LA INTEGRALIDAD CURRICULAR Y SUS TENSIONES EN PROGRAMAS DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIEROS MECATRÓNICOS

PRESENTADO POR:
FREDY ALEXANDER GUASMAYÁN GUASMAYÁN

UNIVERSIDAD DE NARIÑO, RUDECOLOMBIA
DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
SAN JUAN DE PASTO
2023

LA INTEGRALIDAD CURRICULAR Y SUS TENSIONES EN PROGRAMAS DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIEROS MECATRÓNICOS

PRESENTADO POR:
FREDY ALEXANDER GUASMAYÁN GUASMAYÁN

DIRECTORA DE TESIS
DOCTORA MIREYA USCÁTEGUI DE JIMÉNEZ

Tesis de grado para optar al Título de Doctor en Ciencias de la Educación

UNIVERSIDAD DE NARIÑO, RUDECOLOMBIA
DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
SAN JUAN DE PASTO
2023

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor”.

Artículo 1ro del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN:

Fecha de sustentación:

16 de marzo de 2023

Calificación:

4.5

BEETHOVEN NARVÁEZ ROMO

Jurado internacional

VIVIANA QUINTERO DALLOS

Jurado Nacional

PEDRO PABLO SANTACRUZ GUERRERO

Presidente del jurado

San Juan de Pasto, marzo 16 de 2023

DEDICATORIA

El autor dedica la presente investigación a todos y cada uno de los miembros de su familia, quienes le brindaron su apoyo incondicional, en cada momento, para no desfallecer y le motivaron a seguir los caminos de su realización personal.

Fredy Alexander Guasmayán Guasmayán

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que apoyaron, de una u otra manera, el proceso, en cada una de sus etapas, para llevar a feliz término el presente trabajo de grado.

Fredy Alexander Guasmayan Guasmayán

RESUMEN

La formación de Ingenieros Mecatrónicos en Colombia devela la existencia de dos tipos de tensiones, en primer lugar a nivel curricular afectado por la realidad de la formación universitaria tradicional, monodisciplinar y desagregada que conllevan a la necesidad de desarrollar currículos integrales desde la normatividad vigente, el contexto del ejercicio profesional, el contexto de las instituciones y de la naturaleza misma de la profesión; por otra parte la epistemología de la mecatrónica hace imprescindible la generación de otro tipo de tensiones producidas entre las distintas disciplinas que la conforman y que le permiten alcanzar su transdisciplinariedad connatural, para lo cual el diálogo continuo en las fronteras del conocimiento y la holística de los problemas que le competen abren paso a nuevos campos tecnológicos donde el diseño de productos mecatrónicos hace posible la integración de estos al bienestar del usuario final.

Palabras Clave: Currículo, tensiones, Ingeniería Mecatrónica, interdisciplinariedad, transdisciplinariedad, integralidad.

ABSTRACT

The training of Mechatronic Engineers in Colombia reveals the existence of two types of tensions, firstly at the curricular level affected by the reality of traditional, monodisciplinary and disaggregated university education that lead to the need to develop comprehensive curricula based on current regulations, the context of professional practice, the context of the institutions and the nature of this profession; from elsewhere, the epistemology of mechatronics makes it essential to generate other types of tensions produced between the different disciplines that make it up and that allow it to reach its innate transdisciplinarity, for which the continuous dialogue on the frontiers of knowledge and the holistic nature of Problems that concern it open the way to new technological fields where the design of mechatronic products makes possible the integration of these to the well-being of the end user.

Keywords: Curriculum, tensions, Mechatronics Engineering, interdisciplinarity, transdisciplinarity, integrality.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN **xxv**

1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN **29**

1.1 Contextualización del problema 29

1.2 Formulación del problema 29

1.3 Tesis 30

2. OBJETIVOS **31**

2.1 Objetivo General: 31

2.2 Objetivos Específicos: 31

3. JUSTIFICACIÓN **32**

4. ESTADO DEL ARTE **36**

5. ASPECTOS METODOLÓGICOS **47**

6. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL **49**

6.1 Del currículum y sus tensiones 49

6.1.1 Conceptos básicos de currículo 50

6.1.2 Enfoques curriculares 51

6.1.3 Construcción curricular 55

6.2 Tensiones curriculares 57

6.3 Formación profesional en ingeniería 60

6.4 La integralidad y otras cualidades curriculares 62

6.4.1 Integralidad curricular 64

6.4.2 Flexibilidad curricular 64

6.4.3 Pertinencia curricular 66

6.4.4 Interdisciplinariedad 66

6.4.5 Transdisciplinariedad 67

7. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA INGENIERÍA MECATRÓNICA 69

7.1 El surgimiento de mecatrónica 69

7.2 Definición de Ingeniería Mecatrónica 72

7.3 Tendencias en programas de Ingeniería Mecatrónica a nivel mundial..... 77

7.4 El contexto nacional de la Ingeniería Mecatrónica..... 83

7.4.1 Descripción de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia por sector y nivel de formación. 83

7.4.2 Profesiones y nivel de formación de los docentes del programa de Ingeniería Mecatrónica……92

7.4.3 Campo laboral, salarios y empleabilidad del programa de Ingeniería Mecatrónica 94

7.4.4 Contexto investigativo de la Ingeniería Mecatrónica en Colombia 95

7.4.5 Reglamentación para Currículo de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia.. 100

7.4.6 Normatividad para obtención de Registro Calificado y de Alta Calidad 104

8. ANÁLISIS DE PERFILES EN LOS PROGRAMAS UNIVERSITARIOS DE INGENIERÍA MECATRÓNICA EN COLOMBIA 110

8.1 Análisis del perfil profesional en programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia..... 110

8.2 Perfil laboral para Ingeniería Mecatrónica en universidades colombianas 119

8.3 Componentes curriculares de programas de Ingeniería Mecatrónica..... 122

8.3.1 Perfil de ingreso a programa de Ingeniería Mecatrónica..... 122

8.3.2 Objetivos de programas de Ingeniería Mecatrónica de las universidades de Colombia ... 123

8.3.3 Organización y distribución de cursos en los currículos de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia 125

9. SISTEMATIZACIÓN DE DATOS DOCUMENTALES 135

9.1 Codificación inductiva para la relación de categorías 136

9.2 Redes semánticas por subcategorías de códigos..... 140

10. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN PRIMARIA 142

10.1 Análisis de entrevistas semiestructuradas..... 143

10.1.1 Objeto de estudio..... 144

10.1.2 Tensiones como Categoría Central 146

10.2 Análisis de encuestas a docentes, estudiantes y egresados de Ingeniería Mecatrónica 151

10.2.1 Resultados de percepción de la Integralidad en programas de Ingeniería Mecatrónica . 153

10.3 Análisis de información de entrevistas encontradas en redes a ingenieros mecatrónicos…155

CONCLUSIONES **163**

RECOMENDACIONES **171**

REFERENCIAS **173**

ANEXOS **185**

LISTA DE TABLAS

Tabla 4.1. Categoría de currículos en América Latina. 37
Tabla 4.2. Ideas principales de artículos referidos a Ingeniería Mecatrónica 41
Tabla 6.1. Aspectos relevantes en educación desde la historia 50
Tabla 6.2. Aportes y críticas de autores hacia el enfoque técnico 53
Tabla 6.3. Clasificación de la disciplinariedad 63
Tabla 7.1. Número de programas en Mecatrónica en Colombia por nivel de formación y sector 83
Tabla 7.2. Clasificación de núcleos básicos de programas en Mecatrónica en Colombia 84
Tabla 7.3. Cantidad de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia por periodos de duración 85
Tabla 7.4. Duración del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia clasificados por sector 85
Tabla 7.5. Distribución del programa de Ingeniería Mecatrónica por departamentos en Colombia 86
Tabla 7.6. Trayectoria de registro calificado del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia 86
Tabla 7.7. Registro empresarial de las Instituciones de Educación Superior en Colombia con el programa de Ingeniería Mecatrónica 88
Tabla 7.8. Universidades del sector oficial con el programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia, reconocimiento, créditos y ciudad de oferta de su registro calificado. 88
Tabla 7.9. Universidades del sector privado con el programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia, reconocimiento, créditos y ciudad de oferta de su registro calificado. 89
Tabla 7.10. Profesiones de docentes de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia 92
Tabla 7.11. Nivel posgradual de docentes de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia 93
Tabla 7.12. Número de docentes por profesiones y universidades en programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia 93

Tabla 7.13. Lineas de investigación de algunos grupos de Investigación clasificados por Colciencias en los que participan programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia……104
Tabla 8.1. Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Nacional de Colombia..... 111
Tabla 8.2. Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad de Caldas..... 112
Tabla 8.3. Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Militar-Nueva Granada 112
Tabla 8.4. Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad De Pamplona..... 113
Tabla 8.5. Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Javeriana 114
Tabla 8.6. Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Mariana 114
Tabla 8.7. Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad De Boyacá..... 115
Tabla 8.8. Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Autónoma del Caribe 116
Tabla 8.9. Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Autónoma de Bucaramanga..... 117
Tabla 8.10. Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Autónoma de Occidente..... 117
Tabla 8.11. Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad EIA..... 118
Tabla 8.12. Clasificación de áreas y sub áreas y valor porcentual de créditos académicos de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia..... 126
Tabla A.1. Total, de inscritos a Ingeniería Mecatrónica en Colombia discriminados por género y semestre a partir del año 2000 a 2019 186
Tabla A.2. Clasificación por sector de Inscritos a Ingeniería Mecatrónica en Colombia discriminados por sexo y semestre a partir del año 2000 a 2019..... 187

Tabla A.3. Total, de primera matrícula a Ingeniería Mecatrónica en Colombia discriminados por sexo y semestre a partir del año 2000 a 2019 190
Tabla A.4. Clasificación de primera matrícula a Ingeniería Mecatrónica en Colombia discriminados por sector, sexo y semestre a partir del año 2000 a 2019..... 191
Tabla A.5. Total, de graduados del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia discriminados por sexo y semestre a partir del año 2002 a 2019 195
Tabla A.6. Total, de graduados del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia discriminados por sexo y semestre y sector a partir del año 2002 a 2019..... 196
Tabla A.7. Índices de selección, graduación e ingreso al programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia discriminados por sector 198
Tabla A.8. Orden de preferencia de programas dado por el número de inscritos en la Universidad Nacional de Colombia..... 198
Tabla A.9. Orden de preferencia de programas dado por el número de inscritos en la Universidad Militar Nueva Granada Bogotá. 200
Tabla B.1. Perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica de universidades de la región 202
Tabla B.2. Créditos académicos de programa de Ingeniería Mecatrónica. 203
Tabla B.3. Estado de programa de Ingeniería Mecatrónica en el MEN 205
Tabla B.4. Perfil profesional de Ingenieros Mecatrónicos en universidades de Colombia 206
Tabla B.5. Número de créditos académicos del programa de Ingeniería Mecatrónica de algunas universidades en Colombia 209
Tabla B.6. Aspectos relevantes del Programa de Mecatrónica Internacional 210
Tabla B.7. Perfiles profesionales y cursos del programa de Ingeniería Mecatrónica a nivel internacional 211
Tabla B.8. Créditos por áreas curriculares de Mecatrónica..... 212
Tabla B.9. Muestra de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia sector oficial, reconocimiento de calidad, fecha de registro en SNIES, créditos académicos, duración por semestres y municipio en el que se oferta 217

Tabla B.10. Muestra de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia sector privado, reconocimiento de calidad, fecha de registro en SNIES, créditos académicos, duración por semestres y municipio en el que se oferta 218
Tabla B.11. Muestra de programas de Maestría y Doctorado en Mecatrónica en Colombia sector privado y oficial, fecha de registro en SNIES, créditos académicos, duración por semestres y municipio en el que se oferta 219
Tabla B.12. Muestra de programas técnicos en Mecatrónica en Colombia, sector privado y oficial, fecha de registro en SNIES, créditos académicos y municipio en el que se oferta..... ……220
Tabla B.13. Muestra de programas tecnológicos en Mecatrónica en Colombia, sector oficial, fecha de registro en SNIES, créditos académicos y municipio en el que se oferta ..... .220
Tabla D.1. Clasificación de códigos en subcategorías de acuerdo a la categoría Diseño con referencia a los Proyectos Educativos de Programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia 225
Tabla D.2. Clasificación de códigos en subcategorías de acuerdo a la categoría Herramientas con referencia a los Proyectos Educativos De Programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia..... 226
Tabla D.3. Clasificación de códigos en subcategorías de acuerdo a la categoría Metodologías con referencia a los Proyectos Educativos de Programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia..... 228
Tabla D.4. Clasificación de códigos en categoría Integralidad con correspondencia al que es, y en referencia a los Proyectos Educativos de Programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia 229
Tabla D.5. Clasificación de códigos en categoría Integralidad con correspondencia al que la favorece, y en referencia a los Proyectos Educativos de Programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia..... 229
Tabla D.6. Clasificación de códigos en categoría Integralidad con correspondencia al que genera, y en referencia a los Proyectos Educativos de Programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia..... 230

Tabla D.7. Clasificación de códigos en categoría Integralidad con correspondencia a objetivos, y en referencia a los Proyectos Educativos Del Programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia..... 230
Tabla D.8. Clasificación de códigos en categoría Integralidad con correspondencia a currículo, y en referencia a los Proyectos Educativos Del Programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia..... 231
Tabla D.9. Clasificación de códigos en categoría Competencias y en referencia a los Proyectos Educativos del Programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia..... 231
Tabla D.10. Clasificación de códigos en categoría Programa y en referencia a los Proyectos Educativos Del Programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia..... 232
Tabla D.11. Clasificación de códigos en categoría Mecatrónica y en referencia a los Proyectos Educativos Del Programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia..... 232
Tabla F.1. Vaciado de información por categorías de las respuestas de docentes del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia 274
Tabla F.2. Conteo de valoraciones por categorías de las respuestas de docentes del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia 274
Tabla F.3. Porcentaje de valoraciones por categorías de las respuestas de docentes del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia 275
Tabla F.4. Porcentaje de respuestas positivas y negativas por categorías por parte de docentes del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia 275
Tabla F.5. Vaciado de información por categorías de las respuestas de egresados de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia..... 275
Tabla F.6. Conteo de valoraciones por categorías de las respuestas de egresados de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia..... 276
Tabla F.7. Porcentaje de valoraciones por categorías de las respuestas de egresados del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia 276
Tabla F.8. Porcentaje de respuestas positivas y negativas por categorías por parte de egresados del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia..... 277
Tabla F.9. Vaciado de información por categorías de las respuestas de estudiantes del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia 277

Tabla F.10. Conteo de valoraciones por categorías de las respuestas de estudiantes del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia 278
Tabla F.11. Porcentaje de valoraciones por categorías de las respuestas de estudiantes del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia 278
Tabla F.12. Porcentaje de respuestas positivas y negativas por categorías por parte de estudiantes del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia..... 278

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 7.1. Comportamiento temporal de inscritos, matriculados y egresados a programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia. **….**.....90
Gráfico 9.1. Conteo de palabras frecuentes encontradas en PEP Programa de Ingeniería Mecatrónica UAO. 136
Gráfico 10.1. Respuestas a categorías de integralidad del programa de Ingeniería Mecatrónica en porcentaje, por parte de docentes..... 153
Gráfico 10.2. Respuestas a categorías de integralidad de programas de Ingeniería Mecatrónica en porcentaje, por parte de egresados..... 154
Gráfico 10.3. Respuestas a categorías de integralidad de programas de Ingeniería Mecatrónica en porcentaje, por parte de estudiantes..... 154
Gráfico 10.4. Respuestas positivas a categorías de integralidad de programas de Ingeniería Mecatrónica en porcentaje, por parte de docentes, estudiantes y egresados..... 155
Gráfico A.1. Comportamiento temporal de inscritos al programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia..... 187
Gráfico A.2. Valores porcentuales y totales de inscritos clasificados por sector del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia 188
Gráfico A.3. Comportamiento temporal de inscritos del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia en los principales departamentos del país..... 189
Gráfico A.4. Total de inscritos del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia en los principales departamentos del país. 189
Gráfico A.5. Comportamiento temporal de primera matrícula del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia..... 191
Gráfico A.6. Valores porcentuales de primera matrícula del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia por sexo y semestre..... 192
Gráfico A.7. Evolución temporal de primera matrícula del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia por departamento 192
Gráfico A.8. Total de primera matrícula del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia por departamentos..... 193

Gráfico A.9. Comportamiento temporal de evolución del total de matrícula del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia..... 194
Gráfico A.10. Total de matrícula del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia por departamentos..... 194
Gráfico A.11. Evolución temporal de graduados del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia..... 196
Gráfico A.12. Evolución temporal de graduados del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia discriminado por sector..... 197
Gráfico A.13. Total de graduados del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia por departamentos 197
Gráfico C.1. Conteo de palabras frecuentes encontradas en PEP Programa de Ingeniería Mecatrónica UAO 221
Gráfico C.2. Conteo de palabras frecuentes encontradas en PEP Programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad de Pamplona..... 221
Gráfico C.3. Conteo de palabras frecuentes encontradas en PEP Programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Nacional de Colombia..... 222
Gráfico C.4. Conteo de palabras frecuentes encontradas en PEP Programa de Ingeniería Mecatrónica Escuela de Ingeniería de Antioquia..... 222
Gráfico C.5. Conteo de palabras frecuentes encontradas en PEP Programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Tecnológica de Pereira..... 223
Gráfico C.6. Conteo de palabras frecuentes encontradas en PEP Programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Militar Nueva Granada 223
Gráfico C.7. Conteo de palabras frecuentes encontradas en PEP Programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Mariana 224
Gráfico C.8. Conteo de palabras frecuentes encontradas en PEP Programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Técnica del Norte Ibarra - Ecuador..... 224

LISTA DE FIGURAS

Figura 7.1. Intersección de las disciplinas de la Ingeniería Mecatrónica 79
Figura 7.2. Histórico de tendencias y evolución en Mecatrónica en el mundo 80
Figura 7.3. Nuevos campos de conocimiento en Mecatrónica 82
Figura 7.4. Caracterización de los grupos de investigación en Colombia por categorias .. 95
Figura 7.5. Caracterización de los grupos de investigación en Colombia por categorías para Ingeniería y Tecnología 96
Figura 7.6. Investigadores en la categoría Ingeniería y Tecnología 96
Figura 8.1. Plan curricular de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Autónoma de Occidente 1997 131
Figura 8.2. Plan curricular de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Autónoma de Occidente 2013 132
Figura 8.3. Plan curricular de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Autónoma de Occidente 2015 y 2018 134
Figura 9.1. Codificación abierta en software Atlas.Ti. 136
Figura 9.2. Muestra de la densidad de códigos en Atlas.Ti. 137
Figura 10.1. Egresada de Ingeniería Mecatrónica UNAL – Colombia 156
Figura 10.2. Docentes fundadores de Ingeniería Mecatrónica UNAL - Colombia 158
Figura D.1. Red semántica con categoría central Competencias, obtenida en software Atlas.Ti. 233
Figura D.2. Red semántica con categoría central Competencias y la asociación con subcategorías. Obtenida en software Atlas.Ti. 234
Figura D.3. Red semántica con categoría central Herramientas y complementos, obtenida en software Atlas.Ti. 235
Figura D.4. Red semántica con categoría central Herramientas y complementos en subcategorías de gestión, obtenida en software Atlas.Ti. 235
Figura D.5. Red semántica con categoría central Herramientas y complementos en subcategorías de electrónica y robótica, obtenida en software Atlas.Ti. 236
Figura D.6. Red semántica con categoría central Herramientas y complementos en subcategorías de Mecánica e Informática, obtenida en software Atlas.Ti. 236

Figura D.7. Red semántica con categoría central Herramientas y complementos en subcategoría de Automatización, obtenida en software Atlas.Ti. 237
Figura D.8. Red semántica con categoría central Diseño mecatrónico, obtenida en software Atlas.Ti. 238
Figura D.9. Red semántica con categoría central Diseño mecatrónico, subcategoría sinergia, obtenida en software Atlas.Ti. 239
Figura D.10. Red semántica con categoría central Diseño mecatrónico, subcategoría competencia, obtenida en software Atlas.Ti..... 240
Figura D.11. Red semántica con categoría central Diseño mecatrónico, subcategoría emprendimiento, obtenida en software Atlas.Ti..... 241
Figura D.12. Red semántica con categoría central Metodologías en Ingeniería Mecatrónica, obtenida en software Atlas.Ti..... 241
Figura D.13. Red semántica con categoría central Metodologías en Ingeniería Mecatrónica, subcategoría Aprendizaje activo, obtenida en software Atlas.Ti. 242
Figura D.14. Red semántica con categoría central Metodologías en Ingeniería Mecatrónica, subcategoría Sinergia, obtenida en software Atlas.Ti. 243
Figura D.15. Red semántica con categoría central Metodologías en Ingeniería Mecatrónica, subcategoría Competencias, obtenida en software Atlas.Ti. 244
Figura D.16. Red semántica con categoría central Integralidad en Ingeniería Mecatrónica, obtenida en software Atlas.Ti..... 244
Figura D.17. Red semántica con categoría central Integralidad en Ingeniería Mecatrónica, subcategorías currículo y emprendimiento, obtenida en software Atlas.Ti. 245
Figura D.18. Red semántica con categoría central Epistemología en Ingeniería Mecatrónica, obtenida en software Atlas.Ti..... 246
Figura D.19. Red semántica con categoría central Programa de Ingeniería Mecatrónica, obtenida en software Atlas.Ti..... 247

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Inscritos, admitidos, matriculados y graduados en el programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia..... 186
Anexo B. Datos recopilados sobre aspectos generales a nivel curricular de programas de Ingeniería Mecatrónica..... 202
Anexo C. Frecuencia de aparición de palabras en documentos PEP..... 221
Anexo D. Categorías y subcategorías a partir de la codificación inductiva producto de los documentos PEP y Redes semánticas..... 225
Anexo E. Ficha de entrevistados programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia y descripción de categorías..... 248
Anexo F. Encuestas a docentes, egresados y estudiantes del programa de Ingeniería Mecatrónica..... 270

GLOSARIO

ABP: Aprendizaje Basado en Problemas

ABPro: Aprendizaje Basado en Proyectos

ACOFI: Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería

ANDI: Asociación Nacional de Empresarios de Colombia

ASME: American Society of Mechanical Engineers (Sociedad de Ingenieros Mecánicos)

CAD: Dibujo Asistido al Computador

CAE: Ingeniería Asistida al Computador

CAM: Manufactura Asistida al Computador

CESU: Consejo Nacional de Educación Superior

CNA: Consejo Nacional de Acreditación

CONACES: Comisión Nacional Intersectorial de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior

CS Capital social

DIMA: Diseño, Manufactura y Automatización

DIMMANO: Diseño, materiales, manufactura y optimización

EAFIT: Escuela de Administración, Finanzas e Instituto Tecnológico

EAM: Escuela de Administración y Mercadotécnica del Quindío

EAN: Escuela de Administración de Negocios

ECCI: Escuela Colombiana de Carreras Industriales

EEUU: Estados Unidos

EIA: Escuela de Ingeniería de Antioquía

EPSRC: Engineering y Pysical Sciences Research Council

GIDAD: Grupo de Investigación en Diseño, Análisis y Desarrollo de sistemas de ingeniería

GIIM: Grupo en Investigación Ingeniería Mecatrónica

GIMAC: Grupo de Investigación en Instrumentación, Modelamiento, Automatización y Control

GIMEC: Grupo de Investigación en Ingeniería Mecánica

GIMI: Grupo de investigación en Materiales de Ingeniería

GRIM: Grupo de investigación en Ingeniería Mecatrónica

HAFM: Human Adaptative and friendly Mechatronics (Mecatrónica adaptativa y amigable con el ser humano)

ICFES: Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior

IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

IES: Institución de Educación Superior

INTEGRA: Instrumentación, Automatización y Redes de Aplicación Industrial

ITSA: Instituto Superior Tecnológico

JIC: Consorcio Industrial Japones

MEMS: Micro Electromechanical System (Micro Sistemas electromecánicos)

MEN: Ministerio de Educación Nacional

OLA: Observatorio Laboral de México

OLE: Observatorio Laboral para la Educación Colombia

PEP: Proyecto Educativo del Programa

PUCP: Pontificia Universidad Católica del Perú

RC: Registro calificado

RIMA: Red de Ingeniería Mecatrónica y Automática

RS Responsabilidad social

SENA: Servicio Nacional de Aprendizaje

SNIES: Sistema Nacional de Información de la Educación Superior

UAC: Universidad Autónoma del Caribe

UAM: Universidad Autónoma de México

UAO: Universidad Autónoma de Occidente

UNAB: Universidad Autónoma de Bucaramanga

UNAL: Universidad Nacional de Colombia

UPIITA: Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías avanzadas

UTEC: Universidad Tecnológica de Uruguay

UTN: Universidad Técnica del Norte

UTP: Universidad Tecnológica de Pereira

INTRODUCCIÓN

La mecatrónica, una de las ingenierías más representativas del siglo XXI en lo relativo no solo a los avances de la ciencia sino a las demandas que el desarrollo del mundo plantea acerca de la integración tecnológica de tales avances, configura en términos de su enseñanza y por ende de la construcción de sus currículos, uno de los más interesantes retos en la medida en que siendo una ingeniería transdisciplinar debe insertarse en esquemas administrativos y modelos curriculares tradicionalmente monodisciplinares y desagregados, lo que presupone tensiones estructurales propias del campo curricular.

La manera en que los programas de formación universitaria explican y determinan el tipo de estas hipotéticas tensiones y la forma cómo las han resuelto o no, constituye el objeto de la investigación a desarrollar a fin de argumentar la tesis en la que se expone una presunta persistencia en la desarticulación entre el origen epistemológico transdisciplinar de la Mecatrónica y las estructuras curriculares a partir de las cuales se configura la formación profesional de los ingenieros mecatrónicos.

El principal objetivo de la investigación a la que corresponde este informe, fue en consecuencia determinar el tipo de tensiones que se han generado en los programas de formación profesional de ingenieros mecatrónicos en Colombia, ante la necesidad de ofrecer unos espacios académicos que garanticen la integralidad curricular y el diálogo interdisciplinar entre las distintas ingenierías en cuyas fronteras residen los problemas que la mecatrónica ha de resolver, de modo tal que el análisis de la información recabada permitiera de una parte establecer las características generales de estos currículos en términos de su integralidad, y de otra prefigurar posibles soluciones curriculares que se estructuren sobre la base del *ethos* mismo de la mecatrónica, es decir de la transdisciplinariedad.

Para el logro del propósito de este proyecto se desarrolló un estudio de diferentes documentos tanto en el marco de las normas como de aquellos propios de los programas de Ingeniería Mecatrónica que describen el estado curricular y hacen posible identificar las tensiones generadas; además se contrastó la información documental con la percepción de actores en los procesos de estructuración y desarrollo de los programas para evidenciar aspectos como interdisciplinariedad y flexibilidad, entre otros.

Determinar la manera como los currículos de los programas de Ingeniería Mecatrónica han resuelto el problema aquí esbozado, contribuirá al debate curricular, así como a la respuesta a

preguntas acerca de qué tan mecatrónica es esta ingeniería, de qué tanta integralidad goza sus currículos, qué tan ingenieros mecatrónicos se pueden considerar los profesionales en formación y cómo las tensiones conforman aspectos epistemológicos en estos programas.

Para el efecto se realizó un estudio cualitativo basado en la Teoría Fundamentada (Gordon, 1999) y el método comparativo constante con aplicación de una serie de procedimientos inductivos tendientes a la generación de explicaciones teóricas acerca del fenómeno estudiado. En este sentido los conceptos y las relaciones entre los datos fueron producidos y examinados continuamente hasta la finalización del estudio según el análisis de datos obtenidos de la revisión documental de Proyectos Educativos de los Programas (PEP) y la información de fuentes personales constituidas por personal directivo y docente que participan en la estructuración como creadores, además de los docentes, estudiantes y egresados que desarrollan a nivel microcurricular los programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia; para ello se desarrolló una codificación inductiva que conlleva a la categorización y generación de redes semánticas de las principales características de la Ingeniería Mecatrónica y que permiten relacionar con los diálogos interpersonales de los actores para auscultar las percepciones derivadas de las experiencias respecto a la integralidad de su formación y a las tensiones surgidas durante ella e inferir aspectos epistemológicos, curriculares y reglamentarios en función de la transdisciplinariedad que finalmente conlleva a comprender cómo se lleva a cabo la formación de los ingenieros.

Los datos y la información analizada fueron obtenidos mediante entrevistas y encuestas a diferentes actores de la formación en los programas como unidades sociales de estudio examinando aspectos relacionados tanto con la integralidad curricular, como con la interdisciplinariedad, para identificar la existencia de tensiones; en la determinación de la muestra docente se tuvo especial cuidado de incluir a aquellos que tienen a su cargo la enseñanza y orientación de los saberes disciplinares en electrónica, mecánica y programación, toda vez que en ellos reside la integralidad y la interdisciplinariedad.

En este punto es preciso advertir que los términos integralidad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad no parecen estar aun plenamente determinados como lo revela la referenciación teórica a través de la cual es posible encontrar teorías diversas, definiciones múltiples, y conceptos tan suficientemente amplios que, al no estar plenamente delimitados, tienden a confundirse e intercambiarse entre sí mismos. Ahora bien, la Ingeniería Mecatrónica como tal, tiene como condición de existencia la integralidad de varias disciplinas, las cuales

deberán entrar en diálogo mediante estructuras curriculares que así lo permitan, en cuyo caso el *telos* será ontológicamente una respuesta transdisciplinar que emerge en las fronteras de esas disciplinas para acceder a campos nuevos en los cuales se traslapan y reconfiguran los conceptos disciplinares, de forma tal que se superan las tensiones entre las disciplinas y se consolidan o materializan en los productos mecatrónicos.

En la perspectiva señalada se observa como desde los primeros tres o cuatro análisis de programas, entrevistas y encuestas, se fueron generando códigos para identificar el tipo de información susceptible de ampliarse o de incidir por medio de la interpretación (Bunge, 2000). Las sucesivas entrevistas fueron definiendo los aspectos sobre los que se volcó la búsqueda de información adicional (Glaser y Strauss, 1967) mediante la cual se describen diversos elementos de los procesos cuyas inferencias resultaron funcionales toda vez que permiten explicar cómo se interrelacionan y se generan tensiones entre algunos componentes curriculares y los sistemas sociales.

El presente documento se desarrolló en diez capítulos así: en el primer capítulo se hicieron planteamientos generales sobre la contextualización y el problema, el segundo capítulo se plantean los objetivos, en el tercer capítulo se indica la justificación del estudio, en el cuarto capítulo se muestra el estado de la cuestión y en el quinto capítulo se describen aspectos metodológicos. Los capítulos siguientes son el desarrollo de la investigación, partiendo del capítulo seis con la construcción de la fundamentación teórica sobre aspectos relacionados con educación, modelos pedagógicos, diseño curricular y enfoques curriculares que establecen conceptos de la dimensión formal estructural en programas profesionales de mecatrónica. El séptimo capítulo abordó la epistemología de los programas con referentes nacionales e internacionales y la descripción con datos estadísticos y normativas a los programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia para la inferencia sobre la interdisciplinariedad y su conceptualización epistemológica. El octavo capítulo muestra inferencias a partir de los perfiles de ingreso, egreso y profesional para identificar componentes de integralidad. El noveno capítulo hace referencia a la categorización inductiva de documentos curriculares de los programas de ingeniería mecatrónica. En el capítulo diez se contrasta la información obtenida mediante las encuestas y entrevistas a docentes, egresados y estudiantes de ingeniería mecatrónica en el marco de la comprensión de la formación interdisciplinaria, transdisciplinaria y la integralidad curricular. Finalmente, se presentan las

conclusiones de este estudio enfocadas al desarrollo de tensiones curriculares como factores de efecto en la interdisciplinariedad entre las áreas que conforman a la Ingeniería Mecatrónica.

1 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El capítulo contiene de manera introductoria la contextualización del término de Ingeniería Mecatrónica como programa profesional; en un segundo acápite se plantea el problema de investigación mediante la pregunta que conduce a una tesis.

1.1 Contextualización del problema

Existe una construcción histórica en la definición del término mecatrónica como lo evidencian Salazar y Vargas (2007) quienes señalan que esta palabra se acuñó por primera vez en Japón hacia finales de 1960 en una industria de fabricación de motores eléctricos cuyos autores emplearon el término para referirse a los diseños en los que se integran sinérgicamente elementos de electrónica, mecánica y sistemas informáticos. Desde allí se conoce el término asociado a los sistemas automáticos como servomecanismos, puertas eléctricas, sensores, detectores de presencia, entre otros, que actualmente forman parte de distintos equipos y procesos con tecnologías inteligentes. En Colombia el primer programa de Ingeniería Mecatrónica se desarrolla a partir del año 1998 y desde entonces presupone tensiones curriculares entre las disciplinas que componen lo interdisciplinariedad y que advierten restricciones en los currículos agenciados de manera monodisciplinar por tradición.

1.2 Formulación del problema

De manera general se plantea el estudio de los elementos curriculares pertinentes a la formación de ingenieros mecatrónicos en Colombia en el nivel de pregrado, partiendo del contexto histórico del origen del término mecatrónica y según los diferentes planes curriculares implementados en universidades de Latinoamérica y Colombia.

Este barrido de información permite identificar un problema que radica principalmente en la falta de integralidad curricular en los programas de Ingeniería Mecatrónica, que como ya se ha señalado es ontológicamente transdisciplinaria, pero que, dada la tendencia histórica de estructurar y desarrollar currículos agregados, la formación profesional termina ofreciéndose por medio de cursos aislados que en el mejor de los casos corresponden a un programa de tipo multidisciplinar. En Colombia los Programas de Ingeniería Mecatrónica han surgido del interés de programas académicos afines y monodisciplinarios, generándose habitualmente resistencias paradigmáticas al momento de implementar currículos de naturaleza interdisciplinaria, con mayor razón si la lógica administrativa de las universidades no permite desligarse de modelos curriculares atados a

cursos independientes con interés de traslaparse entre ellos, pero con dificultades estructurales que no lo permiten.

Por tal razón en virtud de la naturaleza transdisciplinaria de la mecatrónica, la formación de estos ingenieros en Colombia resulta problemática toda vez que al amparo de los currículos desagregados monodisciplinarmente, tiende a tergiversarse el objeto de estudio del programa cuya esencia se advierte en el diseño de productos mecatrónicos, no de equipos con adaptaciones aisladas de electrónica a la mecánica o de programas informáticos a hardware electrónico, sino por el contrario, del diseño de equipos robustos e integrados. Es inminente la necesidad de que el currículo corresponda a la formación para una interacción real entre lo disciplinar y lo práctico, por lo tanto, el problema de investigación se plantea a través de la pregunta:

¿Qué tipo de tensiones se han generado en los programas de formación profesional de ingenieros mecatrónicos en Colombia, ante la necesidad de desarrollar currículos integrales y transdisciplinares?

1.3 Tesis

La ontología de la mecatrónica se define por su carácter transdisciplinar en la medida en la que sus productos conjugan al menos cuatro disciplinas; en este orden, la formación de ingenieros mecatrónicos debe responder curricularmente a una estructura que favorezca la integralidad transdisciplinar; sin embargo, la realidad de la educación universitaria muestra una muy prolongada tradición de currículos de tipo monodisciplinar, desagregados y asignaturistas, lo que ha generado tensiones de tipo fundamentalmente epistemológico que en apariencia contrarían la integralidad propia de esta ingeniería.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

Determinar el tipo de tensiones que se han generado en los programas de formación profesional de ingenieros mecatrónicos en Colombia, ante la necesidad de desarrollar currículos integrales y transdisciplinares.

2.2 Objetivos Específicos:

- Inferir aspectos de integralidad desde la resolución 2773 de 2003 que regula la calidad de los programas de ingeniería en Colombia.
- Establecer los conceptos de ciencia, disciplina, interdisciplina, transdisciplina e ingeniería mecatrónica que se infieren de los programas universitarios en esta área, en la dimensión formal estructural de los currículos.
- Identificar los componentes y las características de integralidad, flexibilidad y transdisciplinariedad que se encuentran en las estructuras curriculares y otros elementos de los programas de Ingeniería Mecatrónica.
- Comprender las percepciones de los agentes curriculares y los egresados de algunos programas de Ingeniería Mecatrónica sobre la formación transdisciplinar y sus tensiones.

3 JUSTIFICACIÓN

La Ingeniería Mecatrónica en Colombia se ha desarrollado como un programa de educación formal desde 1998 inicialmente en Universidades privadas, esto debido al auge de tecnologías usadas en la industria para la producción en serie de forma automatizada en la que se usan máquinas programadas para realizar tareas repetitivas tipo robots manipuladores, equipos industriales controlados en forma remota y demás equipos que aportan al bienestar de la humanidad, como es el caso de los equipos médicos para la medida de diferentes variables fisiológicas; todos con diseños que integran elementos de la electrónica, la mecánica y la programación.

Al hablar de integración de diferentes áreas, la mecatrónica podrá definirse como un sinónimo de esto, debido a que en esencia, el objeto de estudio de la Ingeniería Mecatrónica de acuerdo con la Universidad Autónoma de México se basa en formar en sus profesionales la capacidad de trabajar a través de las fronteras de las disciplinas que la componen o integran (ingeniería mecánica, ingeniería electrónica, y la ciencia de la computación / tecnología de la información)… (UAM Facultad de ingeniería, 2016).

