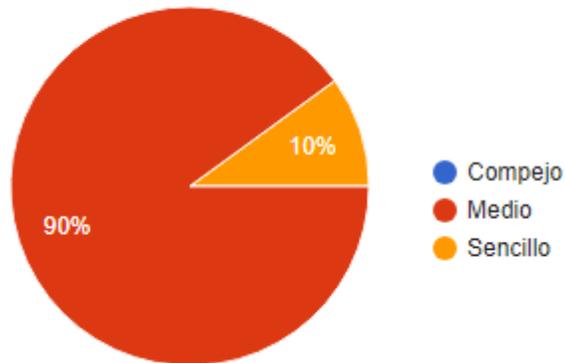
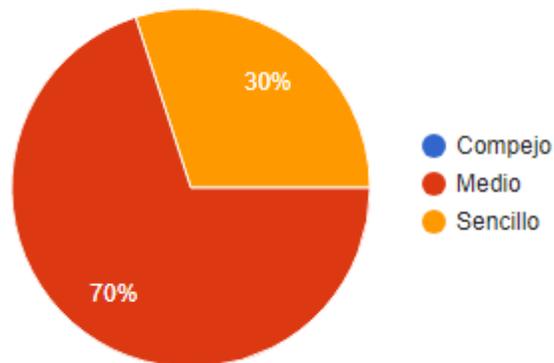


Figura 55. Capacidad técnica de la gestión y la organización. Individual

### Individual



A partir de las figuras 53 a 55 es posible observar que sobresale la capacidad de gestión y organización de una forma individual en nivel medio lo que permite afirmar que es necesario el uso de técnicas de trabajo en equipo.

Tabla de conclusiones:

<b>Variable de Evaluación</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Valor Mayoritario</b>
Arte del Diseño del Producto	Nivel del Diseño	Sencillo, Medio
	Soporte del Diseño	CAD-CAM, Diseño Convencional
	Nivel de Tecnología	Con arranque Viruta, Sin arranque Viruta
El Soporte Tecnológico de las Máquinas Herramientas	Tipo de Máquina	CNC, Universal Convencional
	Edad	1981-1990
	Precisión y Mando	Manual, Hidráulico, Electrónico
	Dispositivos Especiales	Especial de Sujeción
La Capacidad Técnica de la Gestión y la Organización	Control de Calidad	Materia Prima, Proceso Manufactura, Producto Final
	Tipo de Mantenimiento	Predictivo, Correctivo
	Asistencia Técnica	Diseño Proceso, Diseño Producto, Control de Calidad
	Personal Calificado	Profesional, Técnico
	Escala de Producción	Serie, Lotes, Individual

Fase II: Durante la Fase II, el enfoque fue la investigación y evaluación de estrategias y prácticas exitosas en otros contextos que podrían ser aplicables a los desafíos encontrados. Se investigó y evaluaron diversas estrategias y prácticas exitosas en otros contextos similares o la misma

industria, con el propósito de proponer soluciones efectivas y viables para los desafíos identificados. Se descubrió que la mayoría de las empresas investigadas usan tecnología y herramientas de Inteligencia Artificial en menor medida, lo que señala la necesidad de promover la alfabetización digital.

A continuación, se enumeran algunas estrategias exitosas en diversos ámbitos, para implementar en la industria metalmecánica en Medellín

1. Implementación de Lean Manufacturing: Adoptar principios de Lean Manufacturing puede ayudar a reducir el desperdicio y mejorar la eficiencia en los procesos de producción. Esto incluye prácticas como la mejora continua (Kaizen), Just-in-Time (JIT), y el uso de herramientas como 5S y Kanban para optimizar el flujo de trabajo y reducir tiempos de espera (Biblioteca Digital USB, 2023).

2. Automatización y Digitalización: Invertir en tecnologías avanzadas como el CAD/CAM para diseño y manufactura asistida por computadora, así como la adopción de maquinaria CNC (Control Numérico Computarizado), puede aumentar la precisión y reducir el tiempo de producción. La digitalización de procesos permite una mayor flexibilidad y capacidad de respuesta ante cambios en la demanda (Posada, 2004).

3. Capacitación y Desarrollo del Personal: Invertir en la formación continua del personal técnico y operativo es crucial para mantener un alto nivel de competitividad. Programas de capacitación en nuevas tecnologías, técnicas de manufactura y gestión de calidad aseguran que los trabajadores estén preparados para manejar y mantener los nuevos sistemas y procesos (Zuluaga, 2004).

4. Estrategias de Calidad Total (TQM): Implementar sistemas de gestión de calidad total (TQM) puede mejorar la calidad del producto y la satisfacción del cliente. Esto implica el control riguroso de cada etapa del proceso de producción y la implementación de estándares internacionales de calidad, como ISO 9001 (Viera Ochoa, 2004).