De otro lado, se observan proyectos realizados por ingenieros mecatrónicos en el sector industrial en que muestran diferentes tecnologías usadas con el fin de dar solución a problemáticas en las que se requiere tener conocimientos no aislados e independientes, sino integrales entre las áreas de la electrónica, la mecánica y la programación. Para dar ejemplos se cita dos proyectos desarrollados en la ciudad de Cali con egresados de la Universidad Autónoma de Occidente, una de las pioneras en Ingeniería Mecatrónica en Colombia como lo indica el ministerio de educación (MEN, 2009).

El primer ejemplo es el “Diseño de una solución mecatrónica para el empaque *doy-pack* en la empresa Colgate Palmolive” (Villanueva -Loaiza, 2013, p.3), en el que desarrollan un diseño concurrente cuidando la seguridad ocupacional de los operarios, para lo cual el dispositivo mecatrónico final entregado a la empresa es un robot manipulador de objetos que organiza diferentes empaques en una caja de cartón corrugada con todos los sistemas de protección a operarios, notando efectivamente la integración de elementos como un procesador electrónico programado, una estructura mecánica del robot cartesiano y la lógica de programación y visualización del proceso desde un software.

El segundo ejemplo es el de “Diseño de máquina selladora para planta de mieles de SENA” (Salcedo- Castaño y Gómez- Tangarife, 2012, p 2). En este proyecto se diseña una máquina que recibe 145 kg de miel desde una transportadora y se procede de forma automática a embotellar y sellar botellas; para ello cuenta con una estructura en acero inoxidable, mecanismos y elementos neumáticos para suministrar energía y movimiento a cilindros, válvulas y demás elementos. Además de esto, en el proceso indican el uso de un PLC (controlador lógico programable) el cual se programa para controlar cada elemento del diseño mecánico, siendo un caso muy evidente en el uso de la integración de las áreas de electrónica, mecánica y programación.

Con base en lo anterior, es claro que los programas de Ingeniería Mecatrónica deben involucrar directamente en la formación de sus profesionales la integración de diferentes áreas del conocimiento, lo que daría lugar a un diseño curricular interdisciplinar, cuyo propósito máximo será alcanzar la transdisciplinariedad.

Las dificultades que se tenían en épocas anteriores en las que los procesos en ingeniería se realizaban de forma aislada por diferentes profesionales; actualmente se cuenta con metodologías de diseño mecatrónico basadas en ingeniería concurrente con el fin de optimizar el uso de recursos físicos y de tiempo, cosa que no es posible al tener profesionales aislados trabajando en un sistema integral (Carvajal-Rojas, 2013). Sin embargo, se evidencia además un enfoque monodisciplinario de educación en mecatrónica, el cual transfiere al estudiante la responsabilidad de construir, organizar e integrar los conocimientos disciplinarios durante su proceso de aprendizaje y no le permite la comprensión y relación de los conocimientos entre sí, además le impide tener una visión integral para construir saberes en función de la totalidad, propendiendo a formar egresados poco creativos. De ahí su dificultad para aplicar la mecatrónica (Carvajal Rojas, 2013ª, p. 89).

Luego, al considerar un currículo integral, se encuentra que los programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia y en general en Latinoamérica se componen de varias áreas del conocimiento como la matemática, la física, la electrónica, la mecánica, la programación, entre otras. (Carvajal-Rojas, 2013); espacios que, vistos aislados en el currículo, pueden generar tensiones que impiden la integración verdadera en el profesional.

En este sentido, la tradición en la formación universitaria en Colombia se ha sentado sobre la base de estructuras curriculares tradicionalmente asignaturistas y en una perspectiva de currículo técnico (Tyler) que obedecen a un concepto positivista y fragmentado de las ciencias, como lo indica la Vicerrectoría de Docencia de la Universidad de Antioquia en su texto Currículo y

Flexibilidad curricular, cuando afirma que “los currículos tanto en Colombia como en América Latina se alimentan de tradiciones teóricas históricas constituidas en un ámbito anglosajón” (García, 2008, p.16). Lo que, frente al cambio actual de paradigmas de una ciencia holística, sugiere cambios estructurales también en los currículos; este tránsito de un tipo de currículos a otros supone una serie de tensiones de tipo epistemológico y por ende curricular.

El escenario descrito hace imprescindible el análisis curricular de los programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia en la perspectiva de identificar de qué manera ellos han resuelto o no las tensiones curriculares entre la monodisciplinariedad y la integralidad hacia la transdisciplinariedad, contribuyendo así a la evolución y madurez de la Ingeniería Mecatrónica en sus dimensiones científica, académica y profesional. Elementos que se encuentran en la revisión de literatura especializada encontrada en proyectos de tipo curricular, pedagógico y a nivel educativo pertinentes al diseño curricular, la integralidad y transdisciplinariedad para programas de Ingeniería Mecatrónica.

Comprender aspectos de la transdisciplinariedad y como alcanzarla, permite desarrollar una formación integral en los programas de Ingeniería Mecatrónica, ahondar en sus procesos de investigación desde su esencia, permitiendo diseñar productos mecatrónicos coherentes a la investigación e innovación tecnológica entre y a través de las disciplinas que la conforman y sus tensiones con el fin de avanzar hacia nuevas áreas de aplicación. Para ello es importante ver a la condición humana como un todo y diversa, en una realidad en la que el conocimiento no es separado y se aplica a lo largo de la vida, por ello, estos aspectos pueden considerarse y extenderse a otros programas profesionales de la ingeniería, las ciencias básicas, las ciencias humanas y sociales, entre otras en las que el conocimiento de las áreas que las fundamentan requiera del dialogo permanente desde las fronteras para el surgimiento de nuevos campos de interés científico y tecnológico para el encuentro de saberes de la realidad científica y filosófica, que permita abordar problemas globales propios de la complejidad humana.

La metodología de la teoría fundamentada empleada en este documento desde la descripción de información tanto documental como personal, la correlación de datos, la inferencia estadística y la asociación de códigos y categorías permiten explicar y comprender las dificultades para asumir un currículo en Ingeniería Mecatrónica ontológicamente transdisciplinar, sin embargo, más allá de los agenciamientos, es importante notar como las tensiones entre disciplinas traspasan

fronteras y generan nuevos campos de conocimiento desde la investigación, la innovación y el desarrollo de productos mecatrónicos.

4 ESTADO DEL ARTE

Los resultados de investigaciones y estudios en general realizados sobre la Ingeniería Mecatrónica, la formación de ingenieros mecatrónicos y sus currículos, revelan una preocupación persistente en términos que pueden considerarse relativos a las incertidumbres y tensiones epistemológicas que esta ingeniería mantiene desde su propio origen, Carvajal- Rojas, (2013) afirma que el programa de Ingeniería Mecatrónica tiene carácter transdisciplinario y que históricamente en Colombia los diseños curriculares confluyen en el diseño mecatrónico como elemento integrador, sin embargo no se habla de un currículo que tenga un corte en el que las diferentes disciplinas se traslapen y formen nuevos conceptos propios de mecatrónica, sino que tanto en Europa como en Latinoamérica se presenta una separación de áreas de conocimiento.

López-Rodríguez, (2017) menciona que las prácticas remotas como estrategia promueven el desarrollo de competencias enfocadas a la integración y activación de conocimientos, normas, técnicas, habilidades y destrezas, actitudes y valores; dichas competencias guardan una correspondencia positiva en la Ingeniería Mecatrónica caracterizada por la globalización y con enfoque de aprendizaje centrado en el estudiante en el fortalecimiento de su autonomía (Villa y Poblete, 2007).

Por otra parte, Castro-Parra, (2014) aborda un contexto sobre la responsabilidad social que tiene un ingeniero civil en Colombia, e identifica unas tensiones en el currículo caracterizadas en general para toda ingeniería por intereses políticos y económicos descartando el componente social que se requiere en la actualidad, sumado a esto para América Latina se evidencia la prevalencia de currículos técnicos y de apoyo a la industria. Ver tabla 4.1.

Tabla 4.1

Categoría de currículos en América Latina.

Categoría	Argentina	Perú	Venezuela	Bolivia	Chile	Brasil	Salvador	Nicaragua	Colombia
Currículo y pertinencia social	Técnico	Instruccionc ita	Instruccionc ita	Técnico	Academicis ta	Técnico	Técnic o	Instruccionc ita	Academici sta
Responsabili dad Social y capital social	Ética Militar	Ética para la democracia	Ética Militar	Cátedra Valores Patrios	Humanidad es I, II	Humanidad es I, II	Ética Militar	Ética Militar	Liderazgo, Humanidad es I, II
Currículo, responsabilid ad Social y capital social	No aborda la RS y CS Seguridad	No aborda la RS y CS Seguridad	Educación para la sociedad Mantener el sistema	Lideraz go Militar y Servicio Social, Apoyo	Apoyo a la infraestruct ura vial	Liderazgo Militar y Servicio social	No aborda la RS y CS	No aborda la RS y CS	No aborda la RS y CS

Fuente: (Castro Parra, 2014, p 58) RS (Responsabilidad social) CS (Capital social)

Por otra parte, según La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería - ACOFI - la Ingeniería se basa en resolver problemas y la formación debe atribuir a sus egresados en competencias de concebir, diseñar, implementar y operar. Esto desde un currículo que reafirme la interdisciplinariedad, la comunicación y la ética; para ello los elementos claves para adaptación curricular son la creatividad, el cuidado del medio ambiente y lo cotidiano, es decir resolver problemas acordes a la modernidad que permitan beneficio mutuo. (Velazquez- Perez, Puentes-Velazquez, y Florez-Villamizar, 2015).

Respecto al diseño curricular en Ingeniería Mecatrónica, Arbeláez-Salazar y Mendoza-Vargas, (2007) proponen un programa por ciclos propedéuticos, en los cuales se rescata la formación que permite la preparación de los estudiantes para el paso de un ciclo técnico a otro tecnológico y luego a uno profesional con el propósito de satisfacer la demanda laboral del mercado colombiano, con esto se evidencia en mayor escala la separación curricular, puesto que los niveles de formación distancian la integralidad por la preexistencia de módulos asignaturistas aislados y agrupados por niveles de formación.

Espino-Román, Davizon-Castillo, y Olaguez-Torres, (2015) en un estudio sobre percepción de los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica, señalan un término importante en la educación que es la disposición en un ambiente propicio de estudio junto a las actitudes y valores respecto a temas como la ecología, medio ambiente y su relación con la ciencia y la tecnología, advirtiendo que en un currículo interdisciplinario como la Ingeniería Mecatrónica para lograr un buen proceso se debe buscar estrategias de enseñanza y aprendizaje que favorezcan el trabajo en colaboración entre las disciplinas. En este sentido el carácter de la Ingeniería Mecatrónica como multidisciplinaria y que además presenta un índice muy alto de reprobación por desmotivación y "pereza" por parte de una cantidad representativa de estudiantes respecto a las clases teóricas, las que apuntan a los altos contenidos de matemáticas muestran que un aspecto importante en la motivación está dado por la investigación y desarrollo de proyectos en los cursos de mecatrónica (Guzmán-Valdivia, 2013, p 44,45,46); siendo esto evidencia de planes curriculares con modelos asignaturistas en programas multidisciplinarios y transdisciplinarios. Carvajal-Rojas, (2013) adiciona que para obtener estos elementos en el currículo se desarrolla el curso de diseño mecatrónico como eje integrador de las diferentes áreas en la mecatrónica, y en el mismo sentido otros cursos como robótica para medicina, diseño bio-mecatrónico, automatización, robótica para sistemas productivos; cursos que se basan en diseño de productos de manera "transdisciplinar

porque va más allá de cada una de las disciplinas integradas.*"*(Carvajal-Rojas, 2013, p 8.). Bajo este criterio se menciona además que los docentes que hacen parte de la investigación deben relacionarse con el sector empresarial, lo que permite establecer los perfiles, Lloret et al., (2010, p 2.) recomiendan para Ingeniería Mecatrónica adaptar a las necesidades de una ocupación específica, enfocar hacia la dirección empresarial, además de formar capacidades éticas, sociales, creativas, visión de futuro, de innovación, inteligencia, capacidad de liderazgo, etc. para lograr la interdisciplinariedad en los procesos curriculares.

Cuervo-Pinto, Aquino-Robles, y Tokunaga-Herrera, (2014) señalan que en Ingeniería Mecatrónica existe curricularmente una transición cronológica desde la multidisciplinariedad, la interdisciplinariedad inicial, la interdisciplinariedad como tal y finalmente la etapa de la transdisciplinariedad, siempre ligada con las necesidades empresariales para la integración de distintas áreas del conocimiento en el desarrollo de diferentes productos, afirmando a la ingeniería no como una ciencia aplicada sino como una disciplina independiente que ha evolucionado con los requerimientos de la humanidad y de la industria en equipos con diseño concurrente. Dicha evolución tanto horizontal o temporal como vertical dependiente de la tecnología, curricularmente se ha visto como una disciplina única o aislada desde el aporte de varias áreas de conocimiento y con cooperación mutua y acumulativa pero no interactiva, luego *"*La interdisciplinariedad cobra sentido en la medida en que flexibiliza y amplía los marcos de referencia de la realidad, a partir de la permeabilidad entre las verdades de cada uno de los saberes.*"* (Cuervo-Pinto et al., 2014, p 7.) Una etapa superior es la transdisciplinariedad donde ya no se consideran fronteras entre las disciplinas, sino que hay un constructo teórico que soporta a la mecatrónica como una disciplina sólida con objetivos comunes y aplicación directa al mundo real.

Para llegar a la transdisciplinariedad los autores plantean que en los currículos debe existir una cantidad de materias que integren las disciplinas y que el número de estas hace que el programa sea de mayor transdisciplinariedad. En la actualidad Aquino-Robles, Corona, y Fernández N,(2015) mencionan que "la transición de la educación tradicional a la transdisciplinar en Ingeniería Mecatrónica se enfoca en conformar núcleos integradores para adquirir destrezas de pensamiento lógico y para prever el comportamiento de los sistemas físicos, pero que no reemplazan el cultivo de la inventiva a través del diseño". (p 3)

Para facilitar la transdisciplinariedad en el programa de Ingeniería Mecatrónica "desde los núcleos integradores se sugiere de manera holística la interdependencia entre la teoría, la práctica,

la investigación y la evolución constante de estos elementos con reflexión individual y colectiva para formar una conciencia socio-histórica sobre el desarrollo del conocimiento científico y tecnológico". (p 8). Como ejemplo de aplicación de los núcleos integradores Guzmán-Valdivia, Blanco-Ortega, y Salazar, (2013) muestran una tendencia en el desarrollo de diferentes dispositivos mecatrónicos como prótesis para la rehabilitación a personal con discapacidades físicas, lo que conlleva a la integración de nuevas áreas del conocimiento como son la fisioterapia, medicina, biomecánica, entre otras, las cuales permiten nuevas relaciones entre las disciplinas, advirtiendo sobre ciertas tensiones disciplinares, como lo indica Cuervo- Pinto, (2018) comienza con una pregunta reflexiva en el título de su artículo: "¿Realmente estamos haciendo mecatrónica?", argumentado que muchas universidades enfocan la mecatrónica en la enseñanza de variedad de temáticas, pero no en su integralidad y que en las empresas en general los empleadores tienen la disposición de incluir a los ingenieros mecatrónicos en cargos de profesiones semejantes. Por esto afirma que según muchas definiciones de mecatrónica se observa el término "Sinergia", el cual no se realiza como tal en la formación de ingenieros ni en el ámbito laboral, concluyendo que:

> Los problemas reales son interdisciplinarios y complejos (Chávez–Tortolero, 2002). La identidad temática de la Mecatrónica se logrará exaltando a la sinergia, conceptual y operativamente, abordando necesidades sociales como proyectos que inherentemente, son temáticas, interdisciplinarias y complejas, no pueden solucionarse con una sola disciplina y su satisfacción óptima cruza por los efectos sinérgicos que otorga la Mecatrónica. (Cuervo-Pinto, 2018, p 12.)

En este sentido Carvajal-Rojas, (2017) menciona que la ingeniería actual se centra en los avances tecnológicos en comunicaciones, el manejo de información y las tecnologías integradas como la robótica, la automatización industrial y nuevos métodos de producción en una cuarta versión de la revolución industrial, lo que ayuda a responder al interés de la industria, la sociedad y el Estado integrado sinérgicamente para beneficio social.

Otros artículos de interés:

En la tabla 4.2 se describen las ideas principales de algunos artículos que corresponden a investigaciones actuales y tendencias de la Ingeniería Mecatrónica.

Tabla 4.2
Ideas principales de artículos referidos a Ingeniería Mecatrónica

Artículo	Resumen	Aporte al proyecto
Importancia de desarrollar competencias profesionales en ingeniería: caso UPIITA (Aideé, Orozco, y Salmerón, 2013)	En este artículo se identifica el término mapa curricular como un avance en la formación por competencias mostrando el proceso de evolución de un plan de estudios que no consideraba las competencias genéricas a un nuevo plan de estudios que si las incluye en su estructura curricular.	El abordar competencias no únicamente en la formación, sino en los perfiles ocupacionales considerándolo como acción en los procesos didácticos.
Impulsando el desarrollo sostenible, mediante proyectos de fin de carrera en Ingeniería Mecatrónica, en nuestra Nación. (Aquino R, Corona R, y Fernandez N, 2009)	Los proyectos en pro del desarrollo sostenible realizados en la titulación de Ingeniería Mecatrónica de la Unidad Profesional Interdisciplinaria en México. Principalmente en este artículo se indica que existen unos tipos de proyectos para Ingeniería Mecatrónica que favorecen la integralidad así: Investigación científica experimental (Por medio de equipos mecatrónicos en medidas repetitivas) Modelado matemático y simulación (Función que describa un sistema o proceso) Diseño de maquina o manipulador robótico Desarrollo de Software para control de procesos Puesta en operación de un proceso o sistema productivo Optimización de un sistema industrial Diseño y construcción de dispositivos o componentes mecatrónicos	Se considera la experiencia de proyectos realizados de manera general por la Ingeniería Mecatrónica, describiendo en forma sencilla el que hacer de un profesional del programa.
La Estrategia de Enseñanza basada en Proyectos como medio para Impulsar la Actitud de Innovación en Estudiantes de	Se indica estrategias de enseñanza basada en Proyectos Interdisciplinarios en su parte conceptual donde se describen las características que hacen de ella un medio que promueve la actitud de innovación en los estudiantes de ingeniería, con el propósito de analizar y mostrar las cualidades de esta estrategia didáctica es el de proponer una alternativa de alto	La estrategia de aprendizaje por proyectos permite aportar al aprendizaje significativo y autónomo en currículos interdisciplinarios con la dificultad de llevarlos a la práctica.

Artículo	Resumen	Aporte al proyecto
Ingeniería. (Aquino Robles y Fernández Nava, 2016)	potencial en la enseñanza de las ingenierías interdisciplinarias, que nos lleven a fines más productivos.	
Aprendizaje Basado en Proyectos y modelos matemáticos para estudiantes de Ingeniería en Mecatrónica. (Galán y Mendoza, 2017)	Desarrollar competencias matemáticas mediante el uso del Aprendizaje Basado en Proyectos con estudiantes de la carrera de mecatrónica. En este trabajo se describe el proceso de dos proyectos que los estudiantes desarrollaron, uno es sobre el control del nivel de líquido en dos tanques acoplados y el otro es sobre la generación de animaciones en caja de arena.	Para el desarrollo de competencias es importante resaltar estrategias de aprendizaje por proyectos, lo que permite integrar tanto áreas básicas como específicas en programas de corte integral.
Actualidad y perspectivas en la enseñanza del área de manufactura a estudiantes de ingeniería. (David, Méndez, Manuel, Osorio, y Baracaldo, 2013)	Se indica principalmente la necesidad de integrar la práctica empresarial y los procesos de la industria al currículo, concluyendo que el aprendizaje por proyectos permite dicha articulación	Como aporte es importante identificar los requerimientos de la industria en Latinoamérica para adecuar los currículos desde la práctica y el que hacer del ingeniero.
Robótica para los procesos de enseñanza de la disciplina mecatrónica: desarrollo del prototipo edubot-v2. (Guimaraes, Rubio Tamayo, y Bayan Henriques, 2014)	Se indica por medio de la práctica y el uso de robots como se aplican estrategias con perspectiva constructivista y el aprendizaje situado, basado en la experimentación.	El artículo muestra cómo el uso de un robot simple permite generar disposición y motivación en los estudiantes de ingeniería y la práctica de la mecatrónica desde un punto de vista integrador en las áreas de mecánica, electrónica, control y programación.
Formación de ingenieros interdisciplinarios a	La formación de ingenieros en temáticas multidisciplinarias es una tarea compleja, en la medida que requiere desarrollar competencias propias de varias disciplinas bien cimentadas;	En el artículo se propone una estrategia pedagógica orientada por proyectos, la cual fue insumo

Artículo	Resumen	Aporte al proyecto
través de una metodología activa con temáticas integradoras. (Angarita Velandia, Fernández Morales, y Duarte, 2016)	este es el caso de las ingenierías electromecánica, mecatrónica y biomédica, en las cuales, para alcanzar los objetivos de formación, es necesario trabajar temáticas integradoras, los autores hacen énfasis en una metodología de enseñanza activa que consiga seres críticos, solidarios, reflexivos y autónomos.	importante en la metodología activa (Constructivista). En este sentido, los estudiantes adquieren un papel protagónico, asumiendo la responsabilidad de su proceso formativo.
Mecatrónica y Currículo. (Lira Valdivia y Carrasquilla Batista, 2009)	El artículo muestra el resultado de un diseño curricular integrado con un conjunto de competencias sistémicas para facilitar la adquisición de este tipo de pensamiento en los estudiantes con la complejidad de los ambientes mecatrónicos. Desde la perspectiva de los autores, el trabajo elaborado permite evidenciar de manera positiva el proceso dialógico de construcción y deconstrucción, la vinculación e interrelación sinérgica entre perfil, áreas, competencias sistémicas y cursos.	En el artículo que indica el diseño curricular en El Instituto Tecnológico de Costa Rica, muestra principalmente la deconstrucción de un currículo para hacer énfasis en el diseño curricular con sentido intelectual, ético y crítico en el desarrollo sistémico.
Exoesqueleto mecatrónico para rehabilitación motora. (Gutierrez, Niño Suaraez, Aviles, Vanegas, y Duque, 2007)	En este artículo se presenta un proyecto propio de la Ingeniería Mecatrónica como lo es un equipo robótico específicamente para la rehabilitación de pacientes con discapacidad motora. Este diseño mecatrónico presenta una estructura mecánica, un sistema de control automático y una base de datos integrada al paciente con el fin de evaluar estrategias de reaprendizaje en movimientos de individuos con discapacidad motora	El artículo presenta un ejemplo de aplicación de la Ingeniería Mecatrónica en un caso de rehabilitación de funciones motoras, observándose claramente la integralidad de áreas del conocimiento en proyectos con criterios sociales y humanos.
Didáctica Para La Enseñanza De Microcontroladores A Estudiantes De Ingeniería Mecatrónica. (Cifuentes Bernal, 2011)	El área de los microcontroladores en el programa de Ingeniería Mecatrónica es fundamental y no puede estar aislada de la formación integral, por lo que el autor presenta una didáctica basada en aprendizaje por proyectos.	Un área específica de la Ingeniería Mecatrónica es la programación de microcontroladores para el desarrollo de diferentes proyectos y diseños de equipos mecatrónicos. El presente artículo muestra cómo se integra el curso de microcontroladores con proyectos en áreas distintas como la

Artículo	Resumen	Aporte al proyecto
		electromedicina, los procesos productivos y la automatización.
Actividades docentes en mecatrónica. (Ponsa y Catalá, 2014)	Se indica principalmente el trabajo interdisciplinario como potenciador de procesos productivos de la realidad industrial por medio de áreas jerárquicas fragmentando un problema en secciones elementales atendidas desde la planta física, nivel organizacional y recursos.	Es de gran importancia en la integralidad curricular la participación no solo de diseño curricular, sino en la jerarquía de las administraciones institucionales, organizacionales y buen manejo de recursos de diferentes tipos para el logro de un currículo con pertinencia.
Revisión y análisis de diseño mecatrónico para diseño curricular transdisciplinario de programas de ingeniería multidisciplinares. (Rojas Carvajal, 2013)	El artículo indica un diseño curricular nuevo con dos líneas de investigación: automatización robótica para sistemas productivos y automatización robótica para medicina. En este sentido, se revisan metodologías de diseño mecatrónico, diseño biomecatrónico y nuevas tendencias en Ingeniería Mecatrónica.	Se observa que el diseño mecatrónico es de gran importancia en la integralidad curricular, puesto que hay participación de diferentes áreas de conocimiento y presenta aplicabilidad del objeto de estudio del programa en otros campos como la medicina y la automatización industrial.
Integración de la mecatrónica de precisión aplicada al control al desarrollo de la agricultura mecánico de maleza. (Sogamoso Gonzalez, Aponte Rodriguez, y Solaque Guzmán, 2015)	Este artículo es un ejemplo de la aplicabilidad de la Ingeniería Mecatrónica en la solución de problemas en campos como la agricultura. Los autores mencionan diferentes estrategias para el control de malezas en cultivos, siendo la mecatrónica una respuesta a la agricultura de precisión que permite optimizar procesos como eliminación de maleza, fumigación, corte, entre otros.	Es importante ver como la Ingeniería Mecatrónica permite brindar soluciones de alta tecnología integrada a diferentes sectores como la agricultura, pero se resalta el objeto de estudio principal que es el diseño de productos mecatrónicos como un sistema integrado y no aislado en áreas o componentes de formación.

Artículo	Resumen	Aporte al proyecto
"Nuevas Tendencias en Sistemas Mecatrónicos". (Castillo Atoche y Palma Marrufo, 2011)	Con el paso de los años, los productos se han vuelto más inteligentes, empleando óptica, energías renovables, ciencias de la computación, control automático y otras disciplinas y ahora utilizan nuevas tecnologías de software, robótica y manufactura integrada por computadora. Con la aplicación de nuevas técnicas de manufactura los productos se están haciendo más compactos, generando un gran crecimiento aplicado a dispositivos microelectrónicos como sensores, actuadores, motores, máquinas y robots, con aplicaciones en muchos campos.	La evidencia de la aplicabilidad de los sistemas mecatrónicos se hace precisa y permite concluir que no puede existir aislamiento de las áreas del conocimiento que conforman la Ingeniería Mecatrónica y por ende es importante realizar estudios para favorecer la integralidad curricular y la eliminación de tensiones en áreas del conocimiento que aportan a la formación de ingenieros mecatrónicos.

En síntesis, dada la novedad de la Ingeniería Mecatrónica subsisten algunos vacíos epistemológicos que impactan necesariamente los currículos desde el cómo se produce el conocimiento en Mecatrónica. De acuerdo con las investigaciones citadas anteriormente existe evidencia en el interés por fomentar al programa desde un enfoque interdisciplinario en el que múltiples áreas de formación puedan trabajar en conjunto con base a la solución de problemas reales. Para ello se debe fortalecer el trabajo curricular que propenda y facilite el tránsito de los estudiantes por el programa con flexibilidad garantizando la eliminación de tensiones curriculares, las cuales al parecer debido a agenciamientos y modelos administrativos de las Instituciones tanto en Latinoamérica como en países particularmente en México, Colombia y Ecuador se mantienen, lo cual se observa con una simple búsqueda en la red de internet al encontrar planes curriculares de programa de Ingeniería Mecatrónica con semejanzas y principalmente planteados por cursos y asignaturas aisladas que no facilitan la interdisciplinariedad, por ende es importante ahondar en herramientas que faciliten el proceso evolutivo a la transdisciplinariedad eliminando las tensiones curriculares y dando paso a la verdadera interacción de las disciplinas. Para ello se plantea que la integralidad curricular es la estrategia más cercana a la que se recurre como concepto epistemológico alusivo a la posición de la ciencia como un todo, no fragmentado y que abre espacios a la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad como meta ontológica desde la integración de saberes y disciplinas.

5 ASPECTOS METODOLÓGICOS

La investigación se desarrolla bajo los supuestos de la racionalidad hermenéutica, es de tipo analítico explicativo y utiliza como metodología de análisis la teoría fundamentada.

El universo del estudio lo constituyen los programas universitarios de Ingeniería Mecatrónica que en general se ofrecen en los distintos continentes; por su parte, la población para el caso de esta investigación está conformada por los programas universitarios de Ingeniería Mecatrónica de América Latina; de esta población se hace un muestreo teórico a conveniencia de entre los programas de formación profesional que se ofrecen actualmente en Colombia y que está comprendida por 24 programas universitarios de Ingeniería Mecatrónica que ofrecen formación en el nivel de pregrado y que cuentan con el reconocimiento oficial por parte del Ministerio de Educación Nacional; la selección de la muestra se hace a partir de los tres criterios siguientes: a) Tradición y calidad de los programas: con referencia al año de obtención de primer registro calificado que valida oficialmente la oferta de estudios universitarios en el país. Esta tradición comienza en el año 1998 cuando se otorga el primer registro calificado a cuatro programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia, y termina en el año 2020 con el último programa de Ingeniería Mecatrónica que recibe registro calificado. Por su parte el reconocimiento de la calidad incluye los programas de Ingeniería Mecatrónica que cuentan con registro calificado (24 programas) y los que han obtenido acreditación de alta calidad (10 programas). b) Ubicación geográfica por región, con cobertura de las zonas centro, norte, oriente, occidente y sur del país. c) Naturaleza de las instituciones: referida al sector público o privado al que pertenezcan las universidades que ofrecen el programa, obteniendo una muestra representativa de un total de ocho programas: 1. Universidad Autónoma de Occidente, 2 Universidad de Pamplona, 3. Universidad Nacional de Colombia, 4. Universidad Tecnológica de Bolívar, 5. Universidad Tecnológica de Pereira, 6. Universidad de Boyacá, 7. Universidad Mariana, 8. Universidad Javeriana.

El estudio conjuga dos fuentes de análisis: Una documental conformada por programas curriculares o proyectos educativos de programa –PEP- de Ingeniería Mecatrónica, y otras fuentes orales de tipo personal correspondientes a sujetos sociales de estructuración curricular en los niveles de dirección y desarrollo de los currículos, tipo directivos, profesores, estudiantes y egresados de estos programas. En el caso de las fuentes documentales las unidades de análisis están constituidas por los programas y su estudio se realiza mediante un análisis documental para el que se establecen tres ejes categoriales: integralidad, interdisciplinariedad y flexibilidad, cuyo

reconocimiento se hará a través de las estructuras curriculares y sus respectivos modelos o modos de organización. Por su parte para la recolección de datos con las fuentes orales personales se aplicarán encuestas semiestructuradas, entrevistas y/o conversatorios focales virtuales según la dinámica investigativa lo requiera.

El análisis de los datos se desarrolla teniendo en cuenta las tres etapas propias de la Teoría Fundamentada (Gordon, 1999): la descripción, que incluye el ordenamiento conceptual; la codificación, abierta para identificar los conceptos y descubrir propiedades y dimensiones de los datos, selectiva para integrar y refinar teóricamente los datos y axial para relacionar categorías y subcategorías deductivas e inductivas o emergentes a partir de los ejes categoriales; y la comparación constante que implica recolección, codificación y análisis simultáneos. En consonancia con la teoría fundamentada se busca determinar las tensiones curriculares de los profesionales de la Ingeniería Mecatrónica.

6 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

La construcción del marco teórico se realiza bajo tres criterios que permiten en primer lugar familiarizarse con los conceptos y lenguaje que contempla el programa de Ingeniería Mecatrónica en su diseño curricular y las posibles tensiones que se generen en él. En segunda instancia se considera la formación profesional desde el marco normativo y curricular y en tercer término se relacionan algunos elementos como soporte en la construcción de argumentos que permitan sustentar un currículo fundado en la integralidad desde la epistemología de esta ingeniería.

Así, como punto de partida, el estudio de los métodos, fundamentos y principios del conocimiento en ingeniería, afirman que esta no puede ser catalogada como ciencia, sino que "La ingeniería es un modo de conocimiento distinto. Por sus métodos es heurística y, por sus objetivos la ingeniería no se propone alcanzar leyes explicativas y predictivas, sino la solución de problemas acotados dentro de tiempos muy breves" (Olaya, 2013 p 5).

En este sentido, se abordan temáticas generales sobre: el diseño curricular y sus tensiones, la formación profesional, la integralidad y otras cualidades curriculares.

6.1 Del currículum y sus tensiones

El tema del currículum enmarca un campo amplio de abordar, tal que se puede caracterizar como una teoría que proviene de una metateoría social y educativa; por tanto, su conceptualización se delimita a términos generales que sean pertinentes a los programas de Ingeniería Mecatrónica desde un barrido conceptual, la historia y algunos aspectos legales y culturales de la teoría curricular. Salas, (2012) muestra que el diseño curricular se puede asociar a un sistema que tiene que ver con elementos como pistas curriculares, temas de enseñanza, disciplinas, experiencias, contenidos, programas escolares y planes de estudio que, históricamente se han desarrollado y evolucionado desde el surgimiento de la institucionalidad, donde el aprendizaje del ser humano es un proceso dado por imitación (Gordon, 1999).

A esto se suma un hecho histórico importante en la época de la contra reforma cuando Martín Lutero, Samuel Hartlib, mencionan que la educación debe pertenecer también a los pobres y Dury, Petty y Woodward, activan la modernización de escuelas donde todos tengan la posibilidad de aprender un oficio (maestro-discípulo), siendo este un punto de partida de los procesos empíricos a la técnica y posteriormente a la ingeniería (Gordon, 1999), con conceptos que desde su origen han persistido, manteniendo rezagos desde los siglos XV, lo que hace complejo el romper

paradigmas sobre todo en programas como Ingeniería Mecatrónica donde se requiere eliminar la tensión entre áreas del conocimiento que la integran para la solución de problemas de la realidad industrial y social.

6.1.1 Conceptos básicos de currículo

Como instrumentos de formalización y normalización de la practica educativa asociada a dar respuesta a necesidades sociales, políticas, culturales y económicas; el currículo es una carta de navegación para los programas académicos en todos los niveles de formación, por ende, es importante considerar todos los factores decisivos en dar respuestas planeadas y confiables a la hora de ofertar un programa académico y profesional.

Como lo menciona Arellano, (2016) en antecedentes del currículo, es importante considerar para el diseño curricular un diagnóstico de necesidades, formular objetivos, seleccionar contenidos, organizarlos y generar actividades para la enseñanza el aprendizaje y la evaluación. Para llevar a cabo esta panorámica se esboza un histórico del currículo con los principales elementos de acuerdo con el trabajo de Cazares, (2017)

Tabla 6.1

Aspectos relevantes en educación desde la historia

Temporalidad	Aspectos de importancia
Época clásica	Atenas y Roma, la escuela proporciona a la clase dirigente una educación política orientada a confirmar la posición social del niño y la nueva generación con el manejo de instrumentos y herramientas para ser parte activa de la sociedad. El currículo se enfoca a la gramática, retórica y la lógica para la clase dirigente y la aritmética, geometría, astronomía y política para los problemas científicos y la realidad natural.
Edad Media	Organización del sistema de enseñanza por disciplinas, el currículo con la influencia del cristianismo, aumenta la enseñanza del latín y disminuye la de las matemáticas y la educación física.
Siglo XVI y XVII	Proceso o secuencia temporal ordenada que se repite todos los años. El término currículo se refiere a “Plan de estudios” con la necesidad de formar funcionarios civiles burocráticos. Comenio, Rousseau y Basedow con el estudio de las Ciencias Naturales se introdujo un cambio sustancial en las prácticas educativas, surgiendo nuevas materias como mecánica, geografía, historia natural, dibujo lineal, y nuevos métodos para laboratorio, material audiovisual, etc. Todo esto debido a la demanda laboral cualificada requerida por la industria.
Siglo XIX. Revolución Francesa	Currículo basado en la formación de ciudadanos (código moral). Escolarización obligatoria a cargo del estado.

Temporalidad	Aspectos de importancia
1978, Jhon Dewey en Estados Unidos	Herbart presentó la primera teoría comprensiva de la educación respecto a la formación de profesores con base en un nuevo método de enseñanza apoyado en aportes de la psicología. El individuo se desarrolla en interacción con el contexto, y el papel de la educación es hacer que los individuos organicen sus experiencias. El fin de la educación es la reproducción cultural basada en valores liberales. La enseñanza siempre tiene un contenido que se aprende en la interacción con el medio y es una perspectiva que se apoya en la racionalidad de las ciencias, y que cree en la posibilidad de cambiar la sociedad a través de la educación.
Siglo XX	Educación es fundamental en el desarrollo económico y productivo. El currículo racional se caracteriza por el pragmatismo de acuerdo con las necesidades de la sociedad. Se potencia la metodología para los procesos de enseñanza aprendizaje mediante documentos escritos, lectura; cambiando la memoria verbal de los estudiantes. Se introduce la metodología activa, donde el docente es el mediador y facilitador.
Lundgren en 1992	Afirma que en la sociedad predomina el currículo oculto, donde existen elementos implícitos.

La construcción curricular de acuerdo con lo histórico se debe adaptar a necesidades y condiciones económicas y sociales de cada época, con lo cual el currículo toma forma y complejidad en el contenido de la enseñanza, en lo que concierne al por qué enseñar y por quien enseñar. Todo en un dinamismo de la interacción social de profesor y estudiante como parte activa del proceso educativo, el que ahora se considera en un contexto social, cultural, económico y ambiental en diálogo y acuerdo entre las diferentes partes, respetando los intereses de la comunidad educativa y dando respuesta al porque y para quien es la formación desde la mediación entre pensamiento y acción para promover el desarrollo académico desde las aulas, Básicamente se define al currículo como un proyecto educativo donde interactúan componentes y experiencias para reconstruirse continuamente en el quehacer cotidiano educativo y como resultado de una construcción colectiva (Foro Temático “Pertinencia y Calidad”. México: 2005)

6.1.2 Enfoques curriculares

Dado que el currículo es un elemento amplio en el campo de la educación, se establecen dos niveles, el conceptual y el descriptivo, así el nivel conceptual menciona un conjunto de teorías

y prácticas para que el alumno desarrolle sus capacidades y competencias cognitivas, personales, y profesionales. A nivel descriptivo incluye un conjunto de metas, objetivos, contenidos, metodologías, estrategias y procesos evaluativos, orientados al logro de los distintos niveles de formación.(Uscátegui de Jiménez, 2018), también es un relacionante de elementos básicos de la sociedad como son la ciencia, la educación y la cultura de un ser humano y su interrelación, para ello se indica cuatro teorías así:

- Teoría de la conciencia y la reflexión: Es vista desde el punto filosófico de los griegos Sócrates, Platón y Aristóteles como el ser humano llamado hombre justo; Rousseau menciona al ser humano como ser natural y Dewey lo indica como hombre práctico.
- Teoría de la Razón: Se basa en el positivismo, el cual establece a la ciencia por medio de la experimentación, la predicción de fenómenos y el control de estos, algunos de sus representantes son Comte, Comenio, Spencer, Fischer, Stuart Mill y Durkheim. Principalmente correlacionan al currículo técnico en el contexto de 1918 donde el principal exponente es Ralph Tyler quien muestra al currículo como instrumentalista y los métodos educativos se basan en instrucciones para soportar las diferentes necesidades del mercado, el método científico es la deducción y la inducción; la organización curricular se realiza por objetivos y actividades, lo cual conlleva a la poca reflexión, la carencia de crítica y se convierte en un currículo homogéneo y mecánico.
- Teoría Hermenéutica: Se basa en la interpretación, lo que conlleva a la comprensión del significado y la acción en los diferentes procesos. Sus representantes son Weber, Schutz, Malinowski, Hymes y Rockwell.

Esta teoría se refleja en la teoría del currículo práctico en la que Joseph Schwab en 1960 muestra a la educación como una organización basada en la ciencia práctica, reflexiva y deliberativa en el contexto, sus principales aportes se relacionan con el mejoramiento de la capacidad de discernimiento, flexibilidad y dinámica en el aula, pero no supera el discurso empresarial como fin de la educación.

- Teoría socio – crítica: Se fundamenta en la teoría crítica, la cual afirma sus conceptos sobre la emancipación del ser humano. Sus principales representantes son Habermas, Carr, Kemmis y Freire.

Así mismo surge la teoría investigativa de Lawrence Stenhouse, quien, en 1970 muestra a la educación en un contexto complejo y dialéctico, con problemas y realidades pedagógico – culturales, para las cuales se debe realizar procesos investigativos que satisfagan el quehacer de la educación. Este tipo de currículo aporta al trabajo colaborativo y reflexivo, dando prioridad a lo democrático. Las principales dificultades de esta teoría radican justamente en la investigación, puesto que no se contemplan aspectos como las limitaciones de tiempo, infraestructura y aspectos políticos.

Por su parte Wilfred Carr y Stephen Kemmis en 1980 plantean la teoría curricular critico social, cuyo fin en la educación es la emancipación y la transformación social; para ello la educación debe establecer relaciones con el estado y la sociedad, pero tiene limitaciones por la trayectoria implementada por la cultura curricular tradicional.

Las teorías mencionadas permiten generar procesos de diseño curricular con tres enfoques curriculares desde los intereses constitutivos de los saberes así:

Enfoque Técnico en el que a raíz de su interés técnico fragmenta la ciencia en asignaturas.

En resumen, algunos autores mencionan a este tipo de currículo con algunos aportes y críticas en la tabla 6.2.

Tabla 6.2

Aportes y críticas de autores hacia el enfoque técnico

Autor	Aportes	Debilidades
Estebaranz en 1994	Es aplicable a diferentes materias	No hay claridad de la priorización de objetivos
	Procesos lógicos y racionales	Existen experiencias en las que los profesores no siguen el planteamiento lineal de Tyler
	Orienta la evaluación y considera fortalezas de los estudiantes	No se consideran los aprendizajes que se dan en los procesos fuera de los objetivos
Kemmis en 1988	Hay una guía de construcción curricular	Teoría del currículo subdesarrollada
	Respuesta a la relación de currículo y sociedad	Existencia de una estructura ligada al estado

Autor	Aportes	Debilidades
John Elliott en 1991		Reducción de prácticas sociales a un número de elementos esenciales Lo esencial es una base de conocimiento indudable e inalterable social y culturalmente
César Cascante en 1996	La orientación a productos es el modo más claro de valoración. Las ideas son valiosas en la medida en que los productos del proceso educativo lo sean Profesor como aplicador de técnicas recurriendo a aspectos científicos La planificación como fórmula clave del que hacer en las aulas	Riesgo de despojar a la educación de su dimensión histórica, pedagógica, social y cultural. imagen simplista sobre los procesos acción y reflexión en los contextos educativos Se invalidan las fuerzas de las decisiones anticipadas sin una contextualización racional.

Fuente: (Cazares, 2017, p 21-24)

Enfoque Práctico, el cual enjuicia la fragmentación de las asignaturas y según Cazares (2017) afianza la utilidad de la formación para la industria integrada desde la dialéctica a la realidad del aula y el entorno con pertinencia, lo cual abre un campo al diálogo de saberes donde los profesores observan los problemas de las materias aisladas. Este enfoque presenta un contraste técnico en los procesos educativos adicionando los valores y la relación entre educación y sociedad, como lo indica Kemmis en 1988 cuando menciona a los profesores "el requerimiento de estar bien educados e informados sobre valores, teoría y práctica educativa, considerándose como sujeto activo moralmente responsable de sus decisiones y de su acción sensata"(Cazares, 2017, p 30,31)

Enfoque Sociocrítico, es por ahora el último de los paradigmas curriculares y se abre a una estructura por proyectos, es decir holística y desde la hermenéutica, que permite estudiar que tan integrales son los currículos. Tiene como referentes a Kemmis y Popkewitz en 1988, luego Carr en 1990, continúa Grundy en 1991 aunque muchos fundamentos se encuentran en Habermas; en el contexto Latinoamericano Freire es uno de los grandes autores que aportan a este enfoque. La investigación curricular constituye uno de los principales soportes metodológicos para el diseño en este enfoque.

6.1.3 Construcción curricular

El currículo, de acuerdo con Stenhouse es un proceso de construcción continua y permanente, según lo cual se deben tener en cuenta diferentes cualidades como su contextualización y su pertinencia social. Este concepto exige así mismo comprender el currículo como un campo de interacciones en el que distintas personas se involucran en su desarrollo con sus propias ideas e intereses, razón esta que permite identificar distintos subprocesos que tienen lugar al llevar el currículo a la práctica.

También es claro que un desarrollo curricular está constituido por distintos agentes; en un primer nivel de concreción actúan los entes gubernamentales como agentes reguladores del currículo que dan pautas generales para la educación en cada país; un segundo nivel de concreción lo constituyen las instituciones educativas que le otorgan identidad al currículo de acuerdo con su naturaleza, pública, privada, seglar, católica, militar, académica, profesionalizante, investigativa, etc., lo que le asigna un determinado direccionamiento al diseño curricular y a su desarrollo.

En el tercer nivel de concreción operan los docentes y los estudiantes desarrollando el currículo en la práctica del aula, instancia en la que su construcción puede resultar distante o no de lo prescrito en los niveles anteriores, toda vez que es allí en donde se ponen en juego los intereses finales del aprendizaje.

Ahora bien, si se trata de construir un currículo reconociéndolo como proceso perfectible (Stenhouse, 1991) y como campo de variadas relaciones e interacciones debe recurrirse a la observancia de cualidades como la construcción colaborativa y participativa, la integralidad, la flexibilidad, la pertinencia, la sistematicidad y su dinámica de construcción continua. (Uscátegui, 2018a).

De allí que la autoevaluación se convierta en uno de los procesos curriculares más importantes, teniendo en cuenta que esta debe ser continua y con fines de mejoramiento, lejos de un interés de control y abierta por el contrario a todo cambio que surja durante alguno de los procesos de construcción y que permita su permanente reconstrucción y perfeccionamiento. Es decir que la autoevaluación constituye el eje dinamizador del currículo que articula de manera vigorosa y autocrítica las fases de diseño y desarrollo.

En la fase de diseño se define la finalidad del programa académico, es decir su objeto, su naturaleza, su epistemología y su teleología como horizonte del proceso de formación; para ello se realiza una caracterización de necesidades con una conceptualización epistemológica, científica

y disciplinar, a partir de lo cual se construyen los componentes estratégicos del proyecto educativo o curricular (misión, visión, objetivos, perfiles -profesional, de ingreso, de egreso-) y se define el tipo de estructura curricular a través de la cual se organizarán las experiencias formativas y de aprendizaje (asignaturas, áreas, núcleos, competencias, resultados de aprendizaje, proyectos, problemas…) sin dejar de lado los contextos normativos, sociales, culturales, disciplinares e institucionales; el conjunto de estos componentes constituye la dimensión teórico-estructural del currículo (De Alba, 1998).

La implementación del currículo tiene lugar en la dimensión procesual-práctica (De Alba, 1998), escenario que constituye la parte medular del desarrollo del proyecto educativo en la medida en que resulta la de mayores transformaciones producto de las decisiones que en la realidad del aula se deben tomar. Cabe destacar que generalmente en esta dimensión prevalecen el *know how* docente y el paradigma de la evaluación para el control, perspectivas estas que resultan nocivas para la formación en casos como el de la ingeniería mecatrónica que requiere de una gestión y una autoevaluación curricular constante, dialógica y participativa que permita tener en cuenta tanto las experiencias exitosas como los diversos obstáculos con el que se encuentran los docentes para el cambio de un currículo fragmentado a un currículo integral y transdisciplinario como el caso que nos ocupa.

En efecto en el desarrollo del currículo se encuentra con la compleja realidad del aula y las diferentes interacciones entre agentes del acto educativo, responden a variedad de intereses que pueden facilitar o no la ejecución del proyecto curricular, pero que pueden también advertir la necesidad de adecuar ciertos procesos según las diversas coyunturas que se presentan en la dinámica del aula. Esta misma dinámica ha dado lugar a la caracterización de diferentes tipos de currículos que tienen lugar en el aula, como el "Currículo oculto" que se desarrolla a veces subrepticia o subliminalmente dando lugar a enseñanzas o aprendizajes no prescritos o explícitos tras los cuales se esconden justamente el *know how* o las diferentes posturas epistemológicas, científicas, disciplinares o aun ideológicas. Otro tipo de currículo que merece su atención es el denominado "Currículo emergente", esto es el que surge espontáneamente más por razones coyunturales, epistemológicas, pedagógicas o didácticas, en el momento propio del aprendizaje, poniendo en evidencia las tensiones que en estas coyunturas se presentan durante el proceso bien sea de la enseñanza o bien del aprendizaje, currículo este que en una reconstrucción participativa

del currículo puede revelar datos de gran importancia para logros como la interdisciplinariedad, la transdisciplinariedad, la integralidad …

De esto, también, se puede hablar de una tercera etapa en el diseño curricular denominada reconstrucción, como resultados de procesos de autoevaluación y autorreflexión por parte de docentes, directivos, estudiantes, sector productivo, sector laboral y otros actores que puedan ser parte del contexto en el que se pone en práctica el currículo.

Ahora bien, en particular los currículos de los programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia, evidencian construcciones basadas principalmente en la teoría técnica de Tyler, equivalente a una idea de ciencia desagregada en asignaturas y cursos delimitados en sus contenidos de enseñanza desde los niveles macro, meso y micro. A nivel macro por determinación del Estado la construcción curricular está determinada actualmente por la resolución 1330 de 2019 del Ministerio de Educación Nacional de Colombia, la cual indica aspectos para la creación de programas en educación superior. En el nivel meso el diseño curricular corresponde a la estructuración por parte de los organismos de dirección universitaria, generalmente como resultados de un interés docente y de los contextos social, industrial y de mercado. En el nivel micro, el currículo se refiere a los procesos de desarrollo en el aula por parte de los docentes y estudiantes.

Finalmente, visto desde la óptica de las teorías descritas y de los conceptos hasta aquí desarrollados, el programa académico de Ingeniería Mecatrónica puede entenderse como un proyecto curricular en el que convergen diferentes áreas del conocimiento, las cuales deben articularse de manera sinérgica en un proceso de multidisciplinariedad, pasando por la interdisciplinariedad y con el fin de encontrarse en la transdisciplinariedad como una perspectiva epistemológica, en donde las disciplinas se relacionan entre, a través y más allá de ellas en el conocimiento, toda vez que ésta es propia de su naturaleza desde su misma génesis en la medida en que fusiona la ingeniería mecánica, la electrónica y los sistemas informáticos y en que tanto áreas como disciplinas deben interactuar para el despliegue de proyectos que favorezcan la construcción de una sociedad con un alto desarrollo y mediante la aplicación de la tecnología.

6.2 Tensiones curriculares

Se parte de descifrar aquí algunos sentidos implicados en el concepto de tensión, así: en lo físico se presentan como la acción de fuerzas opuestas a las que se encuentra sometido un cuerpo,

en las relaciones sociales se entienden como la acción del devenir producto de un conflicto en el que se producen diferencias que no se pueden conciliar, desde la psicología las tensiones se enmarcan en oposiciones producto de enfrentamientos entre individuos o grupos y desde lo curricular, las tensiones se producen principalmente en las relaciones de un ámbito académico caracterizado por habilidades disciplinares e interdisciplinares y un ámbito laboral dado por el desarrollo, logro y aplicación de las habilidades profesionales específicas y generales producto de la posibilidad de transferencia de las mismas, limitadas por los conocimientos de frontera (Diaz-Barriaga, 2003). Sin embargo, las tensiones no pueden catalogarse únicamente como sinónimos de conflicto, sino también como diferencias, esto conlleva a desplegar un dialogo permanente que a nivel curricular reafirme la ampliación de las fronteras de las disciplinas y que permitan a su vez la existencia de una dinámica constructiva de interacción y articulación sin perder la naturaleza misma de las disciplinas.

De este modo el currículo históricamente ha estado en continua construcción y evolución debido a distintos aspectos y necesidades educativas en la sociedad; esto ha llevado a la generación de tensiones, como lo resume (Angulo-Rasco, 1994) en su artículo denominado “A qué llamamos currículo”:

> El concepto de “currículum” es, probablemente, uno de los más controvertidos de todos los que normalmente se encuentran en cualquier análisis disciplinar de la educación. Los intentos que hasta ahora se han llevado a cabo para sistematizar su sentido nos han devuelto un considerable amasijo de concepciones y acepciones en pugna con una visión socio-política específica sobre la educación, así como del conocimiento, del cambio social en general. (p. 1).

El autor Angulo-Rasco señala que las diferencias desde lo sociopolítico y las estructuras retóricas no son lo importante, sino el análisis crítico de las posibilidades semánticas desde las distintas definiciones de currículo. Tal es el caso de Tyler, que habla de un currículo desde un plan de formación encaminado a procesos y actividades de enseñanza y aprendizaje, pero también da un aporte no solo en la planeación, sino también en los procesos reales de enseñanza, para los cuales el currículo no es únicamente un elemento lineal, sino que tiene un gran campo de investigación desde lo descriptivo y lo interactivo.

De la misma forma, Stenhouse en 1981, afirma que el currículo es un plan prescrito como lo deseable en la escuela y por otra parte el estado en el que se desarrolla, es decir la intención y la realidad.

Por otra parte, como complemento al currículo, Ausbel en 1973, Novak en 1977, distinguen el currículo como "Reconstrucción social". Gagné en 1967 menciona que:

Un currículum es una secuencia de unidades de contenido organizadas de tal manera que el aprendizaje de cada unidad pueda ser logrado por un acto simple, apoyado por las capacidades especificadas de las unidades anteriores (en la secuencia) y que ya han sido dominadas por el alumno. (Angulo-Rasco, 1994, p 4).

Lo que hace referencia a requisitos previos para la continuidad de la formación por contenidos.

Coll (1987), habla de aprendizajes específicos, definiendo currículo como una planificación sustentada con clasificación de aprendizajes según procedimientos, actitudes y conceptos; sin embargo, estos autores generalizan en el currículo como un cúmulo de contenidos que deben ser aprendidos de forma estructurada, pero existe ambigüedad en lo que realmente es importante para el estudiante, lo que realmente aprende, lo que quiere aprender y su aplicabilidad, puesto que existen diferentes tipos de currículos que están explícitos e implícitos en las instituciones de educación; es allí donde se dan diferentes tensiones en el currículo que en ocasiones son difíciles de controlar con la planeación propuesta en las definiciones pero que se dan en la relación entre los actores de la educación y la mediación cultural.

Por otro lado, Pratt en 1978, aporta al currículo mencionando que no es únicamente las actividades sino las "ideas escritas", lo que indica que el currículo también está formado por elementos que propenden por el bienestar en la formación profesional, es decir, que implícito está el deseo de satisfacer más que objetivos y actividades los procesos culturales de una comunidad legitimando el trabajo escolar en su totalidad mediante una comunicación significativa que interprete el quehacer de docentes y estudiantes.(Angulo-Rasco, 1994, p 6). Westbury en 1978 señala al respecto, que el currículo encuentra significado en las acciones y relaciones entre docentes y estudiantes donde el conocimiento es vivido en la escuela como lo indican igual Clandinin y Connelly en 1992 cuando muestran que el contenido cultural y ambiental se integran en una interacción dinámica y como una realidad interactiva, siendo entonces el currículo un

cúmulo de procesos en un sistema con distintos elementos que interactúan y cambian en el tiempo y el espacio conforme al requerimiento de formación de una sociedad. (Angulo-Rasco, 1994, p 7).

Estas tensiones provocan dinámicas aisladas en aspectos como la investigación y la práctica integral de los profesionales; por esto, es importante la interacción colectiva entre las partes de un currículo integral que rompa paradigmas científicos y políticos institucionales como lo indican (Corchuelo-Mora y Barrios-Estrada, 2010). La ruptura de los paradigmas agenciados en los programas permite que se generen flujos y dinámicas conceptuales en las disciplinas de los programas, en especial en Ingeniería Mecatrónica donde las tensiones entre las disciplinas permiten el diálogo y la generación de nuevos conceptos para el diseño mecatrónico y nuevos productos. Las tensiones mencionadas dinamizan sin vencer las fronteras de modo que no exista separación conceptual, sino que corren las fronteras de conocimiento, lo cual se relaciona directamente con la dinámica de la formación profesional.

Por tratarse de un concepto que da origen a la presente investigación y que busca argumentar la tesis propuesta, el concepto de tensiones curriculares no puede reducirse a este apartado, razón por la cual su conceptualización va a permear de aquí en adelante la mayor parte de este informe.

6.3 Formación profesional en ingeniería

La ingeniería, históricamente se ha construido y definido desde el quehacer creativo para la solución de problemas a partir del "ingenio", término asignado a diferentes máquinas y herramientas que han evolucionado con el tiempo y debido al uso de tecnologías y materiales sustentados en los avances científicos hacia el diseño y construcción de nuevas máquinas y procesos que brindan soluciones y bienestar al ser humano. (Corchuelo, 2004). Actualmente, en el artículo 1 de la ley 842 (2003), en Colombia se define a la ingeniería como "toda aplicación de las ciencias físicas, químicas y matemáticas; de la técnica industrial y en general, del ingenio humano, a la utilización e invención sobre la materia", la formación profesional en Colombia está regulada por el Ministerio de Educación Nacional, y para el caso de las ingenierías existe una norma marco que direcciona la formación profesional dada por los requerimientos establecidos para la creación de distintos programas de formación profesional, así el MEN sugiere a las Instituciones de Educación Superior en primera instancia contar con personería jurídica y que esta a su vez,

establezca la correspondencia de los propósitos de formación con el carácter académico de la institución, es decir si esta es privada, pública, confesional, entre otras.

Posteriormente, para que una institución solicite el registro de un programa académico, el MEN establece unas condiciones denominadas de calidad, las que principalmente se listan según la normatividad del decreto 1295 de 2010 así, hoy con algunas modificaciones en el decreto 1330 de 2019: (MEN, 2018b). El cumplimiento de estos elementos permite al MEN apoyado de otros establecimientos gubernamentales, dar aval para el funcionamiento de un programa profesional en la institución y realizar seguimiento garantizando la calidad de los programas en el país.

Por otra parte, el MEN para dar mejores condiciones de calidad a los programas de formación académica, crea la comisión Nacional de Acreditación CNA, con el fin de establecer pautas que desde el estado colombiano se permita certificar a Programas e Instituciones con sellos de Calidad, mencionando que "los actos de acreditación expresan fundamentalmente la capacidad de autorregulación de las instituciones." (CNA, 2018).

Todos estos elementos establecidos por el MEN, son de gran importancia en la formación profesional, puesto que enmarcan aspectos que definen el quehacer de un profesional que se certifica por una institución de educación superior y lo valida el ente gubernamental (MEN); para ello el currículo forma parte esencial en cubrir los aspectos reglamentarios en la formación profesional; en este caso, de acuerdo con el CNA, se indican algunos elementos en el diseño curricular como: integralidad, flexibilidad, interdisciplinariedad, pertinencia, entre otros. Los cuales deben ser inherentes al programa para cumplir con requerimientos legales e interiorizarlos en los actores de los procesos educativos.

En el diseño curricular, para la formación profesional, se pretende más que agenciar procesos que cumplan con normativas gubernamentales, se desea responder a las necesidades contextuales de la sociedad y su formación, usando como referentes los elementos teóricos del currículo en correspondencia al espacio y la temporalidad, para lo cual en ocasiones es necesario realizar una deconstrucción de algunas estructuras preestablecidas para adecuar a los requerimientos principales de formación para beneficio social, como lo indica Jacques Derridá en su teoría posestructuralista de análisis textual basado en paradojas aplicada a distintas disciplinas, dicha deconstrucción "debe ser entendida como el intento de reorganizar de cierto modo el pensamiento occidental", (…) "por la cancelación de los opuestos, la abolición de las

jerarquías y la desmitificación o desideologización de los filosofemas". (Borges de Meneses, 2013, p. 2).

La deconstrucción curricular permite integrar procesos soportados en la historia educativa y de manera objetiva asignar elementos pertinentes en la formación profesional para la transformación de la sociedad.

Los principales elementos curriculares que permiten pensar en una deconstrucción, pero respetando los procesos en un marco legal de acuerdo con el MEN son la integralidad, la flexibilidad, la pertinencia, la interdisciplinariedad y la internacionalidad; aspectos mencionados como elementos de calidad por el CNA. (Uscátegui, 2018a).

6.4 La integralidad y otras cualidades curriculares

La integralidad curricular en programas académicos está ligada a términos de interconexión entre distintas áreas y disciplinas del conocimiento, particularmente en la Ingeniería Mecatrónica; como principal interés de esta tesis, se indica definiciones y conceptos de elementos que respectan al logro de procesos integradores, puesto que el programa de Ingeniería Mecatrónica tiene una naturaleza transdisciplinaria, se advierte así elementos curriculares como la interdisciplinariedad previa a la transdisciplinariedad y cómo puede lograrse en este tipo de programas.

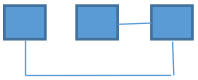
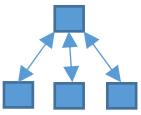
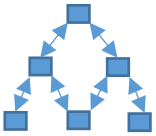
Así, el programa de Ingeniería Mecatrónica, está dado por la acción de múltiples disciplinas que, con el tiempo han interactuado entre ellas con el objeto de establecer un diálogo permanente; por lo que, es importante afirmar que es un programa interdisciplinario ya que existe o debe existir cohesión entre varias disciplinas y que además en la comunicación entre las disciplinas se evidencian tensiones representadas en las fronteras del conocimiento de las disciplinas que finalmente cuando se obtiene como resultado un producto mecatrónico, dichas tensiones se eliminan y es cuando se da la transdisciplinariedad, para lo cual se prevé de un proceso investigativo que permita consolidar conceptos tecnológicos nuevos en mecatrónica.

Antes de ir al concepto de interdisciplinariedad, se indica que una disciplina es una rama de las ciencias o ciencia, con un sentido de entrenamiento o rigor conceptual por exploración homogénea con el fin de producir conocimientos nuevos.

La interdisciplinariedad luego se muestra como "una reacción contra la especialización y el reduccionismo científico o la llamada ciencia en migajas" (Tamayo, 2012, p. 5), lo que incorpora resultados de las diversas disciplinas, distintos esquemas conceptuales de análisis y los somete a

comparación y enjuiciamiento para finalmente integrarlas. (Tamayo, 2012). Es decir que los programas interdisciplinarios deben establecer un conjunto de interacciones de su realidad fenomenológica con interconexiones sistemáticas y estructurales. La tabla 6.3 muestra una clasificación de la disciplinariedad.

Tabla 6.3
Clasificación de la disciplinariedad

Descripción	**Tipo de sistema**	**Configuración del sistema**
Multidisciplinariedad: Conjunto de disciplinas que se proponen simultáneamente, pero sin hacer aparecer explícitamente las relaciones que pueden existir entre ellas.	De un solo nivel y con objetivos múltiples; ninguna cooperación	
Pluridisciplinariedad: Yuxtaposición de disciplinas diversas que se sitúan generalmente en el mismo nivel jerárquico y agrupadas de manera que se subrayen las relaciones que existen entre ellas.	A un solo nivel y con objetivos múltiples; cooperación, pero sin coordinación	
Disciplinariedad cruzada: Axiomática de una sola disciplina impuesta a otras disciplinas al mismo nivel jerárquico, lo que crea una rígida polarización de las disciplinas sobre la axiomática propia de una disciplina.	A un solo nivel y un solo objetivo. Control rígido impuesto por el objetivo propio de una buena disciplina.	
Interdisciplinariedad: a) Axiomática común a un grupo de disciplinas conexas, definida a nivel o subnivel jerárquico inmediatamente superior, lo que introduce una noción de finalidad. b) Teológica, entre el nivel empírico y el nivel pragmático. c) Normativa, entre el nivel pragmático y el nivel normativo. d) Objetiva, entre el nivel normativo y el nivel de los objetivos.	Niveles y objetivos múltiples. Coordinación hacia una finalidad común de los sistemas.	
Transdisciplinariedad: Coordinación de todas las disciplinas del sistema de enseñanza. Innovación sobre la base de un axiomático general introducida a todos los niveles a partir del nivel de los objetivos. Aparición de un esquema epistemológico.	A dos niveles y con objetivos múltiples. La coordinación procede de un nivel superior.	

Fuente: (Tamayo, 2012, p. 13).

6.4.1 Integralidad curricular

La integralidad en el currículo tanto para docentes y estudiantes promueve el desarrollo de todas sus potencialidades y dimensiones: científicas, filosóficas, humanísticas, éticas, políticas, críticas, reflexivas, sociales, culturales, y estéticas, mediante componentes, áreas o competencias. Para ello debe existir coherencia en las dimensiones del currículo; también interacción entre las dimensiones, debe ser flexible para dar oportunidad a potenciar los intereses personales, las competencias deben ser pertinentes y desarrolladas en el contexto de manera transversal. En el CNA se define una característica de integralidad del currículo así: "El currículo contribuye a la formación en competencias generales y específicas, valores, actitudes, aptitudes, conocimientos, métodos, capacidades y habilidades de acuerdo con el estado del arte de la disciplina, profesión, ocupación u oficio, y busca la formación integral del estudiante, en coherencia con la misión institucional y los objetivos del programa." (CNA, 2013, p. 29).

Por otra parte, Torres (1994) y Molina e Illán (2008) indican que existen diferentes modalidades de integración del currículo dadas principalmente por la relación de varias disciplinas y tópicos, además de cuestionamientos de la cotidianidad e incluso por selección de temáticas de parte de los estudiantes. A esto Hernández (2013) citado en (Illán Romeu y Molina Saorín, 2011) donde se menciona que existen unas "vías" para la integración curricular dadas por la interdisciplinariedad, la articulación en el currículo de manera horizontal y vertical y con espacios curriculares que permiten proveer "segmentos curriculares" en los que el estudiante "se entrena en la resolución de problemas por medio del trabajo en equipo". De parte de la Institucionalidad se desarrollan metodologías jerárquicas que consideren estrategias pedagógicas y las características psicosociales del grupo, aspectos que se fortalecen en el diálogo permanente y sistémico de los agentes del acto educativo.

6.4.2 Flexibilidad curricular

Para la interdisciplinariedad, existen elementos curriculares para propiciarla, tales como la flexibilidad, definida como una libertad para el movimiento curricular durante el transcurso de la formación como lo indica (Upegui V, 2008, p 15):

> Ha surgido como una respuesta a las condiciones de apertura y de cambio. Las transformaciones en la economía y en la sociedad han inducido a la educación a

> considerar la flexibilidad como un principio curricular, a tenerla en cuenta en los diseños de los programas académicos.

Por los cambios generados en el mundo y su globalización apoyada en las tecnologías de las comunicaciones los currículos se ven obligados a brindar movilidad e intercambios entre estudiantes, profesores y demás agentes de las instituciones, para así fortalecer el trabajo interdisciplinario con el interés de ampliar el actuar de los profesionales en el marco económico, cultural y de transformación social, reconociendo la diversidad. Para ello se requiere que las instituciones también aporten a la apertura curricular desde lo administrativo en su estructura y sus procesos, brindando mayor movilidad y libertad para el intercambio entre las diferentes disciplinas en beneficio de la construcción de una sociedad crítica y globalizada por medio de las distintas formas de acceso al conocimiento.

> La flexibilidad en la educación superior implica el reconocimiento de la diversidad y el impulso a la innovación. Remite ante todo al desplazamiento o a la remoción de fronteras y de los "divorcios" tradicionales …. incluye la aplicación de métodos y criterios de validación de los aprendizajes de modo sustantivo, liberalización de las trayectorias internas, mecanismos y oportunidades de ingreso y egreso. (García et al., 2008, p 28, 29).

Luego la flexibilidad es un estado de apertura, posibilidad de movilidad por el sistema curricular de acuerdo con las competencias de interés en el estudiante y de manera articulada con los procesos educativos tanto a nivel pedagógico, administrativo y normativo. Para ello es importante implementar curricularmente estrategias que fomenten la interdisciplinariedad, para con ello permitir la movilidad y tránsito libre por el currículo. "La flexibilidad favorece el desarrollo de investigaciones transversales a los currículos y abre opciones para que el estudiante escoja entre diversas actividades curriculares con múltiples combinaciones, estrategias variadas y movilidad por la estructura académico- administrativa de su universidad o de diversas instituciones de educación superior"; su principal aporte en el estudiante con la flexibilidad es el trazado de una ruta propia acorde con sus potencialidades. (Uscátegui, 2018b). En conformidad a esto el CNA define la flexibilidad en la característica número 17 como: "El currículo es lo suficientemente flexible para mantenerse actualizado y pertinente, y para optimizar el tránsito de los estudiantes por el programa y por la institución, a través de opciones que el estudiante tiene de construir, dentro

de ciertos límites, su propia trayectoria de formación a partir de sus aspiraciones e intereses." (CNA, 2013, p. 30).

6.4.3 Pertinencia curricular

La Pertinencia curricular es otro elemento importante y se enmarca en la relevancia y trascendencia de una estructura coherente y eficiente en la formación profesional en las dimensiones educativas, laborales, económicas y sociales. La integralidad y flexibilidad son condiciones para que se tenga un currículo pertinente que "implica capacidad hermenéutica y sensibilidad para la comprensión de la diversidad de intereses de los sujetos y de los entornos sociales". (Uscátegui, 2018b). Esto indica que es de gran importancia tener en cuenta en el diseño y desarrollo curricular al contexto social, cultural y productivo, pero bajo los intereses de los estudiantes y sus necesidades de formación. Para ello, el currículo debe ser una construcción colectiva e interdisciplinaria, donde intervenga el estado, docentes, estudiantes y empresarios considerando la pluriculturalidad y diversidad humana.

El CNA en su característica número 3. Relevancia académica y pertinencia social del programa la define como "capacidad de la institución y su programa para responder a necesidades del medio. Necesidades a las que la institución o programa no responde de manera pasiva, sino proactiva. Proactividad entendida como la preocupación por transformar el contexto en que se opera, en el marco de los valores que inspiran a la institución y la definen". (CNA, 2013, p. 20).

6.4.4 Interdisciplinariedad

Otro elemento importante en el currículo es la interdisciplinariedad, o interacción entre dos o más disciplinas para la cooperación y crecimiento conjunto, promoviendo en el currículo el diálogo entre saberes que permiten la creación de nuevos conceptos y significados en la solución de distintas problemáticas en la práctica de distintas disciplinas profesionales. Como lo indica el CNA en la característica número 18: "El programa reconoce y promueve la interdisciplinariedad y estimula la interacción de estudiantes y profesores de distintos programas y de otras áreas de conocimiento." (CNA, 2013, p. 31). Luego la interdisciplinariedad es la organización colectiva de una estructura de conocimiento alrededor de un problema en común, con interacción continua de diferentes disciplinas para articular conocimientos siendo posible acercarse a la transdisciplinariedad como un concepto más amplio (Davalos G, 2005).

6.4.5 Transdisciplinariedad

Pese a que la noción de transdisciplinariedad ha sido manejada con mucha ligereza en algunas ocasiones, hoy es posible comprender sus distintos alcances a partir de teorías como la de la complejidad y la teoría de sistemas entre otros.

En el primer caso la transdisciplinariedad surge como una postura crítica por la forma dogmática y reduccionista como se viene abordando la realidad y sus problemáticas desde algunos paradigmas de ciencia que han mostrado sus limitaciones para enfrentar la condición cambiante y compleja de la realidad y de los fenómenos de la humanidad, los que exigen por el contrario el diálogo y la reflexión entre las ciencias, las disciplinas, los saberes, y reclaman en general una apertura al mundo y a sus multidimensionalidades con pertinencia epistemológica y metodológica, de manera que se integren en la complejidad con una visión holística para la construcción de alternativas de solución contextualizadas. (Settati A,2021).

En este sentido Pablo Tigani referenciado en Hult (2010) afirma que la transdisciplinariedad "es un esquema donde un investigador formado en varias disciplinas integra sus conocimientos, y construye un hilo conductor que atraviesa una problemática en toda su integridad para resolverla a través de decisiones consistentes".

Sumado a lo anterior, la "Carta de la transdisciplinariedad" (Portugal, 1994), muestra la existencia de niveles de realidad regidos por diferentes lógicas en la que se ofrece una nueva visión de la naturaleza sin buscar el dominio de unas disciplinas sobre otras, sino que presenta una racionalidad abierta, multidimensional y multicultural a partir de tres características fundamentales que han de tener la actitud y la visión transdisciplinaria así: 1. Rigor en los argumentos, tomando todos los datos existentes que eviten posibles distorsiones, 2. Apertura, que involucra aceptación de lo desconocido y 3. Tolerancia, que implica el reconocimiento del derecho de ideas y verdades opuestas a las propias. (Convenio de Arrávida, 1994).

Este sentido de transdisciplinariedad desde la complejidad le plantea a la Ingeniería Mecatrónica una suerte de invitación, de una parte a la apertura al diálogo entre saberes, disciplinas y dimensiones humanas, y de otra a la permanente contextualización, lo que alude a un currículo interdisciplinario tal que haga honor a la naturaleza transdisciplinaria de la profesión, de modo que se pueda comprender la realidad a partir de una reacción critica a la fragmentación de los mundos que dificultan respuestas holísticas a realidades complejas desde lo político, lo social, lo

emocional, entre otros, esto es entender, como indica Morín (2004) que “la educación basada en el pensamiento complejo, vive y siente, crea y no especula”.

De otro lado, la teoría de sistemas plantea que toda entidad con límites definidos, interrelaciones, funciones, patrones de comportamiento y un objetivo común entre sus partes puede comprenderse como un sistema del que su representación resulta como “un recorte de la realidad, conceptualizado como una totalidad organizada en la cual los elementos no son separables y, por tanto, no pueden ser estudiados aisladamente”. Esto posibilita abordar un problema como sistema con sus partes indefinidas que precisen de la coordinación de diferentes y variados enfoques integrados en uno común. De aquí que la transdisciplinariedad se entiende como el planteamiento de la existencia de otras realidades distintas a las que ha mostrado la ciencia y que la explicación de la naturaleza está en la diversidad disciplinar, caracterizada por: 1- la actitud en la formación de un espíritu abierto a los enlaces y a lo desconocido; y 2- la estrategia como conjugación de distintos tipos de conocimientos en la propuesta de articulación de actores diversos para la producción de un conocimiento pertinente. (Salvador L., González S., 2017).