5. Sostenibilidad y Responsabilidad Ambiental: Adoptar prácticas sostenibles no solo mejora la reputación de la empresa, sino que también puede reducir costos a largo plazo. Esto incluye la

gestión eficiente de recursos, la reducción de residuos y la implementación de energías renovables en los procesos productivos (Posada, 2004).

6. Colaboración y Alianzas Estratégicas: Establecer alianzas con otras empresas del sector, así como con instituciones educativas y de investigación, puede facilitar el acceso a nuevas tecnologías y conocimientos. Estas colaboraciones pueden fomentar la innovación y el desarrollo de nuevas soluciones y productos (Colombia Productiva, 2023).

Implementar estas estrategias puede ayudar a las empresas metalmeccánicas en Medellín a mejorar su competitividad y eficiencia en el mercado global.

Fase III: Con el fin de proponer soluciones prácticas y sostenibles para abordar los desafíos identificados en la industria se plantea la posibilidad de realizar un diplomado integral, denominado "El Sector Metalmeccánico en la Industria 4.0 para Colombia", que aborda de manera profunda y práctica las necesidades identificadas en la investigación.

El contenido del diplomado se ha diseñado específicamente para atender los desafíos y áreas de mejora identificados en la industria metalmeccánica de Medellín. Ofrece una formación integral que abarca desde conceptos básicos de metalurgia hasta las últimas tendencias de la Industria 4.0, incluyendo temas como la deformación de metales, diagramas de equilibrio, tratamientos térmicos en aceros, aceros aleados, estudio de mercado, técnicas de exportación e importación, y metalurgia en la Industria 4.0. El diplomado permite a los participantes actualizar sus conocimientos y habilidades en las últimas tecnologías y metodologías aplicadas en la industria metalmeccánica, lo que les permitirá mejorar la eficiencia, la productividad y la competitividad de sus empresas.

Incluye un módulo dedicado a la metalmeccánico en la Industria 4.0, donde se abordan temas como la automatización, la robótica, el Internet de las Cosas (IoT) y la inteligencia artificial (IA), y cómo estas tecnologías pueden ser aplicadas para optimizar procesos y mejorar la calidad de los productos. Al finalizar el diplomado, los participantes recibirán un certificado virtual de participación, lo que les permitirá acreditar sus nuevos conocimientos y habilidades ante potenciales empleadores o clientes. El contenido del diplomado responde de manera integral a las

necesidades del sector y ofrece una formación valiosa para que los participantes puedan actualizar sus conocimientos, mejorar sus habilidades y contribuir al desarrollo sostenible de la industria.

En cuanto a la metodología del diplomado, el formato de webinars sincrónicos o asincrónicos permite que los participantes puedan ajustar su horario de estudio a sus necesidades y responsabilidades. Los participantes pueden acceder al contenido del diplomado desde cualquier lugar con conexión a internet. Este diplomado contribuye a la formación continua y al fortalecimiento del sector metalmeccánico de Colombia, lo que se traduce en un impacto positivo en la economía y el desarrollo sostenible del país. Es decir, representa una solución práctica y sostenible para abordar los desafíos identificados en la industria metalmeccánica de Medellín.

### **Contenido del diplomado**

1. Introducción a la metalurgia
2. Deformación de metales
3. Diagramas de Equilibrio
4. Diagramas de Carbono y fundiciones
5. Tratamientos térmicos en aceros
6. Aceros aleados
7. Estudio del mercado y técnicas de exportación e importación de productos metalmeccánicos.
8. metalmeccánica en la industria 4.0

## Análisis

Según el estudio realizado a las empresas encuestadas, es claro que es necesario implementar y promover programas de formación enfocados en la recuperación y el fortalecimiento del sector metalmeccánico en Medellín. Con una presencia importante en la región, este sector es crucial para el desarrollo económico y educativo de la ciudad. Dado que Medellín es una zona universitaria, ofrece un entorno favorable para la formación de profesionales que podrían hallar oportunidades laborales locales, lo cual evitaría la migración hacia el exterior del país.

Es esencial implementar programas formativos, como el diplomado "El Sector Metalmeccánico en la Industria 4.0", para hacer frente a los desafíos identificados en el sector. Este diplomado brindará formación completa en áreas importantes como la deformación de metales, diagramas de equilibrio, tratamientos térmicos y la implementación de tecnologías de la Industria 4. También promoverá la alfabetización digital y el uso de herramientas de inteligencia artificial. Es necesario un enfoque educativo que permita actualizar y mejorar las habilidades de los profesionales del sector, ya que la falta de estas competencias tecnológicas en las empresas indagadas resalta esa necesidad.