Otro sentido de la transdisciplinariedad se origina en la perspectiva epistemológica, según la cual las disciplinas o materias están relacionadas, es un concepto que va más allá de las disciplinas, cuya finalidad es la comprensión imperativa del conocimiento como unidad que epistemológicamente trasciende a la interdisciplinariedad y pretende borrar los límites y fronteras que existen entre las disciplinas para integrarlas en un nivel máximo.

En términos generales, la transdisciplinariedad aun considerándola desde una sola de las teorías que buscan explicarla, sigue siendo hoy un concepto inacabado como definición y complejo en sí mismo como postura epistemológica.

7 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA INGENIERÍA MECATRÓNICA

El programa de ingeniería mecatrónica en Colombia se destaca desde su génesis por sus características de interdisciplinariedad y transdisciplinariedad; es por ello que se ahonda en este capítulo el origen del concepto de mecatrónica desde una perspectiva histórica y geográfico con el fin de determinar y establecer los conceptos curriculares básicos de ciencia, disciplina, interdisciplinariedad, transdisciplinariedad e ingeniería mecatrónica que se infieran de los programas universitarios en esta área, de sus currículos prescritos y de sus perfiles profesionales en un contexto general en los principales países que cuentan con este programa con el fin de establecer parámetros que los represente de igual manera con universidades Latinoamericanas y principalmente en Colombia, para ello se recurre a consultas de sitios web de programas de Ingeniería Mecatrónica y en Colombia por medio de documentos públicos de Proyectos Educativos del Programa, además de las normativas vigentes que regulan la calidad de los programas de educación superior.

7.1 El surgimiento de mecatrónica

De acuerdo con diferentes textos que se pueden verificar con una simple búsqueda del término mecatrónica, se encuentra que existe una construcción de definición histórica, tal es el caso de (Arbeláez Salazar y Mendoza Vargas, 2007) quienes muestran que la palabra mecatrónica se usó por primera vez en Japón; a partir de 1970 y en adelante se usa la palabra mecatrónica para describir funcionamientos automáticos en cámaras fotográficos en las que el sistema de enfoque y disparo se controla electrónicamente; en los años 80, con la evolución del microcontrolador y la integración de este a los equipos electrónicos surge un gran número de aplicaciones y la industria moderna requiere de profesionales que tengan la capacidad de diseñar equipos que integren tecnologías de electrónica, lenguajes de programación y manejo de materiales en la fabricación de equipos; en esta época surge la robótica y las máquinas de control numérico que agregan precisión en los diseños mecánicos; para los años 90 ya se cuenta con un avance más en la electrónica y su área de comunicaciones, tecnología usada para implementar en los equipos la posibilidad de enviar y recibir información inalámbrica desde lugares remotos, permitiendo a la ingeniería diseñar dispositivos como teléfonos celulares, sistemas de manipulación, verificación y control en la industria sin presencia y contacto directo con el proceso, sino con la posibilidad de observar remotamente y tomar decisiones desde un sitio diferente al que tiene la máquina.

Debido al gran auge y necesidad de adaptar al diseño en ingeniería el término de mecatrónica, las universidades en el mundo inician y enfocan la formación integrando curricularmente cursos de ingeniería electrónica, mecánica e informática, tal es el caso de universidades en Japón y Europa, aunque en Estados Unidos e Inglaterra no se observa niveles de formación específicos en mecatrónica, pero sí asociados al término desde la automatización de diferentes procesos.

A partir de 1983 la Universidad Toyohashi en Japón ha tenido un programa de maestría en Ingeniería Mecatrónica, al igual que la Universidad Tohoku en el mismo país cambia el término del departamento de Ingeniería de Precisión por el de Mecatrónica e Ingeniería de Precisión.

El Reino Unido el "*Engineering y Pysical Sciences Research Council*" (EPSRC) ha identificado a la Mecatrónica como una tecnología clave emergente que provee las habilidades necesarias para una industria exitosa del nuevo milenio ("*Emerging core technology for next century*"), el Consorcio Industrial Japonés (JIC) declaró a la Mecatrónica como un área actual de escasez en habilidades clave.

En este sentido la Mecatrónica emerge en los currículos a nivel de pregrado y posgrado en diferentes países del mundo, principalmente en Estados Unidos, Europa y Asia, como ejemplo están las universidades de Berkeley, Rensselaer, Stanford, Ohio State U., Virginia Tech. (Craig, 2010).

En América Latina, el programa de Ingeniería Mecatrónica aparece por primera vez en Brasil en la Universidad de Sao Pablo en el año de 1990 y en 1991en la Universidad Autónoma de México con el propósito de "formar en sus profesionales la capacidad de trabajar a través de las fronteras de las disciplinas que la componen o integran (ingeniería mecánica, ingeniería electrónica, y la ciencia de la computación / tecnología de la información)" (UAM Facultad de ingeniería, 2016).

Con base en las diferentes definiciones expuestas en los programas académicos, se observa que el común de este enfoque en la ingeniería es la integración de áreas de diferentes ingenierías con el objeto de diseñar productos de alta tecnología que automaticen los procesos.

En Colombia el término de mecatrónica como nivel de formación surge en los años de 1997 en adelante como propuesta de una nueva ingeniería. Un artículo publicado en el diario EL TIEMPO, el 25 de octubre de 1998, muestra el interés por la formación y el interrogante de este nuevo término como opción de formación profesional, así el diario remite las siguientes preguntas:

"¿Qué hace un ingeniero mecatrónico?, ¿En dónde puede trabajar?, ¿Cuáles son las perspectivas laborales?, ¿Cuánto gana un ingeniero mecatrónico?"

Las respuestas son fruto de entrevistas a diferentes fuentes en universidades y empresas que están introduciendo la mecatrónica en su quehacer; tal es el caso de ejemplos en procesos de fabricación, envasado de líquidos, uso de robots en excavaciones y equipamiento médico para medida de señales fisiológicas, químicas y de imágenes como tomografías y radiografías.

Las perspectivas laborales, que indica el diario, son bastante buenas, si se toma en cuenta el acelerado avance de la tecnología a nivel mundial y las exigencias que en este campo le impone la apertura económica a Colombia.

En resumen, se encuentra que, tanto a nivel industrial como académico, la formación de ingenieros mecatrónicos tiene gran acogida en sus inicios, puesto que existe necesidad de profesionales con capacidad de enfrentar diseños y manipulación de equipos tecnológicos, puesto que según las entrevistas realizadas por el diario El Tiempo, se muestra que existe limitación en los ingenieros al enfrentar procesos tecnológicos actuales. (El Tiempo, 1998).

De otra parte, en el Congreso Internacional de Ingeniería Mecatrónica celebrado en la Universidad Autónoma de Occidente (Cali - Colombia) se presenta un aporte de importancia debido a la participación de distintos programas de Mecatrónica a nivel internacional y sobre todo que se crea un capítulo de Automatización y Mecatrónica por la Asociación Colombiana de facultades de Ingeniería –ACOFI- con el propósito de definir el quehacer de un ingeniero mecatrónico. Así el Dr. Armando Román, director de Ingeniería Mecatrónica del Tecnológico de Monterrey campus Guadalajara menciona que "El reto para Latinoamérica es que, aunque en muchos campos no somos pioneros, vamos de alguna manera replicando lo que hacen los centros de investigación del primer mundo. La oportunidad principal para el mercado latinoamericano es adaptar esa tecnología al entorno regional y local de cada economía, y que sea de bajo costo, flexible y adaptable a las condiciones", agrega además que "el ingeniero mecatrónico también tiene un compromiso social y debe desarrollar soluciones que contribuyan al desarrollo de la comunidad, desde enfoques como la ayuda a discapacitados y el acceso a las poblaciones con recursos como el agua potable y la energía".

El Dr. Jesús Alfonso López, director de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Autónoma de Occidente agrega: "hoy en día la mecatrónica es reconocida a nivel nacional y las

empresas piden específicamente ingenieros mecatrónicos para algunos de sus departamentos; además, el sector militar es uno de los que más está necesitando este tipo de profesionales".

Harold Ruiz, ingeniero de Icon Aircraft, USA afirma que "en la región hay una alta demanda de ingenieros mecatrónicos, siendo una muestra más de cómo la industria ha reconocido la importancia de tener una persona con conocimientos multidisciplinarios, el cual puede integrar tecnologías. Esto genera que la compañía ahorre dinero, haciendo procesos más eficientes, en menos tiempo y a menor costo." (Facultad de ingeniería UAO, 2012).

7.2 Definición de Ingeniería Mecatrónica

Las definiciones más comunes encontradas en los referentes respecto del término mecatrónica, describen lo siguiente:

"Mechatronics is the synergistic combination of mechanical engineering, electronics, controls engineering, and computers, all integrated through the design process.", Traducida al español: Es la combinación o integración sinérgica de la ingeniería mecánica, ingeniería electrónica, el control electrónico y las ciencias de la computación con el fin de desarrollar diseños de procesos integrados. (Craig, 2015, p. 2).

Para Takashi Yamaguchi del Laboratorio de Ingeniería Mecánica de Hitachi Ltd. en Ibaraki, Japón, la mecatrónica es "una metodología para diseñar productos que requieren de un desempeño rápido y preciso; Giorgio Rizzoni, profesor asociado de ingeniería mecánica de la Universidad Estatal de Ohio en Colón, define "es la Mecatrónica la confluencia de métodos de diseño tradicional con sensores y tecnología de instrumentación, control y tecnología de actuadores, sistemas a microprocesadores y *software* de tiempo real (…) la habilidad de llevar a cabo un control distribuido en sistemas complejos; y la habilidad de dirigir adquisición automatizada de datos y monitoreo". Masayoshi Tomizuka, profesor de ingeniería mecánica en la Universidad de California, Berkeley, y editor en jefe de la revista trimestral Transacciones de la IEEE/ASME sobre Mecatrónica, expone "La mecatrónica no es más que la buena práctica del diseño". Charles Ume y Marc Timmerman, profesores de ingeniería mecánica del Instituto Tecnológico de Georgia y de la Universidad de Tulsa respectivamente, definieron la Mecatrónica como una aplicación del concepto de ingeniería concurrente al diseño de sistemas electromecánicos. Ernest O. Doebelin profesor emérito de la Universidad Estatal de Ohio y miembro de la ASME, permanece escéptico sobre la idea de integrar las distintas disciplinas en un campo de la ingeniería llamada mecatrónica.

Para Davor Hrovat, jefe del personal de especialistas técnicos del Laboratorio de Investigación de Ford en Dearborn, Michigan: “la palabra singulariza un área que quizás no es una sola área. Mecatrónica es una mezcla de tecnologías y técnicas que juntas ayudan a diseñar mejores productos”. David M. Auslander, profesor de ingeniería mecánica de la Universidad de California en Berkeley comenta: “nosotros tenemos ahora una tecnología viable para el control computarizado de sistemas mecánicos en todos los niveles, desde tostadores hasta automóviles. Hoy tenemos sistemas mecánicos para los cuales su desempeño se define por lo que contiene su computadora, como sus algoritmos de *software*, redes neuronales, o lógica difusa. Solo eso lo hace diferente de cualquier cosa que se pudo haber hecho hace 25 años”. (Arbeláez - Salazar y Mendoza - Vargas, 2007, p. 4).

Dado que el término de mecatrónica surge de la necesidad de integrar sinérgicamente las disciplinas o áreas del conocimiento principalmente en electrónica, mecánica, informática y control con el propósito de concebir y diseñar un nuevo producto tecnológico, es importante reflejar desde la epistemología de las áreas que conforman a la mecatrónica.

Así, en primer lugar, se parte del hecho de que la ingeniería no es una ciencia, pero se cataloga como la aplicación de la ciencia, ya que la ingeniería no explica ni predice fenómenos, pero sí transforma la realidad por medio de su ejercicio basado en métodos heurísticos para resolver problemas en el corto plazo. (López Cruz, 2021), apoyada en las ciencias lógicas y formales (matemáticas) y las ciencias empíricas como las ciencias naturales (física, química, geología, astronomía, biología, fisiología, entre otras).

Existen varias ingenierías, las cuales se denominan de acuerdo con el área o campo de estudio y que dado el objeto de estudio de cada una pueden asociar a las disciplinas que la fundamentan así:

- **Electrónica:** Es una rama de la ingeniería que fundamenta su objeto de estudio en la física, puesto que basa su ejercicio en el estudio del electrón y su comportamiento en los materiales conductores, aislantes y principalmente en los materiales semiconductores en los que el electrón presenta un fenómeno especial en que puede o no ser conductor. Este fenómeno físico-químico que se estudió en 1904 por John Ambrose Fleming, basándose en observaciones realizadas por Thomas Alva Edison, permite descubrir que, al unir silicio con sus cuatro electrones junto a silicio carente de sus cuatro electrones en sus últimos niveles de valencia, hacen que, al aplicar un

flujo de corriente, esta únicamente transite en una dirección formando una válvula electrónica denominada diodo. (Wilches Zúñiga, 2013). Desde allí surge la aplicación en diferentes equipos e instrumentos basados en la lógica binaria, interruptores electrónicos, control electrónico, y comunicaciones tanto analógicas como digitales.

- **Mecánica**: De acuerdo con la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI, 2005) se define a la ingeniería mecánica como la profesión que aplica los conocimientos científicos y tecnológicos en las áreas de conversión de energía, manufactura y diseño; sin embargo, el principio básico de la mecánica radica en el estudio desde las ciencias físicas para describir y predecir las condiciones de movimiento y equilibrio de los cuerpos bajo la acción de una o varias fuerzas. Su estudio se puede dividir en tres partes: la mecánica de cuerpos rígidos o no deformables, la mecánica de materiales, la cual estudia fenómenos como flexión, tensión, compresión, torsión, pandeo, entre otros en los que las fuerzas que actúan hacen que el cuerpo pueda sufrir estrés y fatiga. Una tercera parte que estudia la mecánica es la acción de las fuerzas sobre los fluidos tanto incompresibles como compresibles y finalmente la termodinámica y los sistemas de refrigeración en los que su objeto de estudio es el flujo de calor (Beer, Johnston, y Mazurek, 2017).
- **Informática:** Como una rama de la ingeniería, la informática hace referencia al manejo y procesamiento de la información; comúnmente se desarrolla por la ingeniería de sistemas o de computación y basa su conocimiento en procesos intangibles e interdisciplinarios enfocados al desarrollo de algoritmos que se fundamentan en la lógica, sistemas cognitivos, inteligencia artificial, ergonomía, y el proceso de la programación de la información a través de entes humanos o no humanos. (Olaya, 2013). Esto mediante el diseño y análisis, partiendo de recibir información acerca de una situación problémica y el procesamiento lógico algorítmico que se implementa y ejecuta en herramientas computacionales para la representación, almacenamiento, organización, búsqueda, acceso, recuperación, actualización, transmisión de la información en diferentes medios sintácticos y semánticos. (Fergusson Ramírez, Castillo Salgado, Alonso Berenguer, y Gorina Sánchez, 2015).

- **Control:** El control automático se refiere a la regulación de los sistemas dinámicos físicos y mecánicos por medio de actuadores que reciben órdenes de un controlador electrónico el cual procesa información proveniente de las medidas externas por parte de sensores y valores de referencia deseados. Las acciones del controlador se basan principalmente en el cálculo del error dado por la diferencia entre los valores de la variable a controlar medida y el valor deseado. Esta área del conocimiento se ha vuelto de gran importancia y de manera integral en los diferentes procesos industriales y de manufactura brindando un desempeño óptimo en la dinámica de los sistemas por medio del aligeramiento de cargas secuenciales y rutinarias.

El fundamento teórico del área de control son los sistemas dinámicos, los cuales se describen por medio de ecuaciones diferenciales que caracterizan el comportamiento y la respuesta temporal de los sistemas físicos; este comportamiento puede ser estable o no, en el tiempo y por medio de algoritmos y procesos matemáticos se busca la estabilización en el tiempo estacionario de dichos sistemas. (Ogata, 1998).

Respecto a Mecatrónica, en Colombia, se ha creado una Red de Ingeniería Mecatrónica, Automatización y afines (RIMA) y en el año 2018 en el capítulo de mecatrónica y automatización de ACOFI se encuentra la descripción de la definición de Ingeniería Mecatrónica producto del diálogo entre pares en el congreso realizado por la red con las 32 Universidades de Colombia que tienen registro calificado y ofertan mecatrónica. En las conclusiones de este congreso se refiere a la definición de mecatrónica dado su carácter sinérgico en la integración de los componentes para conferir a los productos mecatrónicos propiedades cualitativamente nuevas y que los métodos para el diseño de dichos productos se basan en la ingeniería concurrente. Por otra parte, mencionan que el objeto de estudio “son los sistemas mecatrónicos, es decir, aquellos elementos, dispositivos, máquinas, equipos y procesos en los que se integran mediante metodologías de diseño concurrente, componentes mecánicos, electrónicos e informáticos”. (RIMA, 2018, p. 3).

El término mecatrónica, tomado como la sinergia entre los conocimientos de las ramas de la ingeniería que la conforman (electrónica, mecánica, informática y control), hace referencia a una combinación de conocimientos interdisciplinarios para brindar soluciones a un problema que no se puede resolver por las profesiones separadas. Esto conlleva a la Ingeniería Mecatrónica a usar herramientas conceptuales para idear, diseñar, desarrollar y operar equipos con metodología concurrente y que contengan un grado de autonomía en búsqueda de la competitividad empresarial.

La concepción de un producto mecatrónico se desarrolla y caracteriza principalmente por: 1- la interacción e integración funcional, nivel de inteligencia medida por la programabilidad, la comunicación, la autorregulación, el autodiagnóstico, la autorreparación, el aprendizaje y la autoorganización; 2- facilidad para su modificación (flexibilidad) y 3- la multifuncionalidad; se requiere que exista una convergencia entre las disciplinas, las cuales aportan con acciones conceptuales situadas en los límites de las fronteras de las estructuras tradicionales. (UAO, 2018).

Por otra parte, en Colombia el Ministerio de Educación Nacional (MEN) regula el funcionamiento de los programas de educación. En particular el programa de Ingeniería Mecatrónica se desarrolla con la aprobación de su registro calificado y/o de alta calidad, para ello existe una clasificación de las áreas de conocimiento de acuerdo con la afinidad de los contenidos de los campos específicos del conocimiento y los campos de acción de la educación superior, cuyos propósitos de formación conduzcan a la investigación o al desempeño de ocupaciones, profesiones y disciplinas.

Para la clasificación por áreas de conocimiento se ha presenta en ocho áreas: 1- Agronomía, Veterinaria y afines, 2- Bellas Artes, 3- Ciencias de la Educación, 4- Ciencias de la Salud, 5- Ciencias Sociales y Humanas, 6- Economía, Administración, Contaduría y afines; 7- Ingeniería, Arquitectura, Urbanismo y afines; y 8- Matemáticas y Ciencias Naturales.

Cada área del conocimiento agrupa un núcleo básico del conocimiento, que actualmente se encuentra en 55 núcleos básicos del conocimiento. Para ingeniería mecatrónica no existe la denominación precisa, pero se clasifica en Ingeniería, Arquitectura, Urbanismo y Afines como otras ingenierías. (Ministerio de Educación Nacional, 2019). Además, el MEN indica que mediante los programas de pregrado la persona se prepara para ejercer una ocupación, profesión o disciplina de naturaleza tecnológica o científica; también son programas de pregrado los de naturaleza multidisciplinaria con énfasis en disciplinas que hacen parte de dichos campos, por ello la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería ACOFI clasifica a la Ingeniería Mecatrónica como una “ingeniería híbrida”. (ACOFI, 2020).

De otra parte, el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) agrupa a la ingeniería Mecatrónica como campo amplio del conocimiento en Ingeniería, Industria y Construcción. Posteriormente en campo específico como Ingeniería y profesiones afines. En campo detallado se clasifica como Electrónica y Automatización o Ingeniería y profesiones afines. El área que le corresponde es Ingeniería, arquitectura, urbanismo y afines; y finalmente en el

núcleo básico de conocimiento se puede clasificar como Ingeniería mecánica y afines o Ingeniería Electrónica y telecomunicaciones y afines u otras ingenierías.

Como es evidente, se encuentran diferentes documentos que definen al programa de Ingeniería Mecatrónica con características de integralidad e intersección entre distintas disciplinas de la ingeniería; sin embargo, no hay claridad sobre el objeto de estudio que sustente a este programa puesto que únicamente se indica que su objeto son los productos mecatrónicos; por tanto, la clasificación de este programa tiene dificultades epistemológicas, puesto que no corresponde a una ciencia o disciplina base que lo sustente, esto debido a que no presenta un objeto de estudio claro, tampoco tiene un campo metodológico investigativo delimitado para la producción de conocimiento; además, sus paradigmas desde la historicidad no evidencian cambios en la investigación; sin embargo, sí presenta un elemento importante en la disciplinariedad que es la enseñabilidad del campo en el que se pone en práctica el conocimiento. Aunque no se puede considerar que la Ingeniería Mecatrónica sea un inicio de la cientificidad, sí puede categorizarse en el campo de la ingeniería apoyada de diferentes bases científicas y que principalmente trabajen en las fronteras del conocimiento para dar solución a problemas de diseño concurrente, lo cual se evidencia con facilidad en el crecimiento de aplicaciones y productos mecatrónicos que se desarrollan con tecnología contemporánea y que se publica en los diferentes medios informativos especializados. Como ejemplo, se nota la cantidad de artículos referidos a mecatrónica en las bases de datos de mayor importancia para la Ingeniería eléctrica y electrónica como es el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), donde para el año 2013 se encuentran cerca de 600 artículos científicos (Bradley et al., 2015), y para la actualidad a 2022 se observa una existencia de 65732 artículos. Lo que indica que la mecatrónica se desarrolla cada día a la par con el crecimiento tecnológico en campos como el internet de las cosas, la industria 4.0, tecnologías inteligentes, inteligencia artificial, integración de dispositivos electrónicos a muy baja escala (MEMS), redes, sensores, nuevos materiales, robótica, entre otros.

7.3 Tendencias en programas de Ingeniería Mecatrónica a nivel mundial

Los programas de Ingeniería Mecatrónica en el mundo, refieren el surgimiento de este nuevo programa en general desde un programa base de ingeniería como lo referencian Yavuz y Mistikoğlu, (2009) cuando mencionan la transición del programa de Ingeniería Mecánica a Ingeniería Mecatrónica en Turquía con referentes de las principales universidades en el mundo basados en modificaciones al currículo en función de la actualización de departamentos de

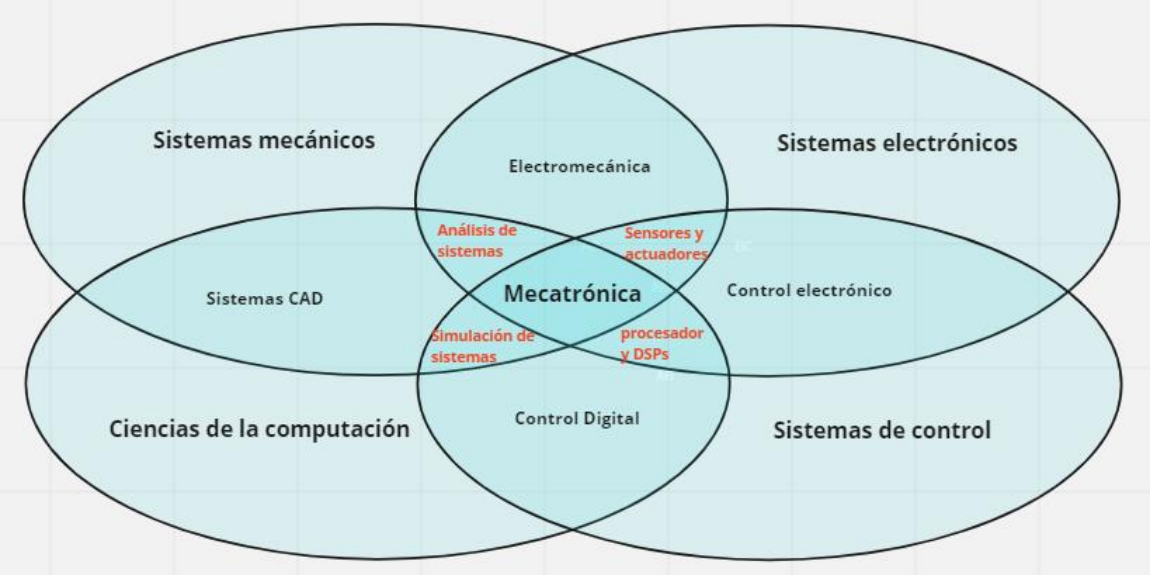
mecatrónica que funcionan como centros de investigación y desarrollo que modernizan a la ingeniería mecánica con sistemas interdisciplinarios que permanecen y crecen en el tiempo con el desarrollo tecnológico.

La integración de las diferentes disciplinas en el programa y a nivel curricular, se presenta como un reto en el que continuamente se desarrollan distintas metodologías que permitan encontrar la sinergia en los productos mecatrónicos, tal es el caso de la metodología presentada en (Gorrostieta, Vargas-Soto, Zúñiga-Avilés, Rodriguez-Resendiz, y Tovar-Arriaga, 2015), donde se indica que desde el surgimiento de mecatrónica en México a partir del año 1994, se realiza acercamientos para integrar áreas mediante el trabajo metodológico en proyectos con etapas que enmarcan una visión global del problema, sus posibles soluciones y el tiempo de desarrollo, para lo cual los autores señalan la importancia de la concepción teórica del proyecto, su desarrollo basado en prototipado o construcción e implementación y finalmente un proceso de evaluación del producto.

Adicionalmente, (Sharma y Dhiman, 2021) presentan una metodología para la integración de las áreas de mecatrónica basadas en el diseño de un producto desde su modelamiento matemático, el reconocimiento de requerimientos, un diseño funcional, arquitectura modular, la instrumentación y sensórica, análisis matemático dinámico para el control, optimización de procesos e implementación algorítmica. Esta metodología permite enmarcar las intersecciones de las áreas y disciplinas como el surgimiento básico de herramientas que conforman a un producto mecatrónico, así por ejemplo, se observa en la figura como la interacción de la mecánica con la computación permite realizar simulaciones virtuales de los sistemas físicos por medio de las herramientas de dibujo, manufactura y estudio asistido al computador (CAD, CAM, CAE), las que a su vez, al relacionarse con el control digital, crean la denominada simulación de sistemas dinámicos, importante en la automatización de un producto mecatrónico. A esto fácilmente se puede conformar un sistema de tensiones entre las disciplinas que permiten el desarrollo de competencias nuevas en las fronteras del conocimiento y su aporte a la mecatrónica que se nutre de estos nuevos conceptos en manufactura, sistemas dinámicos, sistemas de manufactura integrados al computador, sistemas de transporte, sistemas estructurales, visión de máquina, automatización y robótica, servomecanismos, sensores y control, ingeniería automotriz, inteligencia artificial, micromecánica, sistemas expertos, productos de consumo, etc. (Sharma y Dhiman, 2021).

Figura 7.1

Intersección de las disciplinas de la Ingeniería Mecatrónica



Fuente: Traducido de (Sharma y Dhiman, 2021).

Además, en los campos mencionados anteriormente, se suma el debate sobre las tendencias y novedades continuas de cursos generados en la relación de nuevas disciplinas que apuntan al desarrollo de productos mecatrónicos, a esto, la definición de mecatrónica avanza desde la sinergia y el diseño de productos con variedad de algoritmos de control automático que se abordan en temáticas desde la formación media a posgrados, un claro ejemplo, es Australia que presenta cursos diversos de mecatrónica en la formación profesional de distintas ingenierías. (Fulcher y Snook, 2015).

De igual forma, en Estados Unidos, la tendencia en la formación desde los departamentos de mecatrónica se enfoca en cursos de modelado y análisis de sistemas mecatrónicos para robótica, simulación de sistemas dinámicos, sistemas embebidos por medio de microprocesadores, sensores y actuadores, control avanzado, diseño mecatrónico, entre otras aplicaciones específicas a ingeniería aeroespacial, aeronáutica, etc. (Subramanian, 2012).

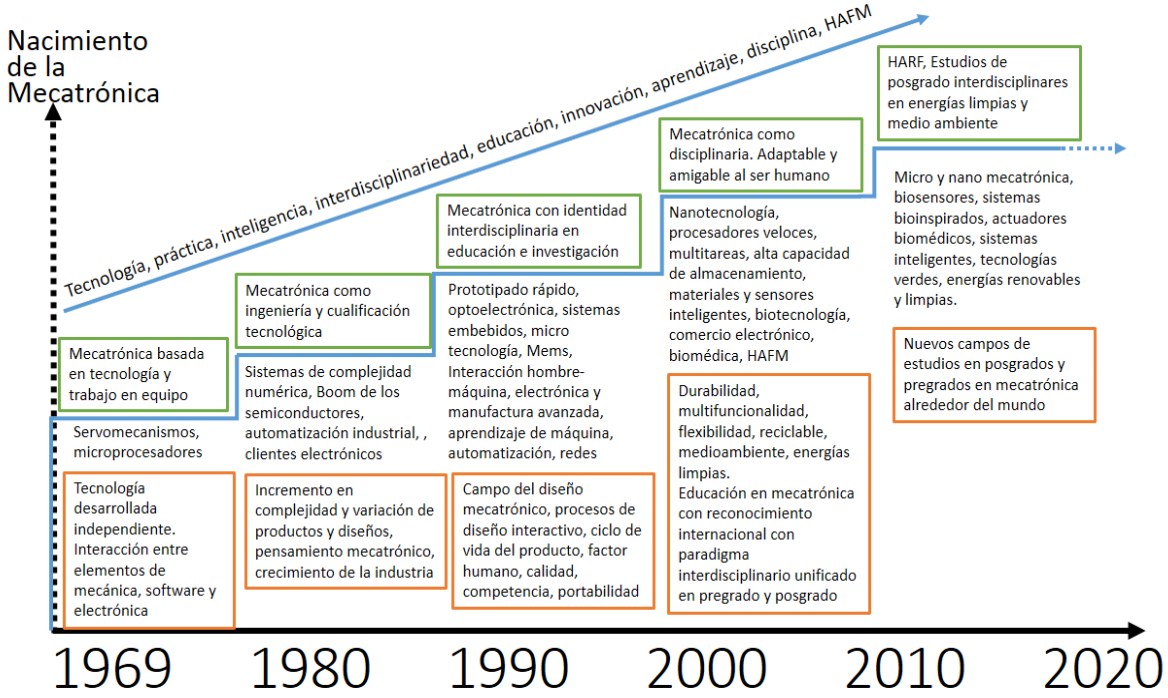
A esto se afirma que el campo interdisciplinario de la mecatrónica ha crecido en corto plazo con una historia de 60 años aproximadamente en función de los avances tecnológicos, la investigación y desarrollo. Inicialmente, la mecatrónica se concibió como una tecnología aplicada en la elaboración de componentes electromecánicos. (Cabrera, Rivera, Escobar, y Mejía, 2019). Luego el concepto de mecatrónica evolucionó como una sinergia entre la mecánica, la electrónica y la computación para el desarrollo de procesos o productos más eficientes y que involucraban

inteligencia para autorregularse y diagnosticarse por sí mismos de manera integral. (Memis y Parkin, 2019). Hoy en día la mecatrónica ha cobrado importancia no solo como una tecnología y metodología de diseño, sino un ejemplo de éxito de desarrollo y gestión multidisciplinario desde la sinergia y la interdisciplinariedad de la ciencia de la ingeniería para los sistemas de control y modelado avanzado con alto grado de autonomía en un marco unificado que mejora el diseño de productos y la fabricación de procesos. (Habib y Davim, 2013).

Los currículos de programas de pregrado en Ingeniería Mecatrónica incluyen componentes básicos y avanzados de diseño mecánico y electrónico, ciencias de la computación, mecatrónica aplicada, ciencias físicas, químicas y matemáticas, entre otras. (Cabrera, Rivera, Escobar, y Mejía, 2019; Ramasubramanian, Noori, y Lee, 2003; E. Gorrostieta1, Zuñiga-Aviles, Rodriguez-Resendiz, y Tovar-Arriaga, 2015).

Sumado a esto, las últimas tendencias en desarrollo tecnológico, velocidades de los procesadores, procesadores multinúcleo, alta capacidad de memoria, la micro y nanomecatrónica enmarcan el auge de los sistemas inteligentes, aplicados a navegación automática en automóviles, equipos biomédicos, sistemas de seguridad informática, etc.; esto conlleva a que a partir del año 2005 se tenga el concepto de HAFM (mecatrónica humanamente adaptativa y amigable) como representación de las nuevas tendencias en mecatrónica orientada al ser humano con armonía y convivencia con el entorno. (Habib y Davim, 2013). Las nuevas tendencias en mecatrónica en el mundo desde su origen se presentan en la figura 7.2.

Figura 7.2
Histórico de tendencias y evolución en Mecatrónica en el mundo

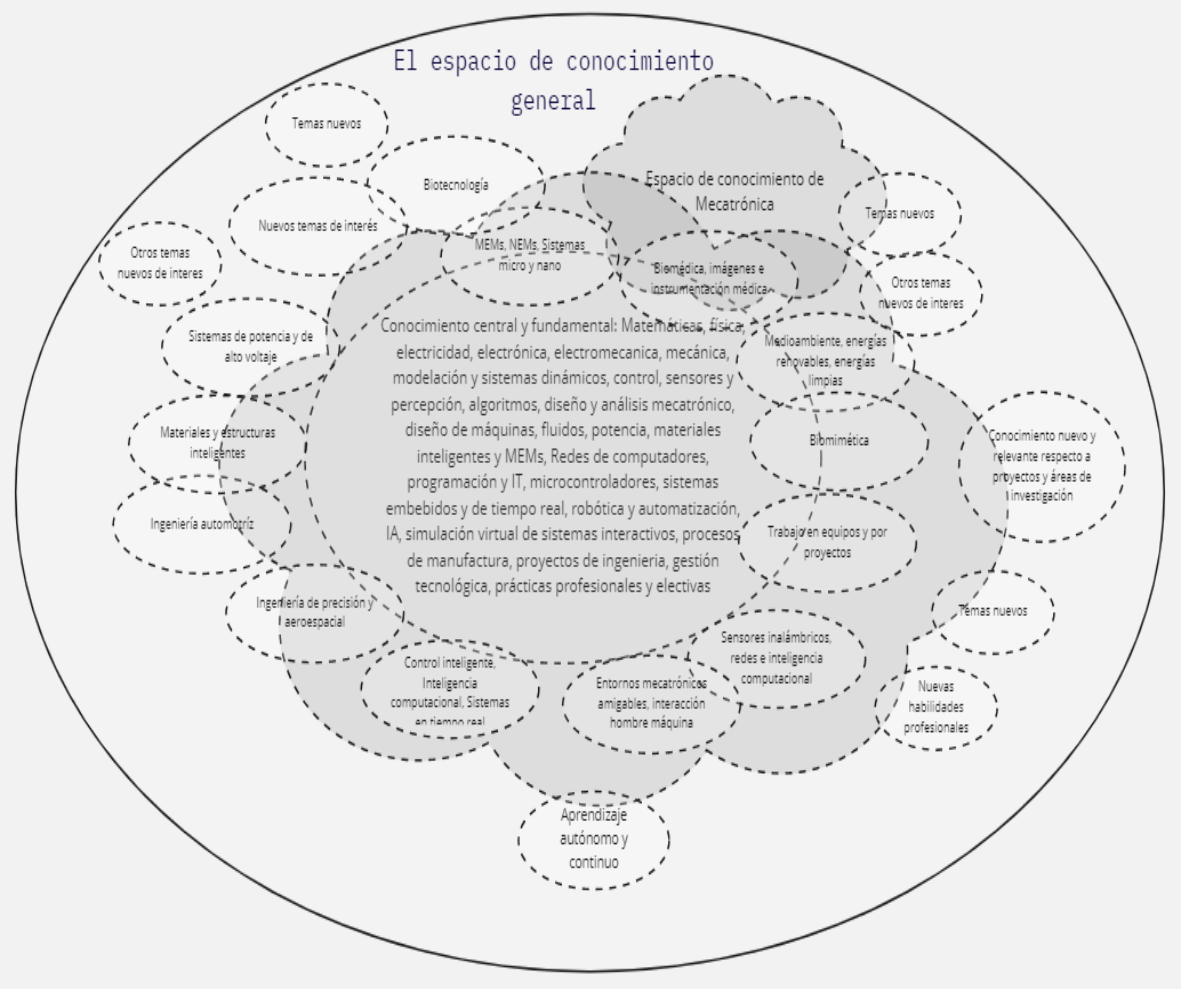


Fuente: Traducido de (Habib y Davim, 2013).

En la actualidad, se busca que la mecatrónica genere cambios desde las nuevas fronteras de las disciplinas y las ciencias de la ingeniería, y desde la educación se debe asumir el reto de formar desde la interdisciplinariedad con el fin de encontrar la sinergia como una filosofia del diseño de nuevos productos que den solución a problemas complejos que con métodos tradicionales no podrían resolverse de manera efectiva y óptima como es el caso de las últimas tecnologías inteligentes que ayudan y facilitan la vida del ser humano. En este sentido, las disciplinas han corrido las fronteras del conocimiento a nuevas áreas, producto de la formación de ingenieros con autoaprendizaje, trabajo en equipo, metodologías de problemas y proyectos, presentando un nuevo espacio de interdisciplinariedad como lo indica la figura 7.3.

Figura 7.3

Nuevos campos de conocimiento en Mecatrónica



Fuente: Traducido de (Habib, 2013).

https://miro.com/app/board/uXjVPxRYzEI=/?share_link_id=595947262240

Como se observa en la figura 3.3, la mecatrónica se abre paso a nuevos intereses en campos de la biomédica, biomecánica, micro y nanotecnología, tecnologías de precisión en navegación aeroespacial, productos amigables con el medio ambiente, tecnologías para redes, y otros campos que facilitan la vida del ser humano, la exploración y la investigación científica y el cuidado del entorno con energías limpias, todo en función de tensiones que modifican las rutas conceptuales y la sinergia de nuevos elementos y conceptos que desde la epistemología se puede considerar como actor principal en la definición de mecatrónica y su objeto de estudio y que conllevan a la naturaleza transdisciplinaria de esta ingeniería, donde es evidente que la union sinergica producida por las disciplinas y sus tensiones en el dialogo constructivo para la finalizacion de un producto

mecatrónico como solución a un problema de su competencia hacen que se traslapen las fronteras disciplinares y emerga un producto mecatrónico con naturaleza ontologica transdisciplinar donde el usuario final no puede distinguir las disciplinas que intervinieron, sino un todo. No obstante desde la investigación propia en las ciencias, disciplinas y tecnologias, se abren nuevas posibilidades a tensiones que dan como resultado nuevos dialogos y nuevos tópicos para el desarrollo de nuevos productos de aplicación tecnológica y creacion de nuevo conocimeinto.

7.4 El contexto nacional de la Ingeniería Mecatrónica

El programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia aparece registrado desde el año 1997 y en la actualidad se nota un gran crecimiento en número de programas en distintas universidades del país tanto públicas como privadas, por ello, se describe la información obtenida desde las bases consolidadas de datos dispuestas por el Ministerio de Educación en Colombia –MEN- a partir de los reportes públicos del Sistema Nacional de Información de la Educación Superior –SNIES-, la información resumida que se presenta con el último reporte en el año 2020 muestra a la mecatrónica como formación profesional desde los niveles técnico, tecnológico, ingeniería y posgrados.

7.4.1 Descripción de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia por sector y nivel de formación.

En la información encontrada en las bases de datos del MEN, se discrimina la cantidad de programas y sus características generales por nivel de formación, el sector oficial o privado y otros parámetros de reconocimiento y número de créditos académicos que permiten hacerse a una idea general del estado del programa a nivel nacional.

Tabla 7.1
Número de programas en Mecatrónica en Colombia por nivel de formación y sector

Nivel de formación	Sector Oficial	Sector Privado
Técnico	1	4
Tecnologías SENA	29	0
Tecnológico Universitario	4	5
Profesional	10	26
Especialización	0	1
Maestría	1	1
Doctorado	2	0

Nota: Los resultados se obtienen de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior. (SNIES-MEN, 2022).

En total existe evidencia en Colombia con información del SNIES de 55 programas de Mecatrónica a nivel profesional y 29 programas técnicos laborales en los que se resalta la participación del sector público como privado, clasificados por el MEN en "campo amplio" de la ingeniería industrial y construcción y en el "campo específico" como "Ingeniería y profesiones afines no clasificadas en otra parte".

En el nivel profesional se encuentra el programa con las denominaciones de Ingeniería Mecatrónica y de Ingeniería en Mecatrónica, con un total de 40 programas, de los cuales 11 pertenecen al sector público y 29 al sector privado; sin embargo, 36 programas presentan su registro activo y 4 registros inactivos, uno del sector público y 3 del sector privado. Por otra parte, es de resaltar que existe en Colombia 10 registros del programa de Ingeniería Mecatrónica con acreditación de alta calidad.

La modalidad del programa de Ingeniería Mecatrónica prevalece la metodología presencial con 39 registros y 1 en modalidad a distancia y virtual notando además que existen 8 programas ofertados en modalidad de ciclos propedéuticos. La periodicidad en el programa en su mayoría se indica que es semestral, con un único programa en periodicidad cuatrimestral.

Dado que el programa de Ingeniería Mecatrónica no presenta una clasificación como una de las ingenierías básicas, los diferentes registros calificados se han clasificado en los núcleos básicos del conocimiento propuestos por el MEN así:

Tabla 7.2

Clasificación de núcleos básicos de programas en Mecatrónica en Colombia

Núcleo básico del conocimiento	Número de programas
Ingeniería electrónica y afines	1
Ingeniería electrónica y comunicaciones y afines	8
Ingeniería mecánica y afines	21
Otras ingenierías	10

Nota: Los resultados se obtienen de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior. (SNIES-MEN, 2022).

Se resalta que la mayoría de programas de Ingeniería Mecatrónica están clasificados desde las universidades en los registros calificados en el campo de ingeniería mecánica y afines, lo cual

hace referencia a que, en muchas universidades, el programa surge desde iniciativas de ingeniería mecánica; sin embargo, esto implica en dificultades para la presentación de pruebas de estado específicas y que no pueda medir con efectividad las competencias del ingeniero mecatrónico.

Otros datos encontrados en los programas de Ingeniería Mecatrónica son su duración y clasificación por región.

Tabla 7.3

Cantidad de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia por periodos de duración

Duración del programa	Número de programas
10 semestres	26
9 semestres	9
8 semestres	3
11 semestres	1
14 cuatrimestres	1

Nota: Los resultados se obtienen de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior. (SNIES-MEN, 2022).

En su mayoría el programa de Ingeniería Mecatrónica se oferta en 10 semestres como lo indica la tabla 7.3; sin embargo, únicamente la Institución Universitaria ITSA ofrece el programa por ciclos propedéuticos y en virtud que sus egresados adquieren las titulaciones en nivel técnico, tecnológico y de ingeniería presenta una duración de 14 periodos cuatrimestrales. Otro caso de interés es el de la Universidad Javeriana que adquiere su registro calificado en el año 2020 con una duración de 8 semestres que al parecer es la tendencia internacional.

Se muestra en la tabla 7.4, en los programas activos la duración en periodos académicos por sector.

Tabla 7.4

Duración del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia clasificados por sector

	Número de semestres por sector en programas activos				
No periodos	14 cuatrimestres	11 semestres	10 semestres	9 semestres	8 semestres
Sector oficial	1	1	7	1	0
Sector privado	0	0	15	8	3

Nota: Los resultados se obtienen de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior. (SNIES-MEN, 2022).

De acuerdo con la información de la tabla 9, se observa una tendencia en el sector privado a reducir el número de periodos del programa de 10 a 9 y en 3 casos a 8 semestres.

Dado que todos los programas de Ingeniería Mecatrónica se presentan por créditos académicos, se evidencia que el programa tiene como promedio 165 créditos en total y los valores mínimos y máximos son respectivamente 136 y 195.

En Colombia el programa de Ingeniería Mecatrónica se desarrolla en casi todo el territorio, la distribución por departamentos se indica en la tabla 7.5.

Tabla 7.5

Distribución del programa de Ingeniería Mecatrónica por departamentos en Colombia

Instituciones con registro activo y vigente por Departamento	**Núm. de Programas**
Antioquia	4
Atlántico	3
Bogotá	16
Bolívar	1
Boyacá	2
Caldas	1
Cauca	1
Cesar	1
Huila	1
Nariño	1
Norte de Santander	1
Quindío	1
Risaralda	1
Santander	2
Valle	1
Total	**36**

Nota: Los resultados se obtienen de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior. (SNIES-MEN, 2022).

Históricamente, el MEN indica el año en que se activa el registro calificado de las distintas universidades en Colombia evidenciando la trayectoria de estas respecto al programa de Ingeniería Mecatrónica así:

Tabla 7.6

Trayectoria de registro calificado del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Universidad	**Fecha de Registro Snies**	**Antigüedad años**
Militar Nueva Granada	21/03/1998	23
Autónoma de Occidente	21/03/1998	23
San Buenaventura	17/06/1998	23
Autónoma de Bucaramanga	25/01/1999	22

Universidad	Fecha de Registro Snies	Antigüedad años
Santo Tomás	05/05/1999	23
U. de Pamplona	01/02/2000	21
Tecnológica de Bolívar	25/10/2000	21
Nacional de Colombia	22/08/2001	20
Nacional de Colombia	12/11/2002	19
EIA	24/10/2003	18
Institución Universitaria EAM	17/10/2006	15
Tecnológica de Pereira	21/03/2007	14
Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central	02/04/2007	14
Autónoma del Caribe	06/06/2008	13
Corporación Universidad Piloto de Colombia	17/06/2008	13
Fundación Universitaria Agraria de Colombia	26/11/2008	13
De Boyacá	08/04/2009	12
Institución universitaria ITSA	19/04/2010	11
De Caldas	22/04/2010	11
Instituto Tecnológico Metropolitano	22/04/2010	11
Corporación Universitaria Comfacauca	27/06/2012	9
Corporación Tecnológica Industrial Colombiana	24/07/2013	8
ECCI	26/10/2013	8
Antonio Nariño	05/12/2014	7
Mariana	24/07/2015	6
Corporación Universitaria del Huila	28/05/2016	5
ECCI	20/06/2016	5
Universitaria Agustiniana	27/10/2016	5
Simón Bolívar	19/06/2018	3
EAN	09/07/2018	3
Corporación Internacional para el Desarrollo Educativo	20/01/2020	1
Pontificia Universidad Javeriana	08/04/2020	1
Fundación Universitaria los Libertadores	05/11/2020	1
Fundación Universidad De América	11/11/2020	1
Institución Universitaria Digital de Antioquia	14/12/2020	1
Manuela Beltrán	29/12/2020	1

Nota: Los resultados se obtienen de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior. (SNIES-MEN, 2022).

En los programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia se observa una trayectoria de 23 años a partir del registro del programa en las bases de datos del Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES), lo cual indica que existe un número considerable de

profesionales en esta área y que el programa es acogido por la población; además, según los datos se encuentra que existen varias universidades que están dando apertura al programa, es decir que ha crecido la oferta continuamente desde hace 23 años hasta hoy.

De otra parte, la denominación empresarial de las Instituciones que ofertan los 40 programas de Ingeniería Mecatrónica, la mayoría son Universidades, es decir que las principales Instituciones de Educación Superior en Colombia con denominación de Universidad dada por su trayectoria de docencia, investigación y proyección social son quienes ofertan el programa de Ingeniería Mecatrónica. Ver tabla 7.7.

Tabla 7.7

Registro empresarial de las Instituciones de Educación Superior en Colombia con el programa de Ingeniería Mecatrónica

Registro Empresarial	Número de programas
Universidades	28
Fundaciones Universitarias	2
Corporaciones universitarias	4
Escuelas técnicas universitarias	1
Instituciones Universitarias	5

Nota: Los resultados se obtienen de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior. (SNIES-MEN, 2022).

Actualmente en Colombia, existen 28 Universidades que ofertan el programa de Ingeniería Mecatrónica, 22 de ellas con registro calificado activo y vigente como lo indica la tabla 7.7, además de información relevante como lo es el número de créditos académicos, vigencia del registro y si presentan o no acreditación de alta calidad. Esto indica una evolución progresiva en la calidad de la oferta del programa.

Tabla 7.8

Universidades del sector oficial con el programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia, reconocimiento, créditos y ciudad de oferta de su registro calificado. (Acreditación de alta calidad: A, Registro calificado: RC).

Universidad	Reconocimiento	Créditos	Propedéuticos	Ciudad
Nacional de Colombia	A	179	No	Bogotá, D.C.
Nacional de Colombia	RC	182	No	La Paz
Tecnológica de Pereira	RC	156	Si	Pereira
De Caldas	RC	164	No	Manizales
Militar-Nueva Granada	A	175	No	Bogotá, D.C.
De Pamplona	RC	163	No	Pamplona

Nota: Los resultados se obtienen de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior. (SNIES-MEN, 2022).

En el sector oficial, en Colombia ofertan el programa de Ingeniería Mecatrónica 6 universidades de las cuales 2 cuentan con reconocimiento de acreditación de alta calidad y con una duración en todos los casos de 10 semestres y un programa con ciclos propedéuticos. El número de créditos varía desde 156 a 182 con un valor promedio de 170, es decir 17 créditos por semestre equivalentes a tiempo de trabajo por parte del estudiante distribuidos en 16 semanas por semestre lo que corresponde a un aproximado de 51 horas de trabajo por semana.

Tabla 7.9

Universidades del sector privado con el programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia, reconocimiento, créditos y ciudad de oferta de su registro calificado. (Acreditación de alta calidad: A, Registro calificado: RC).

Universidad	Reconocimiento	Créditos	Semestres	Propedéuticos	Ciudad
Javeriana	RC	136	8	No	Bogotá, D.C.
Santo Tomás	RC	165	10	No	Bucaramanga
San Buenaventura	RC	166	10	No	Bogotá, D.C.
Mariana	RC	158	10	No	Pasto
De Boyacá	RC	172	10	No	Tunja
Manuela Beltrán	RC	160	10	No	Bogotá, D.C.
Autónoma del Caribe	RC	166	9	No	Barranquilla
Autónoma de Bucaramanga	A	157	9	No	Bucaramanga
Antonio Nariño	RC	150	10	No	Bogotá, D.C.
Autónoma de Occidente	A	156	9	No	Cali
Tecnológica de Bolívar	A	172	10	No	Cartagena de Indias
Simón Bolívar	RC	166	10	No	Barranquilla
EAN	RC	144	8	No	Bogotá, D.C.
EIA	A	179	10	No	Medellín
ECCI	RC	160	9	Si	Bogotá, D.C.
ECCI	RC	162	9	Si	Medellín

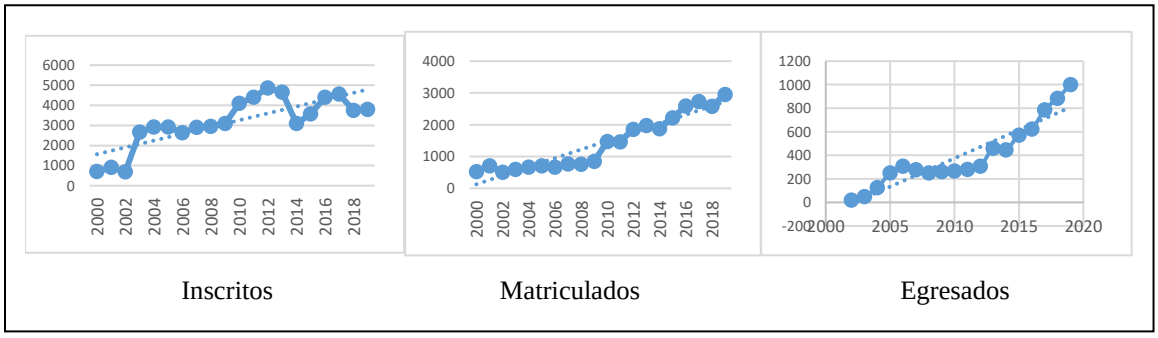
Nota: Los resultados se obtienen de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior. (SNIES-MEN, 2022).

En el sector privado se identifican 16 registros calificados de los cuales 4 están con reconocimiento de acreditación de alta calidad en las Instituciones con denominación de Universidad, además se encuentra que la duración del programa en su mayoría es de 10 semestres; sin embargo, actualmente existe tendencia a 9 y 8 semestres, al igual que el número de créditos que varía desde los 136 a 179, es decir con valores ligeramente menores a los del sector público, su promedio es de 160 créditos equivalentes a trabajo semanal aproximado de 48 horas por parte de los estudiantes. El manejo de créditos en el tiempo al parecer disminuye, lo que hace considerar una percepción sobre la disminución de cursos en el currículo dado porque las actualizaciones curriculares permiten cada día eliminar el paradigma de la mecatrónica como tres profesiones en una. Esto muestra que los procesos de construcción curricular cada día involucran la interdisciplinariedad con cursos propios de Ingeniería Mecatrónica y no varios cursos de cada ingeniería aparte.

Con referencia a las bases de datos consolidadas por el MEN, se encuentra el histórico a partir del año 2000 hasta el año 2019 con la cantidad de personas inscritas, matriculadas y graduadas de los programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia.

Gráfico 7.1

Comportamiento temporal de inscritos, matriculados y egresados a programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia.



El comportamiento temporal de las inscripciones, primera matrícula y egresados a programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia es creciente desde el año 2000 hasta el año 2019 con una reducción en el año 2013 y 2014, sin embargo, se evidencia el interés marcado de la población por este programa.

Además, respecto de otros programas académicos con referente a las universidades Nacional de Colombia y Militar Nueva Granada, el panorama de la preferencia por el programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia dado en función de la cantidad de inscritos presenta un

interés alto así en la Universidad Nacional y en la Militar Nueva Granada ocupa el lugar 27 de 49 y el 3 de 10 respectivamente. La ampliación de esta información se encuentra en el anexo A.

Los aspectos generales a nivel curricular de programas de Ingeniería Mecatrónica, se hallan desde la región, pasando por las principales universidades a nivel Nacional y finalmente identificando Universidades internacionales de mayor relevancia por su aporte científico.

En la Región de Nariño, se destaca el programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Mariana de la ciudad de Pasto, de manera semejante la Unicomfacauca en el departamento del Cauca y por ser Nariño un departamento de frontera se encuentran semejanzas con la Universidad Técnica del Norte en la ciudad de Ibarra - Ecuador.

Los perfiles que se extraen de sus Proyectos Educativos de Programa -PEP- manifiestan "Capacidad para desempeñarse de manera dependiente e independiente, en sectores empresarial público y privado, en campos de la electrónica, la electricidad, la automatización industrial, la mecánica, el control de procesos y la informática." (U Mariana, 2022, p. 5), adicionalmente Unicomfacauca, (2022) menciona la "preparación matemática, combinada con la formación propia de su campo, específicamente en lo concerniente al diseño de proyectos mecatrónicos" y la Universidad Técnica del Norte, (2022) pretende "formar al ingeniero mecatrónico de forma global con sentido social … holístico para el desarrollo de la industria, será un profesional íntegro, formado en varias disciplinas de la ingeniería".

A nivel Nacional, en Colombia se destacan programas de Ingeniería Mecatrónica donde sus aspectos comunes en el perfil profesional enmarcan Formación en Sistemas Automáticos, Flexibles, Robóticos, Económico – Administrativa, Modelos y simulación, Socio – humanística, Investigación y Ciencias básicas para la producción de bienes y prestación de servicios con precisión, eficiencia y seguridad conformes a la ética y las leyes. (EIA, 2022).

El común de los programas en Colombia es el diseño de productos mecatrónicos y la automatización de procesos, en lo cual los profesionales ejercen liderazgo en la ejecución de proyectos a nivel de desarrollo, gestión, innovación e investigación, preparados para solucionar problemas regionales, nacionales y en aspectos generales en el mundo.

A nivel internacional, el término de mecatrónica no necesariamente aparece como una carrera de pregrado, todo depende de la forma como se organiza cada país. Sin embargo, el concepto de mecatrónica es genérico y corresponde a la definición utilizada en Colombia. En Latinoamérica y Centro América, el programa de Ingeniería mecatrónica se considera como una

formación a nivel de pregrado con duración de 5 años y se desarrolla de manera semejante a los programas en Colombia y los cursos en las Universidades están enfocados al desarrollo de la región en acuerdo con la industria nacional como lo indica la Universidad de Sao Pablo en el perfil "La Ingeniería Mecatrónica proporciona una visión integral del área de ciencias exactas. En el mercado laboral todo está interconectado: mecánica, eléctrica, automatización, e incluso infraestructura". (Universidad de Sao Pablo, 2022). Respecto de Universidades de Estados Unidos e Inglaterra se encuentra una de las mayores tecnologías a nivel mundial principalmente en el desarrollo de proyectos de investigación aplicada al diseño de productos mecatrónicos. Los datos respecto a créditos y perfiles se amplían en el anexo B.

7.4.2 Profesiones y nivel de formación de los docentes del programa de Ingeniería Mecatrónica

Para establecer un panorama general de la formación profesional y el nivel académico de los docentes que laboran en el programa de Ingeniería Mecatrónica, se toma como referente algunas Universidades con el programa de Ingeniería Mecatrónica reconocidas en el país y que dispongan de la información de docentes que laboran en ellas. En este sentido se realiza una breve descripción con el uso de frecuencias absolutas relacionando Universidades, profesiones de los docentes y nivel posgradual.

Tabla 7.10

Profesiones de docentes de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Profesión	Frecuencia	%
Ing. Mecánica	44	23.7
Ing. Electrónica	47	25.3
Ing. Sistemas	9	4.8
Ing. Mecatrónica, Automática	36	19.4
Ing. Química, química	8	4.3
Ing. Ambiental	3	1.6
Matemáticas, Física	9	4.8
Ing. Metalúrgica, Materiales	4	2.2
Ing. Electricista	11	5.9
Ing. Electromecánica	2	1.1
Otras	13	7.0
Total	**186**	**100**

La tabla 7.10 indica la cantidad de docentes con la profesión de pregrado que poseen, lo que hace evidenciar que la mayoría de universidades tiene en su planta docente a ingenieros

electrónicos, ingenieros mecánicos e ingenieros mecatrónicos. Aunque al parecer existen muy pocos de las ciencias básicas y de la Ingeniería de sistemas, lo que conlleva a una idea general que la Ingeniería Mecatrónica en Colombia se origina y apoya en los programas de Ingeniería Mecánica.

Tabla 7.11

Último nivel posgradual de docentes de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Formación posgradual	No	%
Doctorado	91	48.9
Maestría	81	43.5
Especialización	8	4.3
Total de docentes	186	96.7%

La tabla 7.11 indica que existe un alto porcentaje de docentes en los programas de Ingeniería Mecatrónica en nivel doctoral con un 48.9% del total de docentes; además en la formación de los profesores se encuentra que 30 docentes tienen formación en maestría y especialización, 55 docentes tienen formación como doctores y magister y 20 con especialización, maestría y doctorado; es decir que la formación posgradual de docentes es alta toda vez que alcanza a un 97% mientras que solo 6 docentes (3%) tienen únicamente formación de pregrado.

Tabla 7.12

Número de docentes por profesiones y universidades en programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Universidad	Ing. Mecánica	Ing. Electrónica, Eléctrica y telecomunicaciones	Ing. Sistemas	Ing. Mecatrónica	Química, física, matemáticas	Total
UNAL	49	3	0	0	1	53
Pamplona	2	4	0	12	0	18
San Buenaventura	1	5	0	4	0	10
Mariana	2	4	0	3	3	12
UTP	1	1	0	1	0	3
De Boyacá	0	3	0	3	0	6
UAC	2	6	4	0	5	17
UAO	6	15	0	3	1	25
Tec De Bolívar	6	3	0	2	0	11
EAN	2	1	5	0	7	15
Militar Nueva Granada	5	12	0	8	0	25
Total	76	57	9	36	17	195

La tabla 7.12 muestra la cantidad de docentes de las diferentes profesiones asociadas a la Ingeniería Mecatrónica por cada Universidad, se evidencia que Universidades como la Nacional de Colombia está constituida por profesionales en su mayoría de la Ingeniería Mecánica. La Universidad de Pamplona tiene en su planta docente como mayoría ingenieros mecatrónicos, La Autónoma de Occidente y la Militar Nueva Granada tienen una planta más amplia en electrónica. En las Instituciones se infiere que la multidisciplinariedad y la interdisciplinariedad de parte de docentes se da por la formación posgradual y trayectoria de docentes tanto en la industria como en docencia. Se resalta que existe un número de 195 docentes de los 186 totales debido a que 9 de ellos tienen más de una profesión.

7.4.3 Campo laboral, salarios y empleabilidad del programa de Ingeniería Mecatrónica

Del observatorio laboral para la Educación -OLE-, se encuentra que para el año 2019 el reporte de cotizaciones al sistema de seguridad social de parte de los Ingenieros Mecatrónicos es del 83.7%, sin embargo, no se puede afirmar cuál o cuáles son los trabajos que ellos presentan y si están o no de acuerdo con el perfil para el cual fueron formados.

Por otra parte, en un artículo publicado en la página web (Ingenierowin, 2022), donde se presenta una cuestión sobre "¿Dónde trabaja un ingeniero mecatrónico?".

En este artículo se hace mención al campo en el que se desempeña un Ingeniero Mecatrónico respecto al diseño de productos y procesos inteligentes y en particular mencionan que un ingeniero mecatrónico está preparado para "dirigir equipos de trabajo multidisciplinarios" en especialidades como: robótica, Automatización Industrial, Gestión Empresarial, microelectrónica, tecnologías en relación con sensores, entre otras requeridas por la industria. (WIN, 2018).

Respecto del salario de un ingeniero, aunque es complejo definir de manera estandarizada debido a que depende de múltiples factores como la forma de trabajo y la experiencia en ciertos sectores, se encuentra unos valores de referencia sobre pagos mensuales de ingenieros mecatrónicos recién egresados de tiempo completo para el año 2018 en dólares americanos así:

Argentina US $ 253.11, México US $ 1128.57, Colombia US $ 597.87, Chile US $ 1028.50, Perú US $ 531.75, República Dominicana US $ 911.01, Ecuador US $ 900, Panamá US $ 1600 y España US $ 2726.81.

Otro referente para América Latina es Chile, en (Talca, 2017) se publica una noticia en la página web de la Universidad el 19 de junio de 2017, donde se afirma que la empleabilidad de los

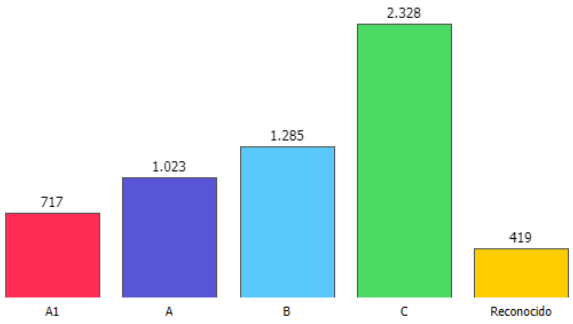
ingenieros mecatrónicos supera el 90% en su primer año de egreso lo que demuestra una positiva inserción de esta oferta académica, destacada por ser multidisciplinaria reconocida en campos como la minería, el sector forestal y la agroindustria.

En México el observatorio Laboral (OLA, 2020) presenta en el primer trimestre de 2020 de acuerdo con la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo las cifras actualizadas de salarios para ingenieros en diferentes áreas con un promedio de US $657.23, que comparado con el salario promedio de los ingenieros mecatrónicos recién egresados en México, favorece a esta profesión en un 58% aproximadamente. Todo conlleva a una perspectiva favorable de empleabilidad y emprendimiento en la profesión que se debe reflejar en la dinámica curricular respecto a la evidente participación de la Ingeniería Mecatrónica en la industria y el contexto.

7.4.4 Contexto investigativo de la Ingeniería Mecatrónica en Colombia

La investigación en Colombia está caracterizada por el departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e innovación MinCiencias (anteriormente Colciencias) que promueve políticas públicas para el fomento de la investigación. Actualmente se han clasificado 5772 grupos de investigación desde la categoría A1 hasta reconocidos así:

Figura 7.4
Caracterización de los grupos de investigación en Colombia por categorías



Nota: Fuente: https://minciencias.gov.co/la-ciencia-en-cifras/grupos (2022)

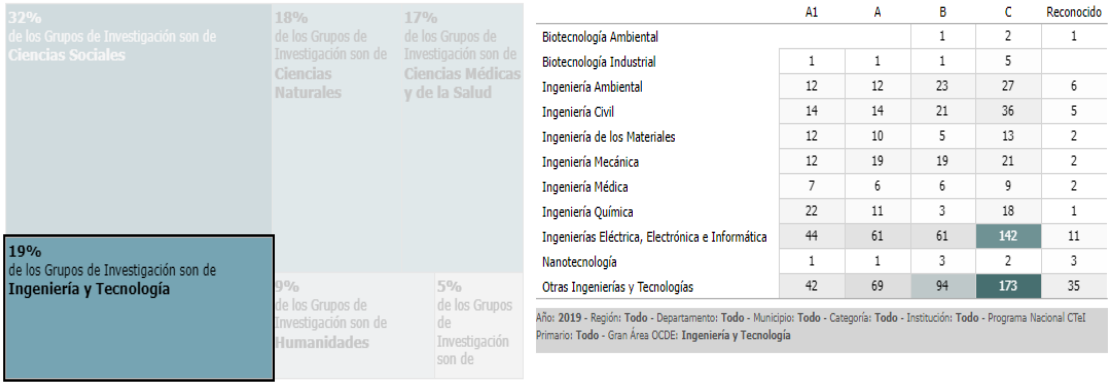
Del total de grupos el 38% se clasifican en áreas de ciencias humanas, sociales y de educación, el 16% en áreas de salud, 11% en ciencias básicas, 9% en ciencia, tecnología e innovación, 6% en biodiversidad, 6% en comunicaciones, 5% en tecnologías agropecuarias, 2%

en biotecnología, 1% en tecnologías del mar, 1% en defensa, 1% en geociencias y el resto como una categoría que no aplica. (MinCiencias, 2022).

En el caso de ingenierías, existe un 19% de los grupos clasificados así:

Figura 7.5

Caracterización de los grupos de investigación en Colombia por categorías para Ingeniería y Tecnología.



	A1	A	B	C	Reconocido
Biotecnología Ambiental			1	2	1
Biotecnología Industrial	1	1	1	5	
Ingeniería Ambiental	12	12	23	27	6
Ingeniería Civil	14	14	21	36	5
Ingeniería de los Materiales	12	10	5	13	2
Ingeniería Mecánica	12	19	19	21	2
Ingeniería Médica	7	6	6	9	2
Ingeniería Química	22	11	3	18	1
Ingenierías Eléctrica, Electrónica e Informática	44	61	61	142	11
Nanotecnología	1	1	3	2	3
Otras Ingenierías y Tecnologías	42	69	94	173	35

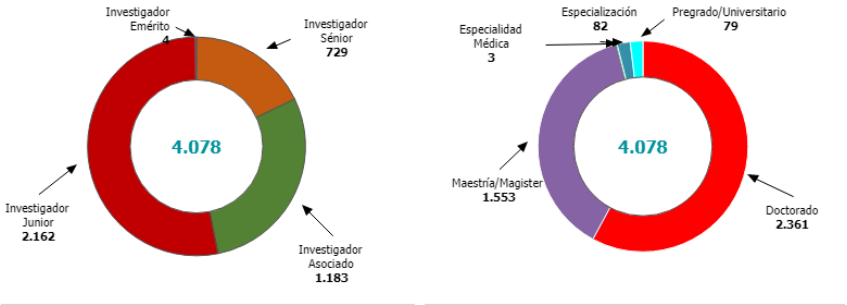
Año: **2019** - Región: **Todo** - Departamento: **Todo** - Municipio: **Todo** - Categoría: **Todo** - Institución: **Todo** - Programa Nacional CTeI Primario: **Todo** - Gran Área OCDE: **Ingeniería y Tecnología**

Nota: Fuente: https://minciencias.gov.co/la-ciencia-en-cifras/grupos (2022)

Se observa que para ingeniería mecatrónica existe afinidad en la categoría de Ingeniería Mecánica, Ingeniería de los materiales, Ingenierías Eléctrica, Electrónica e Informática y otras ingenierías con un total de 847 grupos de investigación, correspondientes al 14.7% del total de grupos en Colombia. Además, existen 4078 investigadores equivalentes al 57.9% con nivel de doctorado. Las diferentes cifras las indica Colciencias en la figura 7.6.

Figura 7.6

Investigadores en la categoría Ingeniería y Tecnología.



Nota: Fuente: https://minciencias.gov.co/la-ciencia-en-cifras/grupos (2022)

Por otra parte, la producción científica de los grupos, de acuerdo con la clasificación de Colciencias, corresponde a: 46% en nuevo conocimiento referido principalmente a 25171 artículos

publicados; 7% en Desarrollo tecnológico e innovación con 2131 producciones de software; 19% de apropiación social del conocimiento con 29752 eventos científicos; 29% en formación de recurso humano enfocado en 35228 tesis de pregrado. (Colciencias, 2022).

De acuerdo con los datos presentados por Colciencias y en relación a Ingeniería Mecatrónica como un programa en el que participan docentes desde varias disciplinas, la participación investigativa de ellos se adecua a un gran número de opciones de grupos de investigación De acuerdo con la búsqueda en áreas de ingeniería se tiene algunos referentes que permiten establecer los temas principales en la investigación relacionada con ingeniería mecatrónica en Colombia, donde se demuestra que el interés va ligado a las tendencias mundiales referidas en el subcapítulo anterior, específicamente en la figura 7.3. Como complemento se muestra las diferentes líneas de investigación en las cuales se enmarcan las producciones científicas en Colombia por parte de algunos grupos de investigación en la que participan programas de Ingeniería Mecatrónica.

Tabla 7.13

Líneas de investigación de algunos grupos de Investigación clasificados por Colciencias en los que participan programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Grupo/Universidad/Clasificación	Líneas	Áreas relacionadas con mecatrónica
Grupo Materiales de Ingeniería GIMI Universidad Tecnológica de Pereira. 2003 C	Materiales metálicos, Polímeros, Soldadura, Tribo-corrosión, Tribología	Corrosión y micro estructuras de fricción en aceros, soldadura de aceros inoxidables, nanopropiedades de los aceros, simulación de tratamientos térmicos, métodos numéricos para caracterización de aceros de alta dureza
Grupo de diseño avanzado Fundación Universidad de América. 2003, Bogotá D.C. C	Automatización industrial, Biomecánica, materiales y diseño de máquinas, modelado y simulación computacional.	Control avanzado, diseño biomecatrónico
Grupo de investigación en diseño, análisis y desarrollo de sistemas de ingeniería –GIDAD Fundación universitaria los libertadores, Bogotá D.C A	Aeronáutica y sistemas aeroespaciales, dinámica de fluidos computacional, Diseño, transformación de procesos productivos y desarrollo sostenible, Estadística Aplicada	Banco de prueba de motores, fatiga en embarcaciones, Machine learning, ciencia de los materiales de ingeniería, elementos finitos, aerodinámica

Grupo/Universidad/Clasificación	Líneas	Áreas relacionadas con mecatrónica
Investigación en Ingeniería Mecánica y Mecatrónica – GIMEC Universidad Santo Tomas, Meta-Villavicencio C	Automatización, Diseño mecánico, Energías renovables, Materiales y manufactura	Corrosión, Reconocimiento de patrones, efecto de oxidación
OPINA- Optimización, Infraestructura y Automatización Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano, Bogotá D.C Reconocido, 2019	Analítica de Datos e inteligencia de negocios, Gestión organizacional, Industrias y Organizaciones	Exoesqueletos, Biomecánica, Big Data, Logística
DIMMANO (Diseño, materiales, manufactura y optimización) Universidad Santo Tomas, Meta-Villavicencio 2010 C	Diseño y manufactura, Materiales y optimización	Clasificación de café, biofertilización, bioingeniería y energías alternativas.
Instrumentación, Automatización y Redes de Aplicación Industrial, INTEGRA Universidad Distrital, Bogotá D.C, 1999 C	Automatización industrial, Bioingeniería, Instrumentación	Topologías de aceros, generación de energía eléctrica y alternativa.
Sistemas de Control y Robótica 2009. Universidad de Antioquía. A1	Internet de las cosas, optoelectrónica, Smart Grids, movilidad eléctrica sostenible	Control, Óptica, Fibra óptica, Sistemas de tiempo real, Microsensores, adquisición de señales
Grupo de investigación y desarrollo en energía Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta C	Eficiencia energética, Energías renovables, Generación distribuida, Operación control e instalación de sistemas de energía eléctrica, Redes eléctricas inteligentes	Sistemas inteligentes
Grupo de Investigación en Instrumentación, Modelamiento, Automatización y Control-GIMAC Universidad de Boyacá, Tunja, 2010 B	Robótica, Automatización y Control, análisis, modelado y tratamiento de señales, educación en ingeniería, física de superficies, instrumentación electrónica.	Diseño mecatrónico, instrumentación electrónica, materiales

Grupo/Universidad/Clasificación	Líneas	Áreas relacionadas con mecatrónica
Grupo de Investigación en Sistemas Inteligentes Corporación universitaria Unicomfacauca Popayán, 2005 B	Automatización y control, Materiales en ingeniería sostenible, Robótica e inteligencia computacional	Diseño mecatrónico
Grimm Universidad Mariana, Pasto C	Desarrollo mecatrónico	Diseño mecatrónico, optimización, energías alternativas.
Innovación Verde Fundación Uniagraria, Bogotá B	Agricultura de precisión, gestión y conversión de energía	Energías limpias, instrumentación electrónica.
Grupo de Investigación en Ingeniería Mecatrónica (GIIM) Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla 2009. B	Bioingeniería y Biomédica, Enseñanza de las ingenierías, Inteligencia y Visión Artificial, Optimización de procesos con nanotecnología y nuevas fuentes de energías, Robótica y automatismo	Diseño biomecatrónica, currículo, didáctica, energías alternativas
DAVINCI Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá 2002 A1	Biomecatrónica, optimización y control de sistemas dinámicos, Robótica híbrida, simulación y realidad virtual	Diseño mecatrónico, control, robótica
Control y Mecatrónica UNAB,2004. Bucaramanga A	Automatización y Control, Diseño Mecatrónico, Biomédico y Robótica, Modelación y Simulación	Diseño mecatrónico, robótica, bioingeniería
Mecatrónica y diseño de máquinas Exabit, Medellín. 1996 C	Diseño conceptual y metódico, Diseño mecánico, Eficiencia energética, Electrónica, automatización y control, Mecánica Computacional, mecatrónica, modelación de sistemas dinámicos, Movilidad y transporte, sistemas térmicos, desarrollo de software CAD/CAM	Manufactura asistida al computador, diseño mecatrónico, optimización
Me Cabot Universidad Tecnológica de Pereira. 2010 B	Aeronáutica, Automatización industrial, Diseño mecatrónico de máquinas, Energías Limpias, Enseñanza	Diseño mecatrónico, control, energías limpias, señales

Grupo/Universidad/Clasificación	Líneas	Áreas relacionadas con mecatrónica
	de la mecatrónica por ciclos propedéuticos, Instrumentación y Control, Robótica, Sistemas y Señales	
Grupo de Trabajo en Nuevas Tecnologías de Diseño y Manufactura-Automatización DIMA Universidad Nacional, Bogotá. 1998 B	Automatización de máquinas, robots-procesos, diseño de productos y procesos industriales, manufactura flexible, prototipado rápido, realidad y manufactura virtual, repotenciación tecnológica	Automatización de procesos, manufactura asistida al computador

Nota: La información consignada en la tabla se extrae de la búsqueda avanzada en la plataforma de Colciencias (2022) https://minciencias.gov.co/sistemas-informacion/servicios-consulta

Con base en lo anterior, es evidente que los programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia, aportan significativamente a la investigación tanto aplicada como en sentido estricto desde temáticas abordadas en los grupos de investigación multidisciplinares, lo que conlleva a desarrollar la interdisciplinariedad en los proyectos de las distintas áreas y que posiblemente aborden la transdisciplinariedad a la luz de los avances científicos y tecnológicos del contexto de innovación empresarial e industrial reflejados en los productos finales. Desde el currículo en el programa de Ingeniería Mecatrónica también se evidencia que las temáticas de los grupos de investigación van ligados a los cursos específicos, las electivas, el trabajo por proyectos, cursos de diseño mecatrónico y desarrollo de productos mecatrónicos, la vinculación con el sector externo, prácticas empresariales, retos empresariales, trabajos de grado, cursos de posgrado como opción de grado, participación en congresos y seminarios y talleres de investigación aplicada.