## Conclusiones

Es crucial para la recuperación y desarrollo sostenible del sector metalmeccánico en Medellín crear y difundir programas formativos específicos. Los programas no solo van a mejorar las habilidades técnicas y de gestión de los profesionales del sector, sino también van a fortalecer la economía local y regional al promover un entorno favorable para el emprendimiento y la innovación. Además, es necesario tener el respaldo de entidades académicas, gubernamentales y del sector privado para garantizar el éxito de estas iniciativas, ya que juntas pueden establecer un entorno propicio para la educación y el crecimiento constante.

Se propuso una estrategia que impulsa la mejora continua por medio de la realización de ciclos educativos gratuitos que pueden ser realizados por la alcaldía de Medellín y contribuyan al desarrollo sostenible de la industria metalmeccánica en Medellín y sus alrededores para abordar los desafíos identificados en el sector, tales como sectores que no están siendo explotados lo suficientemente por falta de tecnología.

Se ha identificado que el principal desafío es abordar a todas las empresas para que se alfabeticen de forma digital de tal forma que puedan comprender términos como la eficiencia, sostenibilidad en el tiempo de la empresa y como pueden ser competitivos a futuro dado que la brecha digital se está acrecentando aún más.

Se investigó y evaluó distintas estrategias y prácticas que han sido exitosas tales como la inclusión de la inteligencia artificial para acelerar los procesos de producción y la integración de tecnología de punta para mejorar la calidad de los productos que se fabrican.

Finalmente, realizó la propuesta del diplomado de carácter gratuito para las empresas de este sector identificado de la forma que se promueva la educación y formación para el trabajo de tal forma que puedan seguir mejorando sus procesos de producción con ayuda de nuevos conceptos de industria 4.0 esto se puede trabajar por medio del sistema general de regalías desde el fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación en las distintas convocatorias que se presentan a lo largo del año.

## Referencias Bibliográficas

1. Banco Mundial. (2021). El impacto de COVID-19 en el sector industrial. [World Bank] (<https://www.worldbank.org/en/who-we-are/news/coronavirus-covid19>)
2. BBC News. (2022, 11 de mayo). China vuelve a cerrar ciudades por brotes de COVID-19. [BBC News](<https://www.bbc.co.uk/news/59882774>)
3. Foro Económico Mundial. (2020). La Industria 4.0 y el futuro del trabajo. [World Economic Forum] (<https://www.weforum.org/agenda/2023/01/davos23-industry-transformation-efficiency-productivity/>)
4. Gutiérrez, R., & Ordóñez, J. (2021). El impacto de la pandemia de COVID-19 en las cadenas de suministro globales: un análisis desde la perspectiva de la teoría de sistemas complejos. \*Estudios Gerenciales, 37\*(133), 23-41.
5. Instituto ASTECO. (2022). Informe de coyuntura económica: segundo trimestre de 2022. [Instituto ASTECO](<https://www.institutoasteco.com/indexIE.html>)
6. OIT. (2020). El impacto del COVID-19 en el mundo del trabajo: Informe de la OIT. [OIT](<https://ilostat.ilo.org/topics/covid-19/>)
7. METALMECANICA. (2023). La industria metalmecánica en Latinoamérica perspectivas y oportunidades. [METALMECANICA](<https://www.metalmecanica.com/es/blog/la-industriametalmecanica-en-latinoamerica-en-2023-perspectivas-y-oportunidades>)
8. CEPAL. (2022). International Trade Outlook for Latin America and the Caribbean. [CEPAL](<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/f8cf44b5-57cf-414f-adc3-3d6a0dd1b86c/content>)
9. ARCOS, Carlos A. ANÁLISIS DE COMPETITIVIDAD, INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA EN EL SECTOR METALMECÁNICO COLOMBIANO. [Poligran](<https://journal.poligran.edu.co/index.php/encuentros/article/download/2629/2595/6505>)
10. CAMACOES. (2020). Cámara de Comercio hispano colombiana. [Asturex](<https://www.asturex.org/wp-content/uploads/2020/05/Informe-Sector-Metalmeca%CC%81nico.pdf>)
11. VIERA, Carolina. Análisis de competitividad del sector metalmecánico en Antioquia frente a los mercados internacionales. [EIA Repository] (<https://repository.eia.edu.co/server/api/core/bitstreams/7bf2e854-333a-433f-9d03-900878391dd5/content>)
12. HERNANDEZ, FERNANDEZ Y SAMPIERI. Metodología de la Investigación. Editorial Mc. Graw Hill. 2014.