7.4.5 Reglamentación para Currículo de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

La normatividad colombiana para la apertura de un programa académico del nivel de educación Superior, el Ministerio de Educación Nacional fundamenta la normatividad en la Ley 30 de 1992 (Ley fundamental de la Educación Superior), indicando en su artículo primero que “La Educación Superior es un proceso permanente que posibilita el desarrollo de las potencialidades del ser humano de una manera integral, se realiza con posterioridad a la educación media o secundaria y tiene por objeto el pleno desarrollo de los alumnos y su formación académica o profesional”. (Ley 30 Congreso de la República de Colombia, 1992).

En el artículo 9 la ley menciona que “los programas de pregrado preparan para el desempeño de ocupaciones, para el ejercicio de una profesión o disciplina determinada, de naturaleza tecnológica o científica o en el área de las humanidades, las artes y la filosofía”.

En el artículo 19 se define a las Universidades como “las reconocidas actualmente como tales y las instituciones que acrediten su desempeño con criterio de universalidad en las siguientes actividades: La investigación científica o tecnológica; la formación académica en profesiones o disciplinas y la producción, desarrollo y transmisión del conocimiento y de la cultura universal y nacional. Estas instituciones están igualmente facultadas para adelantar programas de formación en ocupaciones, profesiones o disciplinas, programas de especialización, maestrías, doctorados y posdoctorados, de conformidad con la presente Ley”.

Además, el artículo 20 señala que el MEN está facultado para conceder la aprobación de un registro o programa a nivel profesional “previo concepto favorable del Consejo Nacional de Educación Superior (CESU), podrá reconocer como universidad, a partir de la vigencia de la presente Ley, a las instituciones universitarias o escuelas tecnológicas que dentro de un proceso de acreditación demuestren tener: a) Experiencia en investigación científica de alto nivel. b) Programas académicos y además programas en Ciencias Básicas que apoyen los primeros. c) Facúltese al Gobierno Nacional, para que dentro del término de seis (6) meses, establezca los otros requisitos que se estimen necesarios para los fines del presente artículo. Estos requisitos harán referencia, especialmente, al número de programas, número de docentes, dedicación y formación académica de los mismos e infraestructura”. (Ley 30 Congreso de la República de Colombia, 1992, p.3)

Respecto a la autonomía, el artículo 28 menciona que las universidades tienen “el derecho a darse y modificar sus estatutos, designar sus autoridades académicas y administrativas, crear, organizar y desarrollar sus programas académicos, definir y organizar sus labores formativas, académicas, docentes, científicas y culturales, otorgar los títulos correspondientes, seleccionar a sus profesores, admitir a sus alumnos y adoptar sus correspondientes regímenes y establecer, arbitrar y aplicar sus recursos para el cumplimiento de su misión social y de su función institucional”. (Ley 30 Congreso de la República de Colombia, 1992, p.5)

La Ley menciona además que el CESU se encargará de proponer al gobierno Nacional distintas políticas para la Educación Superior, reglamentando y organizando pautas y requisitos para la creación y funcionamiento de programas académicos y los distintos mecanismos para la

evaluación de estos, para ello puede contar como colaborador al Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior ICFES.

La ley además de reglamentar y sancionar propone la creación del Consejo Nacional de Acreditación CNA con el fin de asesorar al MEN, en el artículo 53 se indica la creación del CNA con el objetivo de garantizar a la sociedad que las instituciones que hacen parte del Sistema cumplen los más altos requisitos de calidad, procesos voluntarios por parte de las Instituciones. Su acreditación tendrá carácter temporal y gozaran de garantías que establezca el Consejo Superior de Educación Superior (CESU).

Respecto al programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia en el año de 1996 cuando inician los procesos de solicitud al MEN del Registro calificado por parte de Universidades e Instituciones Universitarias, no se había previsto la denominación como Ingeniería Mecatrónica y en 1998 se aprueba dicha denominación, sin embargo se presenta una proliferación de denominaciones principalmente en profesiones de ingenierías, para lo cual el MEN en el año 2003 presenta la resolución 2773 para especificar características de calidad en los programas de formación profesional de pregrados en ingeniería en Colombia. Menciona en el artículo 1 que "La denominación académica del programa debe ser claramente diferenciable como programa profesional de pregrado", para ello define en Ingeniería tres tipos de denominación dadas como denominaciones "Básicas", de "Integración de dos o más básicas" y "otras denominaciones". (Resolución 2773 MEN, 2003, p. 1).

Como denominaciones básicas se listan 19 programas académicos de ingeniería:

1. Agrícola, 2. Civil, 3. Eléctrica, 4. Electrónica, 5. Química, 6. Industrial, 7. De Sistemas o Informática, 8. Mecánica, 9. De Materiales, 10. De Telecomunicaciones, 11. Ambiental, 12. Geológica, 13. De Minas,14. De Alimentos, 15. Metalúrgica, 16. Naval, 17. De Petróleos, 18. Forestal y 19. Agroindustrial.

El programa de Ingeniería Mecatrónica no se menciona, sin embargo, puede clasificarse en la categoría de Integración de dos o más básicas, para lo cual El MEN exige a la institución de educación superior incluir una sustentación acerca de la validez de la combinación propuesta, "la cual será evaluada mediante un procedimiento de carácter académico por parte de la Comisión Nacional Intersectorial de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior – CONACES".(Resolución 2773 MEN, 2003, p.2)

El artículo 2 de la resolución complementa los requisitos respecto al componente curricular en las ingenierías, para lo cual menciona requisitos de "fundamentación teórica y metodológica de la Ingeniería que se fundamenta en los conocimientos las ciencias naturales y matemáticas; en la conceptualización, diseño, experimentación y práctica de las ciencias propias de cada campo, buscando la optimización de los recursos para el crecimiento, desarrollo sostenible y bienestar de la humanidad. Para la formación integral del estudiante en Ingeniería" (Resolución 2773 MEN, 2003, p.2).

Para ello, la resolución sugiere considerar cuatro áreas de formación que en lo particular normativo evidencian un currículo asignaturista:

- Área básica: cursos de ciencias naturales y matemáticas que expliquen los fenómenos físicos del entorno.
- Áreas de ciencias básicas de ingeniería: Con raíz en la matemática y las ciencias naturales para la aplicación creativa de la ingeniería su aplicación y práctica.
- Área de ingeniería aplicada: Se enfoca en el diseño y desarrollo tecnológico propio en cada especialidad de la ingeniería.
- Área de formación complementaria: comprende los componentes de economía, administración ciencias sociales y humanidades.

Finalmente, el artículo 3 exige que las Instituciones tengan al servicio de los programas de ingeniería los diferentes laboratorios en las áreas mencionadas anteriormente. (Resolución 2773 MEN, 2003, p.3). Este cúmulo de normativas demuestra la persistencia de vacíos en la conceptualización de la Ingeniería Mecatrónica como profesión.

De otro lado, el ejercicio profesional de los ingenieros mecatrónicos está regulado por la Ley 842 de 2003, la cual indica la reglamentación del ejercicio de la ingeniería, de sus profesiones afines y de sus profesiones auxiliares, en el que se adopta el Código de Ética Profesional. (Ley 842 Congreso de la República de Colombia, 2003).

El artículo 1 menciona el CONCEPTO DE INGENIERÍA. "Se entiende por ingeniería toda aplicación de las ciencias físicas, químicas y matemáticas; de la técnica industrial y en general, del ingenio humano, a la utilización e invención sobre la materia".

El artículo 2 muestra el ejercicio de la ingeniería en actividades como:

a) Los estudios, la planeación, el diseño, el cálculo, la programación, la asesoría, la consultoría, la interventoría, la construcción, el mantenimiento y la administración de

construcciones… y en general todas aquellas obras de infraestructura para el servicio de la comunidad;

b) Los estudios, proyectos, diseños y procesos industriales, textiles, electromecánicos, termoeléctricos, energéticos, mecánicos, eléctricos, electrónicos, de computación, de sistemas, teleinformáticas, agroindustriales, agronómicos, agrícolas, agrológicos, de alimentos, agrometeorológicos, ambientales, geofísicos, forestales, químicos, metalúrgicos, mineros, de petróleos, geológicos, geodésicos, geográficos, topográficos e hidrológicos;

c) La planeación del transporte aéreo, terrestre y náutico y en general, todo asunto relacionado.

Para el desarrollo de las actividades mencionadas, el ingeniero Mecatrónico debe obtener su tarjeta profesional en el Consejo Profesional Nacional de Ingeniería (COPNIA), quienes gestionan y regulan el que hacer ético de los ingenieros de conformidad con la ley.

7.4.6 Normatividad para obtención de Registro Calificado y de Alta Calidad

El MEN como estamento gubernamental tiene la autoridad para aprobar o no la vigencia de las Instituciones de Educación Superior, facultado en la Ley 30 de 1992. Para ello se expiden diferentes decretos que enmarcan el que hacer de las Instituciones de Educación Superior y los diferentes criterios para que las Instituciones puedan dar apertura a los programas académicos.

En este orden, se describe una serie de decretos de manera cronológica en los que se encuentran los requisitos fundamentales para dar apertura a un programa académico, en lo particular se relacionara con la apertura del programa de Ingeniería Mecatrónica que es el interés principal de este documento y dado que en Colombia se registra el inicio de dicho programa en el año de 1998, se describe desde el decreto **1860 del 3 de agosto de 1994,** el cual se basa principalmente en la Ley 115 para la educación básica y media presentando a la comunidad como instrumento principal para el cumplimiento de los requisitos mínimos, la adecuación en las Instituciones de Educación y un Proyecto Educativo Institucional que “exprese la forma como se ha decidido alcanzar los fines de la educación definidos por la ley, teniendo en cuenta las condiciones sociales, económicas y culturales de su medio”. (Decreto 1860 MEN, 1994).

Respecto de la Educación Superior en los años 90s, se considera fundamental la Ley 30 de Educación Superior. En el año de 1996 aparece el **decreto 1225,** el cual presenta los requisitos fundamentales para la publicidad y el registro de programas académicos de educación superior, con criterios claves de divulgación y promoción de un programa académico, exigiendo

principalmente 4 ítems de denominación: 1. Nombre de la Institución con reconocimiento oficial, 2. nombre del programa y título al que conduce, 3. duración del programa y 4. número de código de registro ICFES. Además, exige 8 requisitos para el funcionamiento del programa así:

1). Norma interna de creación. 2). Localidad donde funcionará con indicación de las características y ubicación del inmueble donde se desarrollará el programa. 3). Descripción del contenido de las asignaturas. 4). Objeto social del programa y su relación con la misión y proyecto educativo de la institución. 5). Previsión de procesos organizados y permanentes de autoevaluación. 6). Sistemas de evaluación de estudiantes. 7). Planta de personal docente según dedicación y formación y planta de personal directivo y administrativo. 8). Regímenes de personal docente y estudiantil en los que se prevean requisitos de ingreso, promoción y grado.

Los requisitos planteados por el decreto los verifica el ICFES por medio de pares académicos quienes validan e informan para proceder a dar o no el registro de un programa a la Institución por medio del CESU en representación del MEN. (Decreto 1225 MEN, 1996).

Posteriormente el **Decreto 1063 del 10 de junio de 1998**. Formula aspectos relacionados con la convalidación de títulos académicos para continuar estudios en el exterior principalmente con criterios de evaluación cualitativa. (Decreto 1063 MEN, 1998).

En el año 2002 aparece formulado por el MEN el **Decreto 230 de 2002,** por el cual se dictan normas en materia de currículo, evaluación y promoción de los educandos y evaluación institucional, además de resaltar las condiciones de calidad mínimas de acuerdo con la ley 749 de 2002 y resaltando que se da inicio a la formación por competencias (Decreto 230 MEN, 2002).

En el año 2003, el MEN decreta las condiciones mínimas de calidad para registro calificado por medio del **Decreto 2566 de octubre 9 de 2003,** mencionando en el Artículo 1. Que "para obtener el registro calificado, las instituciones de educación superior deberán demostrar el cumplimiento de condiciones mínimas de calidad y de las características específicas de calidad", para ello el MEN exige y verifica por medio de pares académicos 15 condiciones de calidad: 1. Denominación académica del programa, 2. Justificación del programa, 3. Aspectos curriculares, 4. Organización de las actividades de formación por créditos académicos, 5. Formación investigativa, 6. Proyección social, 7. Selección y evaluación de estudiantes, 8. Personal académico, 9. Medios educativos, 10. Infraestructura, 11. Estructura académico administrativa, 12. Autoevaluación, 13. Políticas y estrategias de seguimiento a egresados, 14. Bienestar Universitario y15. Recursos financieros. (Decreto 2566 MEN, 2003).

Otro aspecto importante del decreto es que se exige la organización de actividades académicas por medio de créditos con el propósito de mejorar aspectos como movilidad, transferencia de estudiantes y flexibilidad curricular, aspectos que permiten considerar de manera inicial la integralidad curricular en los diferentes programas.

Además de la reglamentación el decreto promueve procesos de Autoevaluación en las Instituciones de Educación Superior, regula los programas por ciclos propedéuticos, la vigencia máxima de 7 años, el reporte de información al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior -SNIES- y para el caso de las Ingenierías el decreto en su artículo 54 indica que el "Concepto para resolver solicitudes de registro calificado.- Hasta tanto el Ministerio de Educación Nacional defina la conformación de la Comisión Nacional Intersectorial para el Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior -CONACES-, el Consejo Nacional de Acreditación -C.N.A.- seguirá evaluando y emitiendo los conceptos para programas en salud e ingenierías y la Subdirección de Aseguramiento de la Calidad, del Ministerio de Educación Nacional hará lo correspondiente con los programas que venía evaluando el ICFES.".

En el año 2005 el MEN presenta el **Decreto 2170 del 27 de junio de 2005,** por el cual modifica el artículo 4 del decreto 2566 así: "Aspectos curriculares. La institución deberá presentar la fundamentación teórica, práctica y metodológica del programa; los principios y propósitos que orientan la formación; la estructura y organización de los contenidos curriculares acorde con el desarrollo de la actividad científica-tecnológica; las estrategias que permitan el trabajo interdisciplinario y el trabajo en equipo; el modelo y estrategias pedagógicas y los contextos posibles de aprendizaje para su desarrollo y para el logro de los propósitos de formación; y el perfil de formación. El programa deberá garantizar una formación integral, que le permita al egresado desempeñarse en diferentes escenarios, con el nivel de competencias propias de cada campo".(Decreto 2170 MEN, 2005). Para Mecatrónica es fundamental este elemento en el que el MEN canaliza la importancia de la integralidad.

Posteriormente el **Decreto 1295 de 2010** reglamenta la ley 1188 de 2008, y establece las condiciones mínimas para la obtención del Registro Calificado de programas de pregrado y posgrado en Instituciones de Educación Superior, para ello el MEN dispone de una "Guía para la elaboración de registro calificado" refiriendo con mayor explicites y orientación en la elaboración del documento que las Instituciones deben entregar al MEN junto con los tramites respectivos para obtener el Registro Calificado del programa (Gómez Gómez, 2018).

En el decreto 1295 se contempla principalmente la exigencia en los programas por la rigurosidad en aspectos teóricos que fundamentan al currículo, créditos académicos, competencias, perfiles, componentes de interdisciplinariedad y estrategias de flexibilidad. Por otra parte, el decreto 1295 es explícito en la reglamentación tanto a Instituciones como programas con acreditación de alta calidad la cual es certificada por el MEN por medio del Consejo Nacional de Acreditación CNA. (Decreto 1295 MEN, 2010). Aunque para Mecatrónica persiste el ser considerado un programa no básico, se consideran por la regulación del MEN aspectos de integralidad curricular como lo son la interdisciplinariedad, la flexibilidad, entre otros, descritos en las condiciones mínimas de calidad. Además se encuentra que el procedimiento para la obtención del Registro Calificado es común a otros programas académicos y se basa en: 1. Solicitud por parte del Representante legal al MEN adjuntado los documentos y formularios requeridos, 2. Designación de pares académicos, El MEN con ayuda de las Salas de la Comisión Intersectorial de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior CONACES asigna el par o pares encargados de realizar la visita e informara a la IES, 3. Visita de verificación, se realizarán las visitas a que haya lugar previo aviso a la IES, después de la visita el par contará con 5 días para la presentación del informe, 4. Concepto, con previa revisión del informe, las CONACES deberá emitir concepto de recomendación dirigido al MEN, el cual podrá requerir a la IES por solicitud de estas hasta por una vez con el fin de solicitar documentación que considere necesaria para emisión del concepto, 5. Decisión, emitido el concepto por parte de las CONACES el MEN decidirá mediante acto administrativo, a este procede recurso de reposición, y 6. Confidencialidad: La información aportada por la IES con fin de obtener su registro calificado es de carácter confidencial y debe ser usada con este fin. (Gómez Gómez, 2018).

En apoyo al decreto 1295, El MEN por medio del convenio Andrés Bello, en el año 2013 lanza un documento guía para solicitud y renovación de registro calificado denominado “Lineamientos para solicitud, otorgamiento y renovación de registro calificado programas de pregrado y posgrado”, en el documento mencionado se resalta la metodología propuesta para alcanzar aspectos que aseguren la calidad en los programas de educación superior, para lo cual fundamentado en la autonomía de las Instituciones se presenta un modelo de aseguramiento de la calidad que contempla unas condiciones básicas y otras máximas para la acreditación en alta calidad, las condiciones básicas conllevan a obtener el registro calificado y/o su renovación,

mientras que las condiciones máximas otorgan la acreditación de alta calidad a los programas y posteriormente a las instituciones quienes lo solicitan de manera voluntaria.

La calidad definida por el documento de lineamientos se enmarca como "aquella que forma mejores seres humanos, ciudadanos con valores éticos, respetuosos de lo público, que ejercen los derechos humanos, cumplen con sus deberes y conviven en paz. Una educación que genera oportunidades legítimas de progreso y prosperidad. Una educación competitiva, pertinente, que contribuye a cerrar brechas de inequidad y en la que participa toda la sociedad. Para desarrollar este reto se trabajará en el desarrollo de competencias básicas, genéricas, específicas y ciudadanas en los niños, niñas y jóvenes; se consolidará el sistema nacional de evaluación de la calidad y se fortalecerá el sistema de aseguramiento de la calidad". (Ministerio de Educación Nacional, 2013).

De igual manera se define el término de integralidad curricular así: "La formación integral en la educación superior implica, de un lado, la apropiación de los contenidos propios de una profesión, como herramienta intelectual necesaria para el aprendizaje permanente y la resolución de problemas complejos que requieren de la concurrencia disciplinar. De otro lado, implica la formación en valores humanos, culturales y sociales, tales como: el amor a la libertad, la tolerancia, la convivencia, el respeto a la diversidad cultural y al entorno natural, la honradez, honestidad, responsabilidad y solidaridad. No es redundante considerar igualmente que la "formación integral" apunta a consolidar en quienes participan de la educación superior el aprecio por los valores culturales, históricos y sociales de la comunidad, el país y el medio ambiente; este conjunto de valores deberá promover actitudes de liderazgo y compromiso social, así como el desarrollo de habilidades para adquirir nuevos conocimientos, sensibilidad ante las manifestaciones de la belleza y el arte, cultivo del cuerpo y destrezas para innovar con un pensamiento creativo y crítico en la resolución de problemas." (CONACES, 2012).

En el año 2015, el MEN coloca al público el **Decreto 1075 de 2015** como único reglamento de educación superior, recopilando la normatividad vigente. (Decreto 1075 MEN, 2015).

Posterior a esto y con base en el decreto 1295, aparece el **Decreto 1280 de 2018** con fines de reglamentar el sistema de aseguramiento de la calidad en educación superior, para ello a diferencia del decreto 1295 y del 1075 se plantean dos grupos de condiciones unas para la Institución (Estudiantes, Profesores, Egresados, Investigación, Bienestar, Gobierno Escolar, Planeación y mejoramiento de la calidad, Gestión Administrativa, Infraestructura, Recursos financieros) y otras del programa (Profesores, Gestión curricular, Medios educativos, Extensión,

Interacción nacional e internacional, Investigación). Además, se explicita la acreditación voluntaria de alta calidad que será evaluada por el CNA. (Decreto 1280 MEN, 2018).

Finalmente en la actualidad aparece el **decreto 1330 de 2019** en el que "en atención a las inquietudes que fueron manifestadas respecto a la implementación del Decreto 1280 de 2018, el Ministerio de Educación Nacional identificó la necesidad de desarrollar un proceso de construcción de una visión conjunta de calidad de la educación superior, a través de ejercicios participativos de reflexión con diferentes actores del sector, con el ánimo de recoger sus observaciones, inquietudes y necesidades para definir las estrategias tendientes a la construcción de parámetros técnicos de regulación del sistema de aseguramiento de la calidad de la educación superior, mediante los talleres denominados "Calidad es de Todos" realizados desde el mes de septiembre de 2018 hasta marzo de 2019".(Decreto 1330 MEN, 2019). Actualmente el MEN presenta la plataforma denominada "Nuevo SACES" Soporte de aseguramiento de calidad de la Educación Superior, en la cual se abarca las leyes, decretos, resoluciones, directivas ministeriales y circulares para garantizar el cumplimiento de normativas en la Educación Superior que garanticen la calidad de los programas académicos. Como característica principal del decreto actual se hace referencia a que las competencias son concepciones que se desarrollan a lo largo de la vida y presentan complejidad para ser evaluadas, a lo que el MEN propone un desarrollo de programas académicos basados en resultados de aprendizaje que permiten evidenciar y medir el que hacer del estudiante.

La normatividad en los programas permite guiar y encaminar procesos de calidad en los currículos, considerando aspectos de la región, a nivel nacional e internacional, sin embargo, en el caso particular de Ingeniería Mecatrónica, es evidente la carencia de normativas específicas en este programa y esto conlleva a su desarrollo tendiente a la multidisciplinariedad visto desde los parámetros normativos. Estos vacíos legales influyen en la separación de las disciplinas en los currículos y alimentan las tensiones como respuestas a la interdisciplinariedad del programa visualizadas en el desarrollo efectivo de sus profesionales en el contexto y las modificaciones en los cursos con desarrollo de resultados de aprendizaje propios de la Ingeniería Mecatrónica. Para lo cual la respuesta curricular se establece en el desarrollo del micro currículo fundamentado en: trabajo por proyectos, transversalidad de actividades, investigación aplicada y relaciones con sector externo en búsqueda del fin de la naturaleza transdisciplinar de la mecatrónica.

8. ANÁLISIS DE PERFILES EN LOS PROGRAMAS UNIVERSITARIOS DE INGENIERÍA MECATRÓNICA EN COLOMBIA

En Colombia existen 40 denominaciones relacionadas con Mecatrónica en los niveles de formación técnica, tecnológica, profesional, especialización, maestría y doctorado; del total de Instituciones en Colombia se toma como muestra aquellas que presentan reconocimiento y gran trayectoria en su quehacer académico, teniendo en cuenta además la cobertura de las regiones de Colombia en las que se ofertan los programas. Para el análisis de los perfiles profesionales se parte de las características principales identificadas en los textos que colocan a disposición las diferentes universidades en distintos niveles. Ver anexo B numerales del 5 al 7 donde se describe los perfiles de programas en los niveles profesional, técnico, tecnológico y posteriormente los de nivel posgradual como referente de continuidad en Ingeniería Mecatrónica.

8.1 Análisis del perfil profesional en programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Para el análisis del perfil profesional del ingeniero mecatrónico, se procede a categorizar de manera abierta e inductiva, extrayendo de la información textual encontrada en las páginas web de cada Universidad y resumiendo por medio de unas preguntas simples que permiten obtener la categoría del perfil, así se inicia con ¿Qué acción realiza el egresado?, ¿Cuál es el objeto sobre el que se realiza la acción?, ¿Qué condiciona la acción sobre el objeto? Y ¿Cuál es la finalidad de la acción?

De la muestra de 8 universidades, a conveniencia se toma a 3 universidades más de la población para garantizar la tendencia en los conceptos y la unificación de estos, adicionando a la Universidad de Caldas dado que la Universidad Tecnológica de Pereira presenta su programa por ciclos propedéuticos y los perfiles profesionales cambian en la medida que estos son para nivel técnico y tecnológico. También se consideran los perfiles de la Universidad Militar Nueva Granada por ser pionera en el programa en la capital de Colombia y finalmente se toma a la Escuela de Ingeniería de Antioquia por la disposición de la información.

Por tanto, en primer lugar, se indica la información preliminar sobre la Ingeniería Mecatrónica definida por la **Universidad Nacional de Colombia** donde se muestra que:

“La Ingeniería Mecatrónica puede contextualizarse como una disciplina que integra conocimientos para el desarrollo de productos y máquinas que poseen un alto grado de autonomía y funcionalidad encontrada a través de la electrónica, los sistemas inteligentes, la mecánica de

precisión, y el control; con el propósito de fundamentar la innovación y el desarrollo de procesos automatizados, modernizando así los sectores productivos del país". (UNAL, 2022)

Tabla 8.1

Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Nacional de Colombia

Verbo	Objeto	Condición	Finalidad	Categoría
Encontrar	soluciones efectivas a problemas de Ingeniería	mediante uso de herramientas fundamentada en ciencias básicas y de tecnología	Formar profesional competente, creativo y con espíritu innovador	Solución de problemas tecnológicos
Concebir	el diseño de productos y procesos	en situaciones en las que disciplinas como la Mecánica, la Electrónica, la Informática y el Control Automático, se traslapan	Para integrar	Sinergia
liderar	Proyectos de ingeniería	que se basen en la integración y desarrollo de tecnología	para contribuir de manera activa al desarrollo tecnológico del país	Liderazgo
seguir aprendiendo	la profesión	de manera permanente y autónoma	adaptarse rápida y eficazmente a los cambios	Aprendizaje autónomo
valorar	el patrimonio de la humanidad	consciente del impacto de sus acciones en la sociedad y el medio ambiente	para el ejercicio ético responsable e innovador en la sociedad.	Aporte social
identificar, formular, crear y optimizar	procesos de manufactura, máquinas y mecanismos, control,	Con aplicaciones automáticas de tecnología confiable y ecológicamente segura	que garantiza desarrollo, convivencia y el medio ambiente	Automatización de procesos
comprende y aprecia	la integralidad de las diferentes disciplinas	aprender durante toda su vida	Para la autonomía, dinamismo y flexibilidad.	Integralidad

Nota: La información consignada en la tabla se resume de (Universidad Nacional de Colombia, 2018).

Las categorías identificadas en el perfil de la Universidad Nacional, principalmente se desarrollan en torno a la sinergia de las disciplinas desde la automatización de procesos enfocados a la solución de problemas de contexto con liderazgo, autonomía, aporte social, integridad y optimalidad.

Tabla 8.2

Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad de Caldas

Verbo	Objeto	Condición	Finalidad	Categoría
Integrar	Disciplinas de ingeniería mecánica, control electrónico y las tecnologías de la información	Mediante el estudio de diseño, integración y fabricación de componentes, máquinas y procesos dotados de tecnología moderna	Para el desarrollo de productos y procesos inteligentes proporcionándoles una mayor flexibilidad, versatilidad y confiabilidad	Integralidad

Nota: La información consignada en la tabla se resume de (Caldas, 2019).

La integralidad en el currículo en la Universidad de Caldas se enfoca en la inteligencia de los productos mecatrónicos con flexibilidad, versatilidad y confiabilidad como propiedades de los mismos.

Tabla 8.3

Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Militar-Nueva Granada

Verbo	Objeto	Condición	Finalidad	Categoría
Integrar e implementar	Tecnologías, CAD, CAE, CAM	A través de diversas herramientas de hardware, software	Para aplicarlas a la solución de problemas en automatización industrial, control de procesos, robótica, diseño mecatrónico, realidad virtual, materiales y manufactura.	Sinergia
Ser	ciudadano íntegro, ético, creativo, emprendedor y recursivo	con habilidades investigativas y de autoaprendizaje, aptitudes comunicativas y de liderazgo	Para trabajar en equipos interdisciplinarios con valores personales, y con compromiso y responsabilidad social y ambiental, bajo el marco legal y empresarial	Liderazgo

Nota: La información consignada en la tabla se resume de (Militar Nueva Granada, 2022)

Para la Universidad Militar Nueva Granada es de gran importancia la sinergia y el liderazgo en el desarrollo de proyectos mecatrónicos.

Tabla 8.4

Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad De Pamplona

Verbo	Objeto	Condición	Finalidad	Categoría
Ser	Un profesional	con sólidos conocimientos, actualizada formación científica	tener acceso a la cambiante tecnología y a las técnicas que se derivan de ella	Conocimientos tecnológicos
Distinguir	liderazgo, actitud innovadora y espíritu empresarial	como bases fundamentales para el trabajo en equipo con profesionales de otras disciplinas	Para proyectos encaminados a promover el crecimiento y desarrollo económico, tecnológico y cultural	Liderazgo en trabajo interdisciplinario
Aplicar	desarrollo sostenible	Por medio de la utilización de recursos renovables, no renovables y conciencia sobre el impacto ambiental	en la ejecución de proyectos	Sostenibilidad
Poseer	excelentes conocimientos y habilidades	Automatización, Diseño Mecatrónico, Control, Robótica, Electrónica, Procesos de Manufactura y Software	para enfrentar problemas relacionados con la industria	Automatización
Adquirir	conocimientos en áreas complementarias	Dado por la capacidad de análisis, síntesis e inventiva y manejo de software	Para evaluar resultados y generar diferentes alternativas de solución	Integralidad
Conocer	El papel que desempeñan los aspectos sociales, culturales, políticos, económicos, legales y reglaméntales	legislación vigente en el ejercicio de su profesión	para licitaciones de proyectos e importación de tecnología	Gestión tecnológica

Nota: La información consignada en la tabla se resume de ("Proyecto educativo del programa programa de ingeniería mecatrónica 2014-2020 (pep)," 2020)

Tabla 8.5

Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Javeriana

Verbo	Objeto	Condición	Finalidad	Categoría
Liderar	Proyectos de diseño y desarrollo	Con soluciones innovadoras	Para el impacto a la sociedad	Proyectos tecnológicos
Gestionar y trabajar en equipo	en automatización de procesos de manufactura flexible, análisis, modelado, diseño y operación de sistemas y máquinas inteligentes	desde sus conocimientos técnicos y científicos empleando herramientas matemáticas y computacionales	Para ser reconocido	Liderazgo
Expresar asertivamente	Su visión ética y su pensamiento analítico, crítico y responsable	Gracias a su Formación integral	implicaciones humanas, ambientales y económicas de su ejercicio profesional	Integralidad

Nota: La información consignada en la tabla se resume de (Javeriana, 2021)

Tabla 8.6

Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Mariana

Verbo	Objeto	Condición	Finalidad	Categoría
desempeñarse de manera dependiente e independiente	sector empresarial público y privado	campos de la electrónica, la electricidad, la automatización industrial, la mecánica, el control de procesos, la informática y como emprendedor	proyectos de excelente calidad	Sinergia
Desempeñar	labores de diseño, construcción y mantenimiento de equipos	sistemas electrónicos, mecánicos y electromecánicos, sistemas automáticos de control, redes de computadores,	Soluciones Tecnológicas	Conocimientos tecnológicos

Verbo	Objeto	Condición	Finalidad	Categoría
		sistemas digitales y analógicos, sistemas de comunicación, instrumentación electrónica e industrial y electrónica de potencia.		
Diseñar, construir, integrar, inspeccionar, consultar, asesorar, liderar	Automatismos, máquinas y procesos, sistemas mecatrónicos	Con Calidad en electrónica, electromecánica, eléctrica y mecatrónica	Proyectos para automatización de Procesos industriales	Automatización
Crear	Empresa de servicios, mantenimiento, construcción y diseño de sistemas mecatrónicos	Conocimientos solidos	Generar competitividad en su contexto	Emprendimiento

Nota: La información consignada en la tabla se resume de (U Mariana, 2022)

Las Universidades de Pamplona, Javeriana y Mariana presentan un perfil profesional con características comunes en la formación en valores ontológicos y en áreas técnicas específicas de acuerdo a la región desde enfoques administrativos y de gestión tecnológica, de acuerdo con categorías en tablas 8.1 a 8.6.

Tabla 8.7

Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad De Boyacá

Verbo	Objeto	Condición	Finalidad	Categoría
Aplicar	conocimientos de diseño de medios y sistemas de modernización y automatización industrial	conscientes de la importancia	proteger la salud humana, el equilibrio ecológico, la sostenibilidad económica y la conservación ambiental	Conciencia ambiental

Verbo	Objeto	Condición	Finalidad	Categoría
Analizar, desarrollar, Modelar, identificar, diseñar, explotar, mantener y evaluar objetivamente	sistemas electrónicos y de automatización	ciencia y tecnología	para la automatización de la industria	Automatización
diseñar	máquinas electromecánicas	partes mecánicas y electrónicas	Con capacidad de procesar información para su funcionamiento	Diseño
diseñar, construir y adaptar	mecanismos manipuladores de diferentes grados de libertad, robots, sillas de ruedas inteligentes, prótesis	tecnologías de avanzada	Para solucionar problemas	Inteligencia artificial

Nota: La información consignada en la tabla se resume de (Boyaca, 2021)

Tabla 8.8

Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Autónoma del Caribe

Verbo	Objeto	Condición	Finalidad	Categoría
Desarrollar	Competencias en bioingeniería, robótica, manejo de herramientas computacionales	Capacidad investigativa	Para el control, simulación, automatización, diseño de equipos y procesos	Automatización
Diseñar y programar	robots	Dirección de un equipo de trabajo cualificado	Cumplir tareas específicas	Robótica
Diseñar, construir, ensamblar y mantener	Sistemas integrados	Mecánica, electrónica y la informática	Para valorar el impacto de soluciones y proyectos de inclusión	Sinergia

Nota: La información consignada en la tabla se resume de (Autónoma del Caribe, 2022).

Tabla 8.9

Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Autónoma de Bucaramanga

Verbo	Objeto	Condición	Finalidad	Categoría
desarrollar, implementar, optimizar y automatizar	soluciones de alta tecnología	dotadas de inteligencia	para el desarrollo de una sociedad sostenible	Optimizar
diseñar, construir, automatizar y desarrollar	equipos, máquinas, productos inteligentes y procesos tecnológicos	con formación integral y sólidos conocimientos en diseño mecatrónico, control automático, sistemas de automatización y computación	el mejoramiento industrial y el bienestar de la sociedad	Automatización
identificar, analizar y proponer	nuevas soluciones basadas en tecnologías avanzadas	Asumiendo con responsabilidad y compromiso sus actividades	Para trabajar en equipos de diversos saberes, gestionar proyectos multidisciplinarios, solución de problemas del entorno industrial y productivo en los ámbitos local, nacional e internacional.	Liderazgo y Trabajo en equipo

Nota: La información consignada en la tabla se resume de (UNAB, 2022).

Tabla 8.10

Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Autónoma de Occidente

Verbo	Objeto	Condición	Finalidad	Categoría
concebir, implementar, operar y mantener	productos, procesos y sistemas	que integren tecnologías tales como la mecánica, la electrónica y la informática.	Mejoramiento de productos y procesos, haciéndolos más rápidos, confiables y económicos.	Sinergia
Desarrollar	nuevos productos de consumo	que de manera innovadora	aporten a la solución de una problemática social o industrial.	Proyectos
Aplicar	los principios de integración	para crear	nuevas soluciones en áreas interdisciplinarias como la	Interdisciplinariedad

Verbo	Objeto	Condición	Finalidad	Categoría
			biomecatrónica, la autotrónica, la domótica y la inteligencia artificial	

Nota: La información consignada en la tabla se resume de (Proyecto Educativo delprograma de Ingeniería Mecatrónica UAO, 2018)

Tabla 8.11

Categorías del perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad EIA

Verbo	Objeto	Condición	Finalidad	Categoría
Realizar	actividades conjuntas	con un propósito común, contribución productiva	Intercambio de información, se asumen responsabilidades, se resuelven conflictos y se toman decisiones para lograr los resultados esperados.	Trabajo en equipo
Expresar	Ideas o argumentos	con claridad y coherencia a través de medios escritos, orales o gráficos con propósito comunicativo y normas del lenguaje y el respeto a los derechos de autor	comprender el significado y el sentido del mensaje textual, discursivo o gráfico conducente a lograr un proceso comunicativo efectivo, en español y en inglés.	Comunicación
Resolver	problemas que apoyan la toma de decisiones personales y profesionales	mediante la identificación del sistema, su contexto, sus partes, sus interrelaciones y su comportamiento dinámico	para la determinación de los elementos estructurales claves sobre los que se debe actuar.	Pensamiento sistémico
Generar	ideas nuevas	Solución de problemas	para mejorar el desempeño individual y colectivo.	Creatividad

Nota: La información consignada en la tabla se resume de (Proyecto Educativo delprograma de Ingeniería Mecatrónica EIA, 2017).

Con la categorización realizada en las tablas 8.7 a 8.11, se evidencian categorías en el perfil profesional del ingeniero mecatrónico en Colombia, principalmente determinadas por el diseño de productos mecatrónicos, automatización de procesos y productos inteligentes. Para esto es común

la sinergia, la interdisciplinariedad, el trabajo en equipos con desarrollo de metodologías para la solución de problemas de diseño mecatrónico novedosos con competencias en liderazgo, creatividad, concurrencia y diálogo permanente en las disciplinas. Esto evidencia el tensionamiento curricular que es determinante en los procesos de adecuación de las fronteras del conocimiento en beneficio de las respuestas a la novedad en el desarrollo de soluciones optimas y de generación, adecuación e implementación de nuevas tecnologías que cumplan con la naturaleza transdisciplinar de la mecatrónica en relación al producto y el usuario final.

8.2 Perfil laboral para Ingeniería Mecatrónica en universidades colombianas

La información publicada respecto a sus perfiles laborales por las Universidades mencionadas anteriormente, permite establecer un listado de ocupaciones o campos laborales de la Ingeniería Mecatrónica, dado por la intersección de actividades de desempeño de los ingenieros mecatrónicos que en general son las mismas para cada Institución por lo que se establece un listado de actividades de las principales ocupaciones para los ingenieros mecatrónicos, propuestos por el perfil ocupacional de las Universidades que ofertan el programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia, las cuales se categorizan en grandes procesos enfocados a: Diseño mecatrónico, automatización de procesos, control industrial, gestión de proyectos tecnológicos, asesoría y la investigación.

- **Diseño mecatrónico,** encaminado a la búsqueda de requerimientos y necesidades del contexto para desarrollar metodológicamente conceptos que conlleven al optimo diseño de un producto de arquitectura integral que se integre al mercado donde exista la posibilidad de automatizar un proceso como:

  Diseño de sistemas, centros y talleres flexibles de manufactura, dispositivos, máquinas y equipos de base mecatrónica.

  Desarrollo, optimización, construcción y puesta a punto de equipos, procesos o productos, sistemas integrales de manufactura utilizando tecnologías de punta.

  Diseño, construcción y programación de robots para aplicaciones específicas.

  Diseño e implementación de procesos y sistemas integrales que requieran conocimientos multidisciplinares en el desarrollo de productos novedosos.

  Diseño, cálculo y modelamiento mecatrónico.

  Diseño, construcción y mantenimiento de maquinaria para la industria y el hogar.

Diseño, análisis y manufactura asistida por computador (CAD/CAM/CAE) siguiendo estándares internacionales.

- **Automatización de procesos,** Con el uso de herramientas de alta tecnología tales como las redes de comunicación, aprendizaje de máquina, interacción hombre máquina, control inteligente, algoritmos metaheurísticos, entre otros; con los que la mecatrónica aporta metodológicamente a los equipos industriales con la necesidad de aumentar el grado de autonomía en sus procesos de: Diseño, selección, evaluación, especificación, instalación, montaje, mantenimiento, operación, ensayo y comercialización de equipos y sistemas automáticos de la integración de la mecánica y la electrónica.

  Automatización y sistematización industrial.

  Adaptación de sistemas de sensores, domótica, seguridad y comunicaciones basados en normas de construcción de obras civiles.

  Diseño y construcción de piezas del área de la metalurgia, para automatizar procesos manuales y/o artesanales.

  Domótica y otras aplicaciones con visión artificial.

- **Control Industrial,** partiendo de la modelación matemática en los procesos y equipos físicos, el ingeniero mecatrónico hace un análisis del uso apropiado de herramientas de control en concordancia con la dinámica del sistema y su respuesta temporal para implementar equipos de control de alta precisión en dispositivos, equipos y procesos que lo requieran en campos tecnológicos como la electromedicina, bioingeniería, sistemas térmicos, hidráulicos, mecánicos, de laboratorio, imágenes médicas, entre muchos otros:

  Procesos productivos y dispositivos con aplicaciones de control analógico, discreto e inteligente.

  Diseño y/o implementación de controladores de procesos industriales.

  Determinar el origen de fallas en sistemas físicos, de instrumentación, automatización y control de procesos.

  Programar sistemas de supervisión, control y adquisición de datos.

  Diseño e implementación de técnicas de inteligencia artificial en soluciones industriales.

Aplicación de metodologías de integración para el desarrollo de sistemas que contengan mecánica de alta precisión, electrónica y control embebido.

Aplicación y uso racional de la energía a través de máquinas térmicas e hidráulicas.

Ensamble y mantenimiento de dispositivos automotrices.

- **gestión de proyectos tecnológicos,** todo proceso productivo y de automatización en cualquier campo de la industria requiere la realización de procesos administrativos para la planeación en adquisición, diseño y mercadeo de la tecnología, por tanto, es relevante que un ingeniero mecatrónico proyecte la implementación de distintas tecnológicas de automatización para mejorar la calidad de los procesos y la recuperación de inversiones a corto, mediano y largo plazo**:**

  Proyección, dirección, organización y administración de empresas, dependencias y sistemas técnicos.

  Negociaciones sobre tecnología, elaboración y formulación de estudios de factibilidad técnica, diseño, operación y funcionamiento de sistemas, procesos industriales, instrumentación, automatización y control, de acuerdo con los requerimientos de la organización.

  Supervisar la instalación, modificación, puesta en marcha y mantenimiento de máquinas inteligentes en procesos industriales.

  Alta capacidad para trabajar y dirigir equipos de diversos saberes y gestionar proyectos multidisciplinarios.

- **Asesoría,** mediante el análisis técnico de procesos e implementación de tecnología, el ingeniero brinda apoyo en diferentes campos de la industria manufacturera, de petróleos, mecánica industrial, sistemas de refrigeración, automatización electrónica, electromecánica, electroneumática, electrohidráulica, procesos metalúrgicos, procesos de manufactura de distintos materiales, equipos médicos, etc.**:**

  Asesoría, consultoría e interventoría de proyectos técnicos de automatización o integración.

  Promoción y venta de dispositivos y equipos especializados.

  Auditorias en proyectos de diseño y operación de procesos industriales automatizados.

  Negociación de tecnologías siguiendo requerimientos empresariales.

Selección del proceso de manufactura requerido para el equipo o dispositivo deseado.

- **Investigación,** desde la puesta en práctica de conceptos y apoyo a las disciplinas y ciencias básicas, el ingeniero mecatrónico está en capacidad de innovar productos con creatividad, liderazgo y trabajo en equipo**:**

  Investigación, docencia y capacitación en el área de la Ingeniería Mecatrónica.

  Participación en empresas de alto componente tecnológico y en procesos de enseñanza e investigación que requieran soluciones integrales multidisciplinarias.

  En laboratorios de investigación y desarrollo tecnológico en empresas industriales o de servicios con departamentos de ingeniería para soporte, mantenimiento, ensamblaje, entre otros.

Esto implica que la realidad del profesional requiera una formación ligada directamente con el sector empresarial y la investigación de manera transversal que reafirmen la interdisciplinaridad en procesos y desarrollos de productos de aplicación tecnológica y científica en el contexto del desarrollo de la profesión transdisciplinar.

Las áreas de desempeño que prevalecen en el programa de Ingeniería Mecatrónica son: Automatización Industrial, Robótica, Diseño y manufactura asistido por computadora, sistemas de manufactura flexible, Redes de comunicación industrial, Control numérico computarizado, Microcontroladores, Dispositivos lógicos programables, Control Inteligente, Diseño Mecatrónico, Oleo neumática, Biomecatrónica, Modelamiento y simulación.

8.3 Componentes curriculares de programas de Ingeniería Mecatrónica

El currículo en Ingeniería Mecatrónica en las 9 Universidades seleccionadas para este estudio actualmente presenta una “malla” en la que se presenta un conjunto de cursos con secuencialidades y distribuidos uniformemente en los periodos que cada Institución tiene aprobado por el MEN. Para encausar el análisis de esto se inicia con las generalidades del perfil de ingreso que presentan las universidades como punto de partida para la formación profesional de la mano con los objetivos que pretende el programa.

8.3.1 Perfil de ingreso a programa de Ingeniería Mecatrónica

En Colombia los requisitos para ingresar a estudios superiores son básicamente tener un título de bachiller y el resultado de las pruebas saber 11; en lo particular de las universidades

algunas hacen pruebas de ingreso como exámenes, entrevistas y pruebas psicotécnicas. Sin embargo, el perfil de quien quiere ingresar al programa de Ingeniería Mecatrónica requiere características como:

"Capacidad de diseñar, simular y construir, ser humano integro, emprendedor y altamente competitivo, con facilidad para la comunicación y liderazgo, además del manejo de la tecnología moderna" (Universidad de Caldas, 2020, p 1).

"Bachiller que demuestre afinidad por la matemática y la física, e interés por la programación; el diseño y el modelado por computador; la electrónica y la mecánica, … Además, debe ser responsable, respetuoso y comprometido con su educación" (Universidad Militar Nueva Granada, 2021, p. 1).

La Universidad Javeriana, adiciona aspectos diferenciadores para su Institución y sus futuros profesionales, tal es el caso que involucra al aspirante con el Proyecto Educativo Institucional en el "servicio a la comunidad hacia la transformación social del país y del mundo" (Universidad Javeriana, 2021).

Otros aspectos buscados por las Instituciones son el trabajo en equipo, habilidades comunicativas y motivación para la solución de problemas del entorno social e industrial. (Universidad Autónoma de Occidente, 2021).

Con los insumos de perfil de ingreso y perfil de egreso, se observa en términos generales que las Universidades presentan un diseño curricular basado principalmente en un hilo conductor que toma como base fundamental las necesidades de formación del contexto legal, regional, nacional y mundial para formular el perfil de egreso con algunos elementos diferenciadores dados por la región y el carácter de las Instituciones; posteriormente se tiene una clasificación general ya sea por áreas o competencias macro, las cuales se desglosan en sub áreas que terminan en cursos, los cuales se distribuyen de acuerdo con los créditos que tengan en una "Malla curricular" que responde a los objetivos planteados por cada Institución. Ejemplos de esto son la Universidad Nacional de Colombia y La Universidad de Pamplona; las cuales plantean objetivos que conducen a la formulación de competencias y cursos que permitan al estudiante adquirirlas.

8.3.2 Objetivos de programas de Ingeniería Mecatrónica de las universidades de Colombia

El propósito de la formación de ingenieros mecatrónicos radica en el cumplimiento de los objetivos planteados en los currículos, los cuales se han construido a partir de los requerimientos

del contexto regional y laboral con algunos elementos diferenciadores dados por las características institucionales que llevan a plantear a partir de estos objetivos la clasificación de las áreas de desempeño del ingeniero mecatrónico adaptando así áreas de competencias básicas, genéricas y específicas, que a su vez se reflejan en cursos aislados y propuestos en sus respectivas "mallas curriculares". Los principales objetivos que describen las Universidades en su oferta educativa del programa de Ingeniería Mecatrónica son de acuerdo con (Proyecto Educativo Del Programa Ingeniería Mecatrónica UNAL, 2019)

Participar en el diseño, selección, evaluación, especificación, instalación, montaje, mantenimiento, operación, ensayo y comercialización de equipos y sistemas automáticos, que se fundamentan en la integración de la mecánica y la electrónica.

Participar en la proyección, dirección, organización y administración de empresas, dependencias y sistemas técnicos.

Participar en actividades de asesoría, consultoría e interventoría de proyectos técnicos de automatización o integración.

Participar en actividades de investigación, docencia y capacitación en el área de la Ingeniería Mecatrónica.

Participar en negociaciones sobre tecnología.

La Universidad de Pamplona presenta en concordancia con su proyecto educativo del programa los objetivos para Ingeniería Mecatrónica ("Proyecto educativo del programa programa de ingeniería mecatrónica 2014-2020 (pep)," 2020)

Crear un clima organizacional que permita cumplir la misión del programa y alcanzar su visión.

Fomentar el uso ético y responsable de los recursos del programa.

Elevar el reconocimiento nacional e internacional de los grupos de investigación en los que participa el programa.

Establecer vínculos eficientes con los egresados que permitan mantener la pertinencia del programa, la educación continuada y la interacción social.

Actualizar y mejorar periódicamente los recursos del programa (laboratorios, aulas, material de apoyo, etc.).

Promover la internacionalización del programa, mediante el desarrollo de eventos, convenios e intercambios de docentes y estudiantes.

Impulsar en los docentes y estudiantes el trabajo colaborativo, fundamentado en el respeto de los conocimientos y el aprovechamiento de las habilidades personales.

Promover la formación de valores, la ética, el cuidado del medio ambiente y la responsabilidad en la aplicación de los conceptos.

Aportar al desarrollo tecnológico de la industria regional, mediante la apropiación y generación de nuevo conocimiento.

Fomentar la calidad académica en los estudiantes, haciendo principal énfasis en la apropiación y aplicación de las ciencias naturales como base del conocimiento profesional.

Fomentar el espíritu investigativo, el emprendimiento y la adaptación al cambio como condiciones esenciales para desarrollar el pensamiento innovador y una actitud de liderazgo en los futuros ingenieros.

Respecto al listado de objetivos que plantean las universidades, se resalta que la formación se encamina al fomento de implementar tecnologías de alto impacto en el mundo productivo a partir de diseños mecatrónicos que optimicen y beneficien la calidad y la competitividad de la industria cuidando el medio ambiente y favorezcan a la sociedad con mejores condiciones de trabajo; para ello las universidades se comprometen desde sus currículos a brindar herramientas desde las ciencias básicas, las disciplinas aplicadas y la especificidad conceptual para el desarrollo de productos, el liderazgo, el trabajo en equipo y el aprendizaje autónomo.

8.3.3 Organización y distribución de cursos en los currículos de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

La organización de cursos que se plantean en la organización curricular de las universidades que ofertan el programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia, por lo general se presenta con una distribución de módulos o áreas disciplinares en nivel básico, medio y específico, de lo que se resalta que existe una separación evidente de créditos y cursos. La tabla 4.12, indica algunos de los cursos que plantea cada universidad con los valores porcentuales que corresponden a la discriminación de áreas o módulos.

Tabla 8.12

Clasificación de áreas y sub áreas y valor porcentual de créditos académicos de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Universidad Nacional de Colombia (179 créditos)	
Áreas o componentes	**Sub áreas o cursos**
Componente de Fundamentación 31%	Matemáticas, Probabilidad y Estadística, Física, Ciencias Económicas y Administrativas, Informática y Herramientas para Ingeniería, Expresión Gráfico.
Componente de formación disciplinar 48%	Diseño, Electrónica, materiales, procesos de manufactura, automatización y control, robótica, informática, investigación, innovación y desarrollo tecnológico
Componente de libre elección 20%	Cursos de profundización, cursos de posgrados.
Universidad de Caldas (164 créditos)	
Áreas o componentes	**Sub áreas o cursos**
Componente General 4%	Idiomas, constitución política, Educación ambiental, lectoescritura, pensamiento complejo, introducción.
Componente de Ciencias 30%	Administración, matemáticas, física, circuitos, materiales
Componente profesional 51%	Electrónica, mecánica, informática y mecatrónica
Componente de profundización 15%	Electivas: tecnológicas, de profundización y profesionales
Universidad Militar Nueva Granada (175 créditos)	
Áreas o componentes	**Sub áreas o cursos**
Ciencias básicas 26%	Matemáticas, física y química
Ciencias de la Ingeniería 31%	Materiales, mecánica, electrónica, informática
Ingeniería Aplicada 34%	Sensores, actuadores, control, robótica, Diseño, electivas
Socio Humanística 5%	Ética, Constitución, Humanidades
Económica y administrativa 5%	Economía, finanzas, Gestión tecnológica
Universidad de Pamplona (164 créditos)	
Áreas o componentes	**Sub áreas o cursos**
Ciencias básicas 14%	Cálculo, mecánica, oscilaciones y ondas, electromagnetismo
Ciencias básicas de Ingeniería 23%	Programación, mecánica, electrónica, procesos de manufactura, diseños, estadística
Socio humanísticas 13%	Habilidades comunicativas, inglés, socio humanística, deporte, cultura y paz, electivas
Asignaturas profesionales 50%	Introducción, dibujo, programación, control, robótica, redes, automatización, diseño mecatrónico, electivas.
Universidad Javeriana (136 créditos)	
Áreas o componentes	**Sub áreas o cursos**
Núcleo fundamental 82%	Cursos en ciencias básicas, ciencias básicas de la ingeniería, sistemas electrónicos, sistemas

	mecánicos, automática e informática industrial, diseño en ingeniería y asignaturas institucionales.
Énfasis 7%	Sistemas electrónicos (Diseño de dispositivos electrónicos, control industrial, procesamiento de información). Automática e informática industrial (Automatización, requerimientos e integración de procesos). Manufactura avanzada (estudio de los diversos dispositivos y procesos que permiten la implantación de la cuarta revolución industrial).
Complementaria 7%	Administración, economía, ecología, emprendimiento, diseño industrial, matemáticas, otras áreas de ingeniería, artes y lenguas.
Electivas 4%	Libre escogencia del catálogo de la universidad sin prerrequisito, que contribuyen a la formación integral de intereses cultural, artístico o disciplinares.

Universidad Mariana (158 créditos)

Áreas o componentes	**Sub áreas o cursos**
Área de ciencias básicas 19%	Matemáticas y física
Área de ciencias básicas de ingeniería 28%	Electrónica, mecánica, programación
Área de ingeniería aplicada 30%	Robótica, Diseño mecatrónico, automatización, control, práctica, investigación
Área institucional 4%	Desarrollo humano, pensamiento filosófico, humanismo cristiano, ética y profesión
Área de formación complementaria 4%	Lectoescritura, proyectos, plan de negocios
Área de electivas 15%	Complementarias y de profundización

Universidad de Boyacá (172 créditos)

Áreas o componentes	**Sub áreas o cursos**
Área de ciencias básicas 20%	Matemáticas, física, química
Área de ciencias básicas de ingeniería 22%	Expresión oral y escrita, expresión gráfica, CAD, mecánica, mediciones, producción, programación, simulación, materiales, procesos.
Área de ingeniería aplicada 35%	Introducción, taller, electrónica, mecanismos, robótica, redes, control, oleo neumática, proyecto mecatrónico, automatización, práctica profesional.
Área de formación investigativa 9%	Lógica, informática, estadística, seminario, opción de grado
Área de formación complementaria 14%	Formación integral, humanidades, ética, constitución, inglés, electivas.

Universidad Autónoma de Occidente (156 créditos)

Áreas o componentes	**Sub áreas o cursos**
Ciencias básicas 18%	Matemáticas, física, sistemas dinámicos, estadística

Básicas de ingeniería 28%	Introducción, diseño conceptual, circuitos, mecánica, algoritmia y programación, ambiente y desarrollo sostenible, electivas
Humanísticas y administrativas 24%	Desarrollo personal, expresión oral y escrita, ética, constitución, humanidades, formulación y evaluación de proyectos, gestión, administración, inglés.
Profesionales 30%	Control, instrumentación, actuadores, robótica, electrónica, microcontroladores, diseño mecatrónico, electivas.
Universidad EIA (179 créditos)	
Áreas o componentes	**Sub áreas o cursos**
Ciencias básicas 23%	Matemáticas, física, biología, química, estática, ondas
Ciencias Básicas de ingeniería 20%	Programación, expresión gráfica, estadística, modelos y simulación, señales, circuitos, electrónica, materiales, termofluidos,
Formación económica y administrativa 7%	Economía general, administración general, contabilidad y finanzas, formulación y evaluación de proyectos.
Formación socio humanística 6%	Comunicación y ciencia, hombre cultura y sociedad, legislación, geopolítica, ética.
Formación para la investigación 2%	Metodología de la investigación, seminario de trabajo de grado.
Ingeniería aplicada 33%	Modelos y simulación numérica, control, sistemas inteligentes, Diseño mecánico, CAE, instrumentación y automatización industrial, Robótica, diseño mecatrónico, oleoneumática, procesos de transformación, comunicaciones y redes, proyectos de ingeniería, optativas.
Formación complementaria 9%	Sistemas de proyectos especiales

Nota: La información descrita en la tabla se extrae y procesa de acuerdo con las mallas curriculares de las distintas universidades: (UNAL, 2022), (Caldas, 2019), (Militar Nueva Granada, 2022), (Pamplona, 2020), (Javeriana, 2021), (Mariana, 2022), (Boyaca, 2021), (UAO, 2018) y (EIA, 2017).

Históricamente el currículo de Ingeniería Mecatrónica desde su origen ha sido fuente de modificaciones y actualizaciones, en general se observa algunos cambios que se enmarcan en la reglamentación generada por el Ministerio de Educación Nacional y propias del contexto; como ejemplo de reformas curriculares se toma de referente el histórico de la Universidad Autónoma de Occidente, la cual ha sido pionera en Colombia y en su Proyecto Educativo de Programa PEP 2018 se hace referencia a los cambios al currículo principalmente basados en estrategias que fomenten

la creatividad, el aprendizaje activo y por proyectos; sin embargo, se identificará en la lectura que dichos cambios persisten en aspectos prescritos y aislados.

El currículo particularmente de la Universidad Autónoma de Occidente se remonta al contexto del surgimiento de la Mecatrónica en la academia desde su inicio en laboratorios de investigación de las Universidades Japonesas sin oferta de pregrado o posgrado, hasta que en 1983 se ofrece Ingeniería Mecatrónica en "Toyohashi University of Technology", luego en 1986 la Universidad Católica de Lovaina, en Bélgica, ofrece un posgrado y en 1989 desde el programa de Ingeniería Mecánica ofrece una opción de grado en Mecatrónica. Por otra parte, además de la creación de pregrados y posgrados se recalca la importancia desde el currículo de la creación de laboratorios y centros de investigación en Mecatrónica, como lo es el caso en 1984 donde Suiza crea en Zúrich el primer grupo de investigación de Europa en Mecatrónica, aunque desde 1980 Alemania y Finlandia ya trabaja en estos campos. (Proyecto Educativo del Programa de Ingeniería Mecatrónica UAO, 2018).

De igual manera en 1989 tanto en Inglaterra como en América Latina se ofrece el primer pregrado de Ingeniería Mecatrónica en The University of Lancaster y la Escuela Politécnica de la Universidad de Sao Paulo Brasil. Con estos referentes, a partir del segundo semestre del año 1997, Las universidades Autónoma de Occidente y la Militar Nueva Granada ofrecen el primer programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia con la definición como disciplina así: "Las Ingenierías en Mecatrónica y en Automatización se definen como la integración sinérgica de la mecánica, la electrónica, los sistemas de control y la informática, con el fin de concebir, diseñar, implementar y operar productos y procesos inteligentes que mejoren el sector productivo y las condiciones de vida para el desarrollo de una sociedad sostenible." (ACOFI, 2010).

La apertura del programa en la Universidad Autónoma de Occidente, se inicia con el estudio para la oferta y apertura del programa desde 1994 con base en los programas de Ingeniería Mecánica y Electrónica, quienes dos años más tarde tienen la aprobación para solicitar el registro al MEN que posteriormente permite la apertura en 1997 y que en 2008 es acreditado como programa de alta calidad y reacreditado en 2014 y 2020.

El proyecto de creación del programa, se basa principalmente en un estudio de tesis en Ingeniería Industrial del año 1994 denominado "Estudio para el ofrecimiento del programa de pregrado en ingeniería mecatrónica" que identifica principalmente necesidades en la región del Valle del Cauca basadas en la carencia de:

Ingenieros capaces de suplir la dependencia tecnológica en los campos del diseño y la asesoría, con altas calidades humanas capaces de proyectarse en el campo social y de interactuar armoniosamente con sus compañeros de trabajo; con espíritu empresarial, facilitadores del desarrollo de la electrónica nacional en campos diferentes al mantenimiento y la copia tecnológica, con actitudes y aptitudes para la innovación, con herramientas idiomáticas capaces de actualizarse tecnológicamente en forma continua y de interactuar con pares de cualquier parte del mundo; con manejo adecuado del computador como herramienta para la ingeniería.

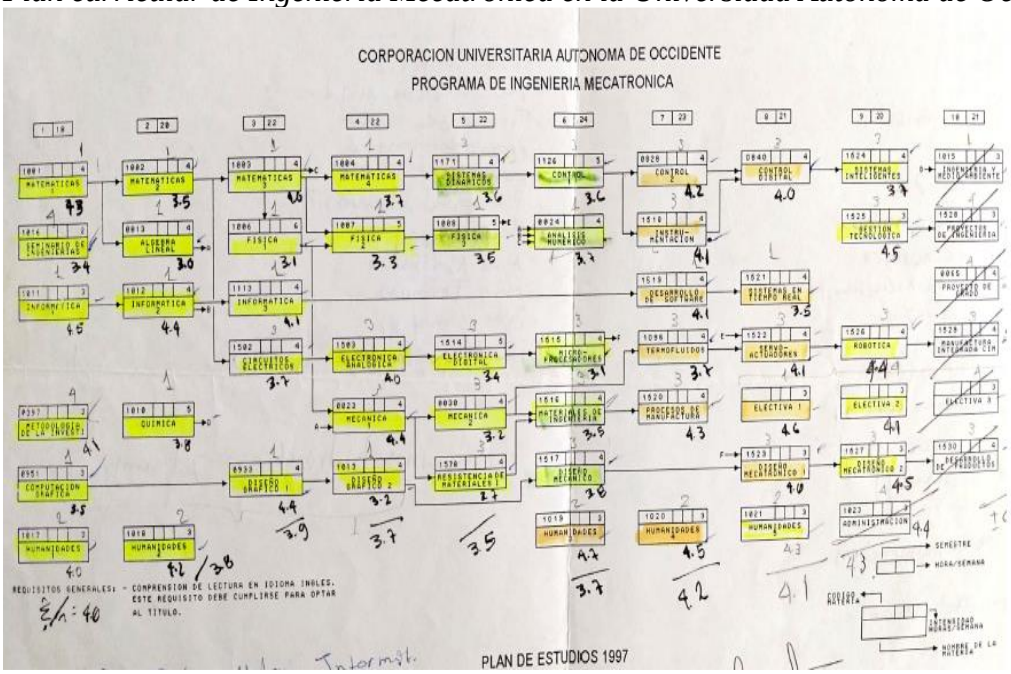
En el contexto de las necesidades, se plantea un perfil ocupacional basado en "Diseño de dispositivos, máquinas, equipos y procesos dotados de un nivel de "inteligencia" que les permita adaptarse al entorno el que operan, garantizando su funcionamiento óptimo; además se tiene en cuenta la planeación y puesta en marcha de nuevos procesos, especificando sus procedimientos y técnicas y los equipos requeridos; Brinda asesoría, Investigación y es gestor de nuevas empresas, Administrador y adaptador de nuevas tecnologías y es interlocutor con pares a nivel internacional". (Proyecto Educativo del Programa de Ingeniería Mecatrónica UAO, 2018, p. 19).

En el proceso curricular la Universidad define el perfil profesional para formar en áreas de control, automatización y diseño de productos mecatrónicos. Así, "el ingeniero mecatrónico sería un profesional integral, con aptitudes transformadoras e impulsadoras del desarrollo continuado de su entorno con visión integradora en los campos del diseño, planificación, y asesoría, con actitudes y aptitudes investigativas y con iniciativa para la creación de nuevas empresas, capaz de interactuar con su entorno local e internacional en lo técnico y en lo personal". (Proyecto Educativo del Programa de Ingeniería Mecatrónica UAO, 2018, p. 25).

Finalmente, la Universidad presenta una "malla curricular" basada en la distribución de cursos por número de horas de clases semanales y a 10 semestres como se indica en la figura 8.1.

Figura 8.1

Plan curricular de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Autónoma de Occidente 1997



Nota: Fuente esta investigación.

En la estructura propuesta se observa principalmente un sistema de cursos secuenciales y restringidos aislados, dando indicio de poca cohesión entre ellos, lo que genera inquietudes sobre el manejo de la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad en el programa, además se observa una separación dada por los prerrequisitos y líneas marcadas en el área de control desde las matemáticas, la física y los cursos específicos de control hasta sistemas inteligentes y robótica. Otra área que se marca es la de informática que inicia con informática 1 y finaliza con desarrollo de software y sistemas de control en tiempo real.

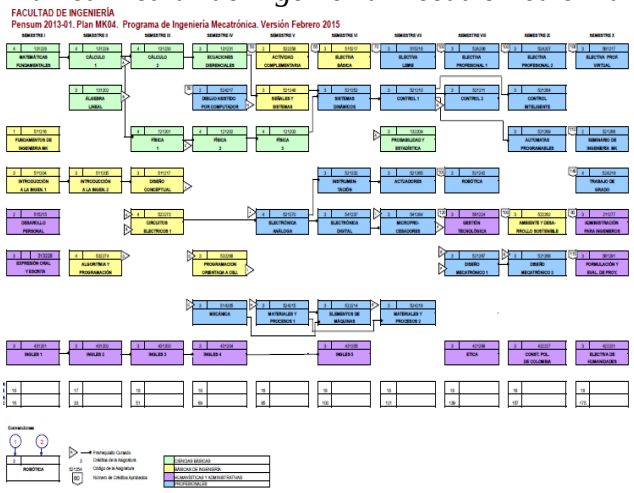
Otras líneas que referencia el programa son la electrónica y la mecánica independientemente y que al final se integran en curso de robótica y diseño mecatrónico. Finalmente se identifica la línea de humanidades aislada totalmente del currículo.

La primera reforma al programa de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Autónoma de Occidente se da en el año 2003 y principalmente se fundamenta en criterios de flexibilidad curricular y la implementación de créditos académicos para un currículo por competencias considerando un cambio de “lo informativo a lo formativo”, para ello el programa apuna a la metodología de enseñanza de “Aprendizaje Basado en Problemas” y el diseño como elemento integrador por medio de la creatividad y la innovación.

Con el fin de adaptar el currículo el programa plantea 4 competencias generales denominadas 1. Técnica y metodológica (aborda matemáticas, ciencias naturales y ciencias de la ingeniería; uso de tecnologías modernas, información y comunicación). 2. Personal (flexibilidad, cultura general, disposición para el aprendizaje a lo largo de la vida, movilidad, credibilidad y responsabilidad); 3. Gestión (forma habilidades en toma de decisiones, análisis y evaluación, pensamiento estratégico y de negociación); 4. Social (persistencia, intuición, habilidades interculturales, de negociar acuerdos y compromisos, y trabajar en equipo).

Figura 8.2

Plan curricular de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Autónoma de Occidente 2013



Nota: Fuente (UAO, 2022)

En el año 2013 se da una nueva reforma al programa basado en los criterios de acreditación de alta calidad y las nuevas atendencias de la profesión respecto a fortalecer las capacidades para "afrontar nuevas formas de hacer negocios y resolver problemas", para ello se plantean dos áreas de formación una básica y otra profesional, en las cuales se discriminan 4 componentes. Los principales ajustes para el programa de Ingeniería Mecatrónica radican en:

Dado que se identifica que, para el primer año en las ingenierías Mecatrónica, Electrónica, Mecánica, Industrial, de Producción e Informática todos los cursos son comunes, por tanto, se ofertan los cursos a la facultad sin clasificar por ingeniería, además se elimina el curso de química de mecatrónica dado que sus temáticas se abordan en los cursos de materiales de ingeniería.

Asignaturas nuevas: de Desarrollo Personal, Expresión oral y escrita, un curso de electiva básica, Actividad complementaria, Ambiente y Desarrollo Sostenible, Electiva Virtual, Autómatas Programables.

Cambio de denominación a cursos de matemáticas.

Curso común de algoritmia y programación y el Curso de Programación Orientada a Objetos que reemplazan a Informática 1 y 2.

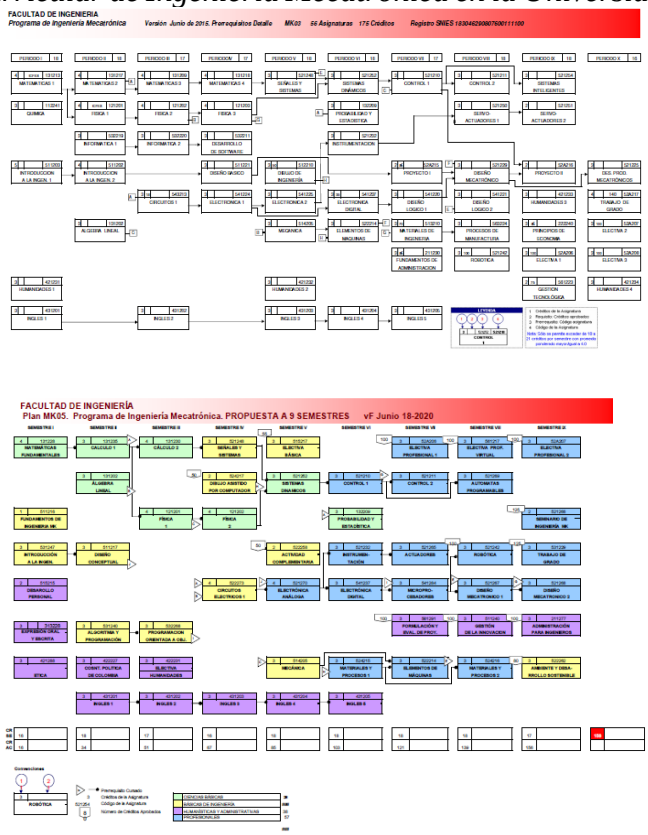
Unificación de las asignaturas Administración para ingenieros, Gestión tecnológica y Formulación de Proyectos por Área Económico Administrativa.

Otros ajustes en áreas y líneas son:

El área de humanidades queda compuesta por tres cursos, dos obligatorios y uno electivo. Línea De Electrónica: Aumento de 3 a 4 créditos en el curso de Circuitos, Unificación de Electrónica 1 y 2 en Electrónica Análoga con 4 créditos, Diseño lógico cambia de denominación a Microprocesadores y Diseño lógico 2 por electiva en procesamiento digital de señales. Línea de mecánica: La Universidad detecta que los cursos de mecánica se dan sin mayor cambio para el perfil de mecatrónica, por tanto se introduce CAD para construir prototipos virtuales y los cursos de mecánica basaran la formación en análisis de elementos de máquinas, dimensión y selección de elementos en proyectos mecatrónicos y el reconocimiento de características y tipos de materiales, conocer los mecanismos de transformación en un producto o prototipo funcional que un ingeniero Mecatrónico puede utilizar dependiendo de la necesidad. El curso de servoactuadores 1 y 2 se reduce a un curso denominado Actuadores, encaminado a la selección de dispositivos en mecatrónica y eliminando temáticas de electrónica de potencia que no son pertinentes para el perfil del ingeniero mecatrónico. El curso de Sistemas inteligentes se cambia por Control inteligente para dar continuidad a cursos de Control 1 y 2. Se crea el curso de Diseño conceptual común a todas las ingenierías y elimina el curso de desarrollo de productos dado que su temática se aborda en Formulación y Evaluación de proyectos. Sin ir al detalle de los cursos, por una simple percepción del sistema curricular se observa una estructura similar en cada reforma y las propuestas realizadas por las Instituciones son en forma general cambios metodológicos que podrían enmarcarse desde el micro currículo, puesto que a nivel macro existe el mismo formato como lo indica la figura 8.3.