13. ANDI. (2019). Informe de Gestión FEDEMETAL de la ANDI. [ANDI](<https://www.andi.com.co/Uploads/INFORME%20DE%20GESTI%C3%93N%202019.pdf>)
14. CORDOBA, E. (1990). El estado tecnológico de la industria colombiana. [Dialnet](<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4902499.pdf>)
15. MásCOLOMBIA [MásCOLOMBIA](<https://mascolombia.com/seccion/industria/>)
16. Cámara de comercio de Medellín [Cámara de comercio de Medellín](<https://www.camaramedellin.com.co/transparencia>)
17. Biblioteca Digital USB. (2023). Estrategias Lean Manufacturing para una empresa del sector metalmecánico. [USB](<https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/7739a040-e3ab-433b-a320-3ff97b730841/content>)
18. Posada, J. G. A. (2004). Estudio de las mejores prácticas en manufactura. [Universidad EAFIT](<https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/889>)
19. Zuluaga, A. A. C. (2004). Diagnóstico para evaluar el estado de la implementación tecnológica de las pymes del sector metalmecánico en el AMCO. [UTP Repository] (<https://repositorio.utp.edu.co/bitstreams/5964cf63-89bc-400b-950b-c45e8b6ba7cb/download>)
20. Viera Ochoa, C. (2004). Análisis de competitividad del sector metalmecánico. [EIA Repository] (<https://repository.eia.edu.co/bitstreams/7bf2e854-333a-433f-9d03-900878391dd5/download>)
21. Colombia Productiva. (2023). Sector metalmecánico. [Colombia Productiva](<https://www.colombiaproductiva.com/CMSPages/GetFile.aspx?guid=bec33987-5b31-4e79-a282-e971572f1951>)

Anexo A. Instrumento para evaluación del estado actual de las empresas del sector metalmecánico de Medellín

Figura A1. Instrumento para determinar el estado actual de las empresas del sector metalmecánico en Medellín.

CUADRO SINTESIS DEL INSTRUMENTO DE LA OBSOLESCENCIA O EL ESTADO TECNOLÓGICO DE LA INDUSTRIA DE BIENES DE CAPITAL						
VARIABLES DE EVALUACION		PARAMETROS DE EVALUACION		FUNCION OBJETIVO TIPO DE PRODUCTO		
				COMPLEJO	MEDIO	SENCILLO
ARTE DEL DISEÑO	PRODUCTO	NIVEL DEL DISEÑO DEL PRODUCTO	1. Innovación			
			2. Adaptación			
			3. Copia			
			4. Nuevo Producto			
	PROCESO	SOPORTE DEL DISEÑO	1. CAD - CAM			
			2. Diseño Convencional			
			3. Dibujo - Adaptación			
			1. Con arranque Viruta			
PROCESO	NIVEL DE TECNOLOGIA	2. Sin arranque Viruta				
		3. No tradicional				
		1. Complejo				
		2. Medio				
PROCESO	RANGO DE DISEÑO DEL PROCESO	3. Sencillo				
PUNTAJE ESPECIFICO						
EL SOPORTE TECNOLÓGICO DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS	CALIDAD DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS	TIPO DE MAQUINA	R1. Máquina CNC			
			R2. Universal Conven			
			R3. Especial y/o Es			
			R1. Antes de 1960			
	CALIDAD DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS	EDAD	R2. 1961 - 1970			
			R3. 1971 - 1980			
			R4. 1981 - 1990			
			1. Precisión.	R1. Decimas mm.		
	CALIDAD DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS	Mando.	R2. Centésimas mm.			
			R3. Milésimas mm.			
			R1. Manual			
			R2. Hidráulico			
			R3. Neumático			
			R4. Electromecánico			
CALIDAD DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS	Dispositivos Especiales	R5. Electrónico				
		R6. Computarizado				
		R1. Visual Digital				
CALIDAD DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS	TIEMPO DE OCUPACION DIARIA	R2. Especial de Sujc.				
		R3. Herramientas Espc.				
		R1. 0 - 4 horas				
		R2. 5 - 8 horas				
LA CAPACIDAD TECNICA DE LA GESTION Y LA ORGANIZACION	CONTROL DE CALIDAD	R3. 9 - 12 horas				
		R4. 13 - 24 horas				
		1. Materia Prima				
		2. Proceso Manufactura				
	CONTROL DE CALIDAD	TIPO DE MANTENIMIENTO	3. Producto Final			
			4. No Tradicional			
			1. Predictivo			
	CONTROL DE CALIDAD	ASISTENCIA TECNICA	2. Preventivo			
			3. Correctivo			
			1. Diseño Proceso			
	CONTROL DE CALIDAD	PERSONAL CALIFICADO	2. Diseño Producto			
			3. Control de Calidad			
			1. Profesional			
	CONTROL DE CALIDAD	ESCALA DE PRODUCCION	2. Técnico			
3. Obrero						
1. Serie						
CONTROL DE CALIDAD	ESCALA DE PRODUCCION	2. Lotes				
		3. Individual				
PUNTAJE ESPECIFICO						
PUNTAJE TOTAL						

Fuente: CORDOBA (1990).