Figura 8.3

Plan curricular de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Autónoma de Occidente 2015 y 2018



Nota: Fuente (UAO, 2022)

Los ajustes realizados hacen referencia principalmente a cambios en denominaciones de cursos y actualizaciones, sin embargo, es evidente que en Colombia el programa de Ingeniería Mecatrónica persiste en su formulación aislada de cursos y una evidencia es la comparación visual de “Mallas curriculares” que se presentan de forma histórica recopiladas como ejemplo de la Universidad Autónoma de Occidente. En las que desde la figura 8.1 a 8.3 se tiene el mismo esquema de cursos separados temporalmente y por áreas de conocimiento, lo que hace inferir que dadas las condiciones administrativas de las Instituciones no es fácil implementar un sistema curricular que propenda por la interdisciplinariedad, sino que se realizan ajustes y estrategias metodológicas para la formación de profesionales que tendrán el reto de la transdisciplinariedad en su ejercicio profesional basado en el fortalecimiento de las competencias de aprendizaje autónomo.

9. SISTEMATIZACIÓN DE DATOS DOCUMENTALES

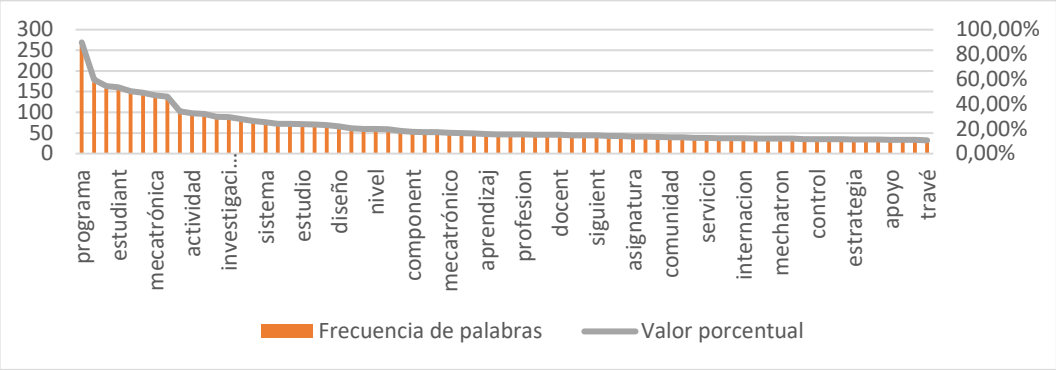
Las Universidades en Colombia rigen la promoción de sus programas mediante el registro calificado o de alta calidad otorgado por el Ministerio de Educación Nacional MEN, para ello cada programa presenta el denominado "Documento Maestro" en el cual está consignada toda la información desde la denominación, justificación, aspectos curriculares y demás características que tiene la Universidad de acuerdo con los decretos expedidos por el MEN. Acorde a este documento en general los programas universitarios realizan el Proyecto Educativo del Programa PEP el que consigna información relacionada y que define al programa que cada Institución oferta.

Para el desarrollo y categorización desde la información documental PEP, desde el contexto metodológico y la importancia de estos documentos para los programas de Ingeniería Mecatrónica, se considera una muestra de 8 Universidades seleccionadas con criterios de calidad, pertinencia, tradición y contexto regional, para ello se seleccionan las Universidades: Autónoma de Occidente, De Pamplona, Nacional de Colombia, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Tecnológica de Pereira, Militar Nueva Granada, Mariana y finalmente la Universidad Técnica del Norte de Ibarra Ecuador que por su contexto regional y de frontera es referencia internacional dada la facilidad de acceso a información tanto documental como personal.

En el marco de la documentación recolectada de las Universidades Colombianas con el programa de Ingeniería Mecatrónica se procede a desarrollar una codificación inicial inductiva de la revisión de los documentos para ello se busca conceptos en los diferentes textos sin tener en cuenta la teoría ni percepciones personales. En este sentido se inicia por tomar de referente la frecuencia de aparición de palabras en los documentos para tener una idea inicial de codificación abierta en búsqueda de la particularidad hacia la generalidad y como expresiones de los sujetos expresadas en los documentos; posteriormente para reducir el listado de códigos por conocimientos previos de Ingeniería Mecatrónica, se realiza una codificación axial por medio de búsqueda activa y sistemática de relaciones entre códigos por comparación constante para el establecimiento de subcategorías, las que posteriormente se seleccionan y agrupan por medio de relaciones para definir las categorías centrales de análisis y establecer finalmente las redes que relacionan en conjunto. Como ejemplo del conteo de palabras se indica la frecuencia de aparición de palabras del documento PEP de la Universidad Autónoma de Occidente.

Gráfico 9.1

Conteo de palabras frecuentes encontradas en PEP Programa de Ingeniería Mecatrónica UAO.



Nota: La información se procesa del documento PEP (UAO, 2018).

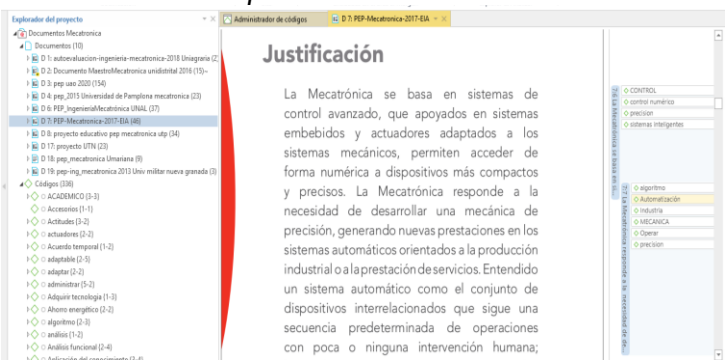
En el PEP de la Universidad Autónoma de Occidente se resaltan palabras claves como Mecatrónica, sistemas, investigación, Diseño, Servicio, Control y estrategia; las cuales dan una ligera idea de códigos a identificar en la lectura detallada del documento. De igual manera se realiza este conteo de palabras clave para el resto de documentos PEP en otras universidades como se indica en el anexo C.

9.1 Codificación inductiva para la relación de categorías

Posterior a tener una idea general de algunas palabras claves, se procede a realizar una lectura detallada de los diferentes documentos para resaltar en frases y párrafos los códigos o "datos de la investigación" pertinentes, para ello se tiene apoyo de la herramienta del software Atlas. Ti, en el cual se ingresan los documentos y su codificación como se indica en la figura 9.1 y 9.2.

Figura 9.1

Codificación abierta en software Atlas.Ti.



En esta etapa se obtiene 336 códigos, de los cuales se resaltan los de mayor densidad (frecuencia de aparición) en la relación entre ellos en los documentos como se indica en la figura 9.2.

Figura 9.2

Muestra de la densidad de códigos en Atlas.Ti.

Nombre	Enraizamiento	Densidad	Grupos
MECATRONICA	39	24	[Herramientas] [PROGRAMA]
Diseño	32	20	[Competencias] [Diseño] [Herramientas] [Integralidad] [Mecatrónica]
Integralidad	25	16	[Integralidad]
horizonte epistemologico	1	15	[Integralidad] [Mecatrónica] [Metodologías]
Sinergia	9	14	[Diseño] [Metodologías]
COMPETENCIA	20	13	[Competencias] [Integralidad] [Mecatrónica] [Metodologías] [PROGRAM
Herramienta	5	11	[Diseño] [Herramientas] [Metodologías]
Automatización	20	11	[Competencias] [Herramientas] [Mecatrónica]
Componente currucular h...	1	10	[Integralidad] [Metodologías] [PROGRAMA]
aprendizaje desde el hacer	1	10	[Competencias] [Diseño] [Integralidad] [Mecatrónica] [Metodologías]
INVESTIGACION	10	9	[Metodologías] [PROGRAMA]
conocimientos solidos par...	2	9	[Diseño] [Metodologías]
Productos mecatrónicos	7	8	[Diseño] [Integralidad] [Mecatrónica]
metodologias prácticas	1	8	[Diseño]
Interacción	4	7	[Diseño] [Integralidad]
optimizar	3	7	[Competencias] [Herramientas] [Mecatrónica]
MECANICA	17	7	[Herramientas] [PROGRAMA]
capital humano para la pro...	1	7	[Integralidad] [Metodologías]
robotica colaborativa	1	7	[Herramientas]
Diseño curricular	20	7	[Herramientas] [Integralidad]

Se observa que el código “Mecatrónica” es el que mayor relación presenta, seguido de “Diseño”, “Integralidad”, etc. Con esto se define que existe mayor relevancia en características del programa tales como el enfoque sobre el diseño mecatrónico, el carácter de integralidad en el currículo, algunos términos de semejanza como la automatización, además de elementos que permiten la definición de mecatrónica como son la sinergia y los productos mecatrónicos.

Los códigos, al tener una relación directa en los diferentes documentos y entre ellos, permiten definir en este caso 7 categorías por asociación de datos visibilizados en los códigos, y cada categoría a la vez genera subcategorías así: 1- **Diseño para mecatrónica** con las subcategorías denominadas Integralidad, Procesos, Objetos de diseño, Características del diseño mecatrónico, Cualidades administrativas y Herramientas; 2- **Herramientas para el programa** con las subcategorías denominadas Informática, Tecnología, Mecánica, Electrónica, Automatización, Administrativa, Integradora y Genérica; 3- **Metodologías de enseñanza aprendizaje**, presenta las subcategorías de Transversalidad, Herramientas pedagógicas, Competencias y Aprendizaje dialógico; 4- **Integralidad**, conformada por las subcategorías de Que es integralidad, Que favorece la integralidad, Que genera integralidad, Objetivos de integralidad en mecatrónica y Currículo integral; 5-**Competencias** con las subcategorías de Estrategias, Competencias actitudinales, competencias tecnológicas y Competencias de integralidad; 6-

Programa curricular compuesto por las subcategorías de Competencia, Académico, Plan y Mecatrónica. Finalmente 7- **Mecatrónica como profesión** con las subcategorías denominadas Características, Requerimientos, Programa académico, Competencia, Metodologías. En el anexo D, se observa la relación entre los códigos asociados a las subcategorías por cada categoría mencionada.

Las categorías que se extraen de la documentación permiten generar conceptos propios del programa de Ingeniería Mecatrónica de manera inductiva y por relación de códigos y subcategorías, así:

Diseño para mecatrónica, permite considerar que en mecatrónica el diseño se caracteriza por ser Integral fundamentado en la interdisciplinariedad como eje articulador en el intercambio de experiencias dadas en la interacción del trabajo en equipo, la visión sistémica y la proactividad en un sistema holístico y concurrente. Además, se enmarca en el uso de diferentes herramientas para la transformación de las ideas en productos y en el caso de los procesos de manufactura se caracterizan por tener en cuenta los materiales, ahorro energético, producción limpia, sustentabilidad y sostenibilidad, aprendizaje desde el hacer y el desarrollo de productos novedosos modernos en pro de la calidad de vida de las personas.

Herramientas para el programa, en función del uso en diseño son: la simulación, el modelado, algoritmos heurísticos, dibujo, manufactura y estudio apoyado en computador, ciencias del conocimiento básico y experimental, además del diálogo permanente en un equipo de trabajo en las diferentes etapas del diseño conceptual, detallado y de validación junto a la transferencia del conocimiento, es decir habilidades blandas. Por otra parte, la Ingeniería Mecatrónica requiere de las disciplinas que la integran, tales como la informática, la mecánica y la electrónica, junto a elementos tecnológicos, aspectos genéricos en la ingeniería y herramientas de integración de disciplinas tales como proyectos, investigación, relaciones con sector externo y un componente administrativo.

El programa de Ingeniería Mecatrónica basa las **metodologías de enseñanza- aprendizaje** en herramientas de la transversalidad y el aprendizaje autónomo propios del modelo constructivista y por competencias, para lo cual se encuentra elementos administrativos en la ejecución práctica de proyectos y solución de problemas que integran las distintas disciplinas.

La **integralidad** es una visión sistémica abordada desde un horizonte epistemológico de la Ingeniería mecatrónica como nueva disciplina del conocimiento que combina de manera

concurrente los conocimientos sin restricciones, correlacionando las ciencias en el desarrollo de productos bajo criterios de diseño en un acuerdo temporal, caracterizados por su adaptabilidad desde lo holístico pero versátil y enfocados a la calidad de vida. Se favorece por el aprendizaje desde el hacer, el trabajo en equipo, la experiencia, la cultura de indagación, la creatividad, la colaboración, el diálogo; aspectos relacionados con metodologías basadas en el aprendizaje por problemas y proyectos en un contexto de competencias. La **integralidad** en Mecatrónica genera aprendizaje significativo, apropia, divulga y desarrolla el saber científico con capacidad crítica en medio del diálogo y el liderazgo para el desarrollo de nuevos productos mecatrónicos competitivos y con estándares en su producción. El objetivo principal de la **integralidad** en Mecatrónica radica en diseñar y mejorar nuevos productos y procesos mecatrónicos con identidad propia y de alta tecnología sostenibles y competentes.

Programa curricular, se enmarca en una estructura dinámica que fortalece la identidad de las disciplinas clásicas como capital cultural y social. Considera en la formación los componentes: básico, fundamental, de investigación formativa, de énfasis, humanista y articula las ciencias básicas y experimentales en productos con ciclos de vida definidos.

Competencias, se identifican para Ingeniería Mecatrónica inicialmente que existen áreas de formación discriminadas como básicas, profesionales, de ingeniería, socio humanística, ciencias experimentales de competitividad y de diseño. De allí que se desprenden las competencias básicas, genéricas y específicas y unas transversales como idioma extranjero, liderazgo y del saber ser, saber y servir, competencias actitudinales, tecnológicas y las de integralidad. Para ello las estrategias de enseñanza-aprendizaje, se fortalecen en el aprendizaje activo por proyectos y problemas que dan a mecatrónica la identidad como profesión en la universalidad.

Mecatrónica como profesión, en los documentos se refiere a un programa profesional de formación integral e interdisciplinario por competencias y metodologías para el aprendizaje basadas en problemas y proyectos cuyo objeto de estudio es el diseño de procesos y productos mecatrónicos relacionados con el grado de automatización que tengan desde una visión sistémica con un horizonte epistemológico holístico que para cumplir con la integralidad recurre al diseño concurrente y al liderazgo en el trabajo en equipos multidisciplinarios.

9.2 Redes semánticas por subcategorías de códigos

Por medio de las diferentes relaciones que existen entre los códigos y grupos de códigos, con ayuda del software Atlas.Ti versión 8.4 para Windows, se realizan 7 redes para reafirmar el flujo de información hacia las categorías centrales que se han denominado previamente por la densidad de códigos y palabras asociadas. A partir de las categorías se construye una red para cada categoría usando tanto sus códigos y sus subcategorías definiendo 7 redes así: 1. Red de Competencias, 2. Red de herramientas y complementos a mecatrónica, 3. Red de Diseño mecatrónico, 4. Red de Metodología para Ingeniería Mecatrónica, 5. Red de Integralidad, 6. Red de epistemología y 7. Red de Programa de Ingeniería Mecatrónica. Las representaciones gráficas y su descripción se indican en el anexo D numeral 8.

En términos generales, las redes semánticas permiten identificar aspectos de importancia respecto al programa de Ingeniería Mecatrónica y correlacionarlos entre sí, tales como la integralidad en los currículos agenciados dados en relación al desarrollo de competencias en las áreas básicas, genéricas y específicas apoyadas en el diseño de productos con metodologías concurrentes y considerando al ser humano y su buen vivir, es decir la consideración efectiva de las competencias técnicas y blandas como el trabajo en equipo, el liderazgo y las habilidades comunicativas. Esto explica la naturaleza transdisciplinaria que no únicamente se enfoca en las relaciones entre las disciplinas sino la relación con la globalidad de los problemas de la humanidad y como la trascendencia de las disciplinas permite dar soluciones afectadas por la tecnología, las ciencias naturales y las ciencias sociales.

Como herramientas asociadas al efectivo desarrollo del programa se evidencia la importancia del uso de laboratorios como estrategias que desarrollan competencias y las relaciona directamente con las metodologías de aprendizaje y enseñanza del diseño de productos mecatrónicos en dirección a la solución de diferentes problemas de contexto, y con un aporte fundamental basado en la autonomía del producto y la integralidad de las disciplinas que le aportan al producto. Esto conlleva a la comprensión de la necesidad de la vinculación directa de la investigación para el logro de soluciones mecatrónicas con autonomía.

En el programa de Ingeniería Mecatrónica, para el cumplimiento del propósito de la integración disciplinar, se evidencia como base fundamental el diseño y rediseño de productos mecatrónicos en el que confluyen distintas disciplinas y dan al ingeniero mecatrónico la principal característica como construcción mental y epistemológica de sinergia como capital cultural en su

formación. A esto se adiciona el asumir un currículo con sentido crítico y flexible que involucre la importancia de descubrir y especificar las diferentes necesidades de un producto mecatrónico que aborde distintas disciplinas desde el diálogo y el aprendizaje activo en las fronteras del conocimiento y su dinámica.

Finalmente, las redes semánticas construidas en cada categoría permiten asociar, y correlacionar información que explican a la Ingeniería Mecatrónica como un concepto amplio rodeado de aspectos tanto curriculares como del ejercicio profesional que se enmarcan en el desarrollo de competencias tanto tecnológicas, científicas y blandas para la formación de ingenieros que diseñen productos mecatrónicos que brinden soluciones holísticas a problemas globales. El conjugar desde la formación, el ejercicio de la profesión y la investigación permiten percibir los campos de la transdisciplinariedad en las fronteras de las disciplinas.

10. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN PRIMARIA

La información recolectada de las fuentes primarias se basa principalmente en tres instrumentos, el primero es por medio de entrevistas personales semiestructuradas, en las que se seleccionan a docentes del programa de ingeniería mecatrónica de distintas universidades en Colombia, para ello se tiene en cuenta la experiencia que tienen en la creación y participación en procesos para el registro calificado del programa, procesos de autoevaluación, de acreditación, de renovación de registro, entre otros.

Los docentes seleccionados son una muestra de las principales universidades del País, cuentan con experiencia tanto en el sector industrial como en docencia con cargos directivos como decanos, directores de programa, directores de investigación entre otros. El propósito de las entrevistas semiestructuradas es encontrar relaciones entre los aspectos de interdisciplinariedad en el programa y las tensiones que se puedan generar entre las disciplinas que hacen parte de la Ingeniería Mecatrónica y así poder definir aspectos como el objeto de estudio y directrices de las tensiones curriculares como trabajo de frontera que logra la interdisciplinariedad. Para esto se desarrollan entrevistas a 16 profesores del programa de Ingeniería Mecatrónica de las 8 universidades de la muestra (Autónoma de Occidente, Pamplona, Nacional, Universidad Piloto, EIA, UTP, Militar Nueva Granada, Mariana y como referente internacional se adiciona a la Universidad Técnica del Norte de Ibarra-Ecuador). Dado que el método de análisis de la teoría fundamentada permite realizar varias entrevistas hasta lograr la saturación conceptual, se desarrollan múltiples conversaciones con docentes de gran experiencia en el campo profesional, diseño curricular y directivo. Esto permitió validar instrumentos para comprender el efecto curricular sobre la integralidad, las tensiones en el marco del dialogo disciplinar y de la investigación como fundamento que propende por el logro de la transdisciplinariedad.

Como segundo instrumento se desarrolla una encuesta aplicada a docentes, estudiantes y egresados del programa de ingeniería mecatrónica. Esto con el fin de encontrar los aspectos que enmarcan a la interdisciplinariedad y la evidencia de tensiones entre las disciplinas que conforman a la mecatrónica. Para este fin se desarrollan inicialmente pruebas piloto de entrevistas no formales a 10 docentes del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Mariana, y a 2 docentes de la Universidad Técnica del Norte con el fin de establecer un instrumento de encuesta para estudiantes, sin embargo se establece por medio de observación directa a cerca de 500 estudiantes de todos los semestres de las dos universidades indicadas que la información pertinente se obtiene

de los semestres avanzados, por tanto se realiza una búsqueda de docentes, estudiantes y egresados de las Universidades de muestra que aporten a la conceptualización sobre la transdisciplinariedad en Ingeniería Mecatrónica, encontrando a 19 personas idóneas previamente entrevistadas y que brindan información coherente y pertinente con los objetivos de esta tesis.

En tercer lugar, se realiza una revisión de entrevistas publicadas en redes sociales a ingenieros mecatrónicos y docentes de mecatrónica de diferentes regiones, en particular se toma como referente a la Universidad Nacional de Colombia y la participación de algunos ingenieros mecatrónicos en México, esto con el propósito de identificar semejanzas del programa con referentes internacionales cercanos.

Las entrevistas y encuestas para la recopilación de la información personal se diseñan a partir de los resultados obtenidos en la información extraída de los datos documentales, tomando como referencia los códigos, las categorías, las subcategorías y la asociación entre estos en las redes semánticas obtenidas a partir de la codificación inductiva. Esto permite encaminar las percepciones de los profesionales, profesores y estudiantes hacia la explicación de las causas y los efectos de la transdisciplinariedad y los procesos para alcanzarla en la Ingeniería Mecatrónica de acuerdo a los perfiles profesionales descritos en los currículos formales. Por tanto, las explicaciones realizadas en los diálogos permanentes con expertos en mecatrónica concluyen el ethos de la transdisciplinariedad de este programa profesional en relación a las tensiones disciplinares.

10.1 Análisis de entrevistas semiestructuradas

Como instrumento de entrevista se presenta algunas preguntas generales a los 16 participantes con el fin de escuchar sus apreciaciones sobre Ingeniería Mecatrónica, para ello se inicia con solicitar información de experiencia en el programa, luego se habla de estrategias didácticas para aprendizaje y enseñanza de la Ingeniería Mecatrónica, se aborda la interdisciplinariedad, flexibilidad, formación y experiencia de docentes, currículo, objeto de estudio, normatividad y finalmente se solicita la percepción sobre las tensiones curriculares y que repercusión generan en la transdisciplinariedad.

Como análisis se realiza una categorización basada en la codificación inductiva que surge de la información, la que se encuentra en la revisión documental anterior, seleccionando categorías de análisis relacionadas con: las estrategias para lograr la interdisciplinariedad y la generación de

tensiones y cómo se resuelven; siendo estas las categorías fundamentales para la explicación y comprensión de la naturaleza transdisciplinaria de Ingeniería Mecatrónica.

En este sentido se identifica y nombra 15 categorías extraídas concluyentes de los comentarios realizados por parte de los entrevistados sobre el programa de Ingeniería Mecatrónica y de las que se describe principalmente el objeto de estudio y las tensiones, así:

- Competencias como el desarrollo a lo largo de la vida.
- Convenios externos.
- Desarrollo de Proyectos interdisciplinarios.
- Docentes con formación diversa.
- Especificidad.
- Estabilidad.
- Estrategias.
- Flexibilidad.
- Habilidades blandas.
- Integrador tecnológico.
- Aspectos contribuidores de la interdisciplinariedad.
- Áreas técnicas.
- Metodologías concurrentes.
- Objeto de estudio.
- Tensiones.

Cada una de las categorías identificadas enmarcan los comentarios de los 16 entrevistados y explican la naturaleza de la Ingeniería Mecatrónica concluyendo en la fundamentación de la transdisciplinariedad y como se logra, para ello a continuación se indica lo relacionado con el objeto de estudio de esta ingeniería y las tensiones como categoría central inherente en la comprensión de su naturaleza. La descripción de las categorías y caracterización profesional se puede verificar en el anexo E.

10.1.1 Objeto de estudio

El objeto de estudio de la mecatrónica se ha enmarcado en los sistemas y productos mecatrónicos

> así la red RIMA muestra que son los sistemas Mecatrónicos, es decir, aquellos elementos, dispositivo, máquinas, equipos y procesos en los que se integran, mediante metodologías de diseño concurrente, componentes mecánicos, electrónicos e informáticos. La capacidad de combinar el manejo de flujos de energía e información es la principal característica distintiva de los sistemas Mecatrónicos. Por el peso cada vez mayor del subsistema de información, se ha llegado a afirmar que los sistemas Mecatrónicos son "computadores funcionales": los vehículos son computadores con ruedas, los aviones son computadores con alas, las cámaras son computadores con lentes, etc. (RIMA, 2018).

En este sentido, los entrevistados dan algunas características del objeto de estudio de la ingeniería mecatrónica así:

"Sería en sí los problemas como tal de diseño de mecanismos, involucrando la parte mecánica, eléctrica y de control de mantera interdisciplinar como tal". (Entrevistado 2).

"Entonces nosotros en cabeza de mis presentaciones dábamos un nuevo concepto como la integración de saberes, no marcando en un énfasis, ni un objeto de conocimiento específico, sino que al hacer parte de los sistemas inteligentes nos estaba dando otro tipo de soluciones que integraban saberes…". (Entrevistado 6).

"La ingeniería potencia las áreas y al resto de profesiones, potencia el desarrollo de la sociedad y la región, particularmente la ingeniería mecatrónica puede potenciar cualquier tipo de región donde tenga incidencia". (Entrevistado 12).

> Pienso que la mecatrónica surgió por el servo motor, al tratar que un motor dc se pueda controlar el giro o la velocidad tenga una precisión más alta no solo empírica sino racional y que se puede incluir un control electromecánico, lo más importante es la fusión del control… se quiere sea lo más semejante al origen de la naturaleza. (Entrevistado 12).
>
> La mecatrónica pretende articular o desarrollar componentes que faciliten, que mejoren la calidad de vida, que vuelvan los procesos más eficientes, económicos, respeto por el medio ambiente y todo desde la sinergia de sus áreas, viendo el problema de manera más holística sin dividir en islas sino hacer un desarrollo simultaneo. (Entrevistado 13).

> Como lo indica la red Rima, en la definición como combinación sinérgica, es tener en cuenta el perfil, que es lo que va a hacer el mecatrónico como profesional, sus áreas de actuación y cuál es la necesidad que va a satisfacer como profesional, con eso regresamos hacia el currículo. (Entrevistado 16).

10.1.2 Tensiones como Categoría Central

En relación a la categoría de Tensiones, existen varios elementos que indican que existen fuerzas internas y externas (endógenas y exógenas epistemológicas en los tipos de conocimiento) en el currículo y la formación de ingenieros mecatrónicos, esto permite referir a las tensiones como vectores con dirección, sentido y magnitud en los conceptos disciplinares que ayudan a la generación de conexiones sinérgicas y llevan a la mecatrónica a buscar trascender los límites de las fronteras del conocimiento, incursionando continuamente en el desarrollo de nuevos productos y diseños mecatrónicos que benefician y se benefician de la investigación en todos los campos de conocimiento. El evidenciar tensiones enriquece el objeto de estudio de la mecatrónica.

Algunos elementos evidenciados en las entrevistas a expertos muestran las soluciones a las tensiones mencionadas, para ello se encuentra que es importante y fundamental el diálogo permanente entre los profesionales de diferentes disciplinas y la formación continua.

> La ingeniería es universal y yo como ingeniero mecánico puedo aprender de un tema y el hacerlo es enriquecedor, poder participar de un proyecto con otros, eso es retador y nos va permitir crecer, obviamente se necesita que seamos dados a trabajar en equipo y de pronto ceder para que los estudiantes salgan beneficiados y es muy positivo. (Entrevistado 1).
>
> Suele ser similar, he hablado con varios compañeros y lo enfocan en las fortalezas, lo que se debe es reenfocar en lo que se está buscando que los estudiantes aprendan y que apliquen en la vida real, primero se debe hablar con los compañeros y pensar en el perfil y en función de lo que se quiere formar y con microcurrículos y temáticas internas formalizar la enseñanza. (Entrevistado 2).

La visión de un ingeniero mecatrónico en ejercicio es totalmente adaptada a la cohesión de los saberes y la comunicación de estos se facilita en función de lograr la interdisciplinariedad.

“Desde lo personal es más fácil, como recién egresado veo que hay temáticas que se pueden explicar de otra forma, y yo lo explico cómo me gustaría que me hubieran enseñado”. (Entrevistado 3).

El tema de flexibilidad es importante en la búsqueda de la interdisciplinariedad y la solución y búsqueda de nuevas tensiones.

“No, es mucho más limitante, es un tema rígido en currículo, por ejemplo, en Brasil que hice mi doctorado tenía una flexibilidad absoluta, lo podía hacer siempre y cuando está en la línea de tesis. En pregrado el modelo es muy rígido, de pronto en posgrado se puede un poco”. (Entrevistado 4).

“En la U pudimos lograr que estudiantes de otros programas vean cursos acá en mecatrónica y con movilidad con RIMA pueden ven cursos de robótica en la Nacional, pero de todas formas sigue siendo rígido.” (Entrevistado 11).

“Decimos que todas las mecatrónicas van a terminar llenas de mecatrónicos”. (Entrevistado 4).

“En la medida que tienes docentes con permanencia en el programa y empieza a ver cómo aspectos son relevantes y otros no son, se debe pensar en soluciones conjuntas y no separadas. A ver un poco más la interacción y las decisiones que tienen relación al final…, por allí va la cosa”. (Entrevistado 4).

Es de gran importancia el liderazgo y evitar agenciamientos, esto fomenta el diálogo y la flexibilidad.

“Las estrategias, ya que no se puede inmiscuir en todas las estrategias de cada docente”. (Entrevistado 5).

“Asignaturas, entonces la estrategia es hacer movilidad en otros países, aunque acá en Ecuador los estudiantes pueden movilizarse entre otras universidades porque los cursos son semejantes, con Europa hay estudiantes que hacen sus pasantías y con Colombia también… lo difícil es ver los tiempos de los calendarios académicos”. (Entrevistado 5).

“Para defender el concepto de mecatrónica ya que muchos no lo entendían incluso la Nacional decía que era una colcha de retazos”. (Entrevistado 6).

“Con los profesores se han llegado a unos criterios que nosotros no hacemos ingeniería estamos formando ingenieros, para ello uno se despoja de lo que yo hago como ingeniero”. (Entrevistado 6).

"La experiencia dictando materias de investigación, la mecatrónica abarca líneas de investigación que a pesar que son interdisciplinar se observa que los proyectos no lo son en total". (Entrevistado 7).

El currículo en Mecatrónica debe propender por un sistema que permita movilidad, transversalidad y flexibilidad, todo en comunicación con el sector empresarial, investigativo y académico.

"Se logra ver que el conocimiento es acumulativo por ejemplo metodología". (Entrevistado 7).

"Las estrategias planteadas van en función de cumplimiento de resultados de aprendizaje y destrezas mínimas para lograr resultados, aprobar y aprender de forma acumulativa. Las directrices específicas para evaluar resultados de aprendizaje no existen desde la administración de la Universidad". (Entrevistado 7).

"Competencias hacia un área determinada, pero sin dedicarme a todo, como en el caso de los ingenieros físicos que al final no tienen una idea muy clara, da la impresión que el común son las tres cosas por lo cual es necesario enfocarse en las prácticas de grado para enfocar a lo que ellos desean". (Entrevistado 7).

"Con las competencias interdisciplinares podrían llegar a entender sin ser toderos, pero que se debe analizar las áreas donde ellos son más fuertes, hay una impresión que son fuertes en sistemas, pero el currículo es más enfocado a la electrónica, la mecatrónica debe estar a nivel del país bien distribuida". (Entrevistado 7).

> Pienso que va a depender de las capacidades de los docentes para discutir, sin pensar que como la mayoría somos electrónicos no vamos a trabajar programación sino no tener oídos sordos, ejemplo, yo trabajo en *machine learning*, pero no es así, es importante la interacción y las competencias para darse cuenta que materias y hacia donde se inclina la balanza y que materias apuntan a esos resultados de aprendizaje. (Entrevistado 9).

Actualmente, aún persisten dificultades para encaminar las tensiones curriculares en beneficio de la interdisciplinariedad y la formación de ingenieros mecatrónicos que aporten a soluciones con integración de tecnologías.

"En el área de electrónica creo yo que siempre hemos estado estables ya que desde que inició el programa siempre hemos sido electrónicos en el programa". (Entrevistado 8).

> En el aspecto curricular el mecatrónicos tiene una gran ventaja porque puede abordar el problema desde distintas perspectivas, pero a nivel de nosotros los electrónicos con los mecánicos los roles están bien definidos, entonces no creo que exista un rose ante la conceptualización que podamos tener ante un proyecto porque por ejemplo yo siempre veo el proyecto desde lo electrónico, entonces por ejemplo yo digo metámosle esto a nivel electrónico, estos sensores; en cambio el mecánico siempre está pensando como en metámosle este sistema mecánico, hagámosle esta relación, hagámosle esto. (Entrevistado 8).

"Cosa como los resultados de aprendizaje, pero los profes tienen mucha autonomía, se discute y me tienen que convencer de los cambios y necesidades de laboratorios como que no falta el que quiere comprar un robot grande, no falta los sueños de los profesores, pero toca ir al alcance". (Entrevistado 10).

Las administraciones tanto a nivel Nacional como Institucional, en ocasiones limitan la formación y la investigación, aunque benefician al orden de los procesos.

"Debido a que es pública es muy burocrática, es muy diferente a una privada yo trabajé en la Manuela Beltrán y en la Agraria privadas, pero allá la piedra angular son los docentes". (Entrevistado 11).

> Al principio cuando inicia cualquier programa hay y lo cuentan los profesores que había una resistencia de punta y punta y como estudiante lo notaba enfrentada la ingeniería mecatrónica, entonces los mecánicos no querían ceder una materia y los electrónicos no querían ceder y en conclusión el estudiante terminaba viendo las dos carreras pero ahora debido a una alta permanencia de los docentes como es una universidad pública y esa alta permanencia hace que esos docentes ya hayan madurado porque tienen más de 20 años en el proceso y han logrado entender que el ingeniero mecatrónico es flexible, no es 100% mecánico ni 100% electrónico, ni 100% de control ni 100% de programación, sino que ya todas las partes han cedido pero se debe a una madurez (Entrevistado 11).

> Nosotros como profesores de mecatrónica no podemos pensar que nuestra área de actuación es exclusiva, debemos pensar más holísticamente, por ejemplo, los ingenieros electrónicos del programa deben estudiar un poco más de diseño mecánico y los mecánicos tienen que involucrarse en la electrónica y programación, por ello es importante pensar que antes de formar ingenieros mecatrónicos debemos formarnos a nosotros mismos para poder generar esa sinergia. (Entrevistado 13).
>
> Ese fue uno de los retos para generar el currículo de mecatrónica, en el grupo había ingenieros mecatrónicos, pero también electrónicos, mecánicos y de sistemas y se encuentra que cada uno quería que el mecatrónico abordara todos los cursos y competencias que ellos veían como profesionales y querían que salgan con todos los cursos, eso fue lo difícil hacer entender al grupo que no eran 3 ingenierías, sino que se requieren componentes de ellos. (Entrevistado 16).

En lo que respecta a los elementos del currículo en el programa de Ingeniería Mecatrónica, se evidencian las tensiones a nivel administrativo dada por las necesidades propias de las instituciones y las diferentes perspectivas de los actores académicos, lo que lleva al programa a desarrollar discursos epistemológicos propios que por la dinámica del contexto hace que la evolución del currículo sea atemporal con el desarrollo tecnológico en el programa, persistiendo la racionalidad original del currículo enmarcada en la eficienticidad, lo conductual y lo generalista contrario a la diversidad "única e irrepetible" del acto educativo en el programa, como lo indica Díaz Barriaga (2003).

En el mismo orden, en el programa de Ingeniería Mecatrónica, por sus características de interdisciplinariedad, se encuentran múltiples categorías que recaen en adjetivos con conceptualización superficial que aún hoy persisten y se evidencian en: la carencia de normatividad legal particular para el programa; la percepción de los actores académicos cuando no definen con precisión el objeto de estudio del programa; y en los documentos, en los cuales no reposan conceptos firmes del objeto de estudio mencionado. No obstante, la realidad educativa y su dinámica reposa en las tensiones que reafirman el carácter interdisciplinario y transdisciplinario del programa visto en el progresivo crecimiento de los límites que conforman el que hacer de la mecatrónica, y con ello la multiplicación del objeto de estudio dado por las características de las nuevas sinergias disciplinares.

10.2 Análisis de encuestas a docentes, estudiantes y egresados de Ingeniería Mecatrónica

El instrumento aplicado determina la percepción que se tiene sobre la interdisciplinariedad en el programa de Ingeniería Mecatrónica, para ello se retoman y acondicionan las afirmaciones de instrumentos validados en (Hernandez-Armenta y Dominguez, 2019), donde se encuentran dimensiones de conocimientos disciplinares, habilidades interdisciplinares y actitudes reflexivas, de igual manera en el instrumento de (Villar Valenzuela, Trinidad Loli, Morales Romero, Vicente de Tomas, y Meza Chaupis, 2022), se retoma la contribución al logro de los aprendizajes centrados en la interdisciplinariedad. Con estos referentes se realiza la adecuación de un instrumento con afirmaciones en escala Likert para las dimensiones de Conocimientos disciplinares, Habilidades interdisciplinarias, Actitudes reflexivas, Concurrencia, Pensamiento crítico y Liderazgo.

Estas dimensiones se indagan inicialmente en una prueba piloto que valida el instrumento aplicándolo a 12 docentes, 5 estudiantes y 1 egresado de Ingeniería Mecatrónica seleccionados a conveniencia por su experticia y trayectoria en temas relacionados con la interdisciplinariedad del programa, para lo cual se tiene un resultado de correlación por el indicador de Alpha de Cronbach del 85%, es decir una correlación alta o un instrumento consistente y confiable. Posteriormente se realizan algunos ajustes a las afirmaciones adicionando preguntas abiertas con el fin de indagar las percepciones en la interdisciplinariedad del programa de ingeniería Mecatrónica. Como resultados, el instrumento presenta una correlación alta del 86%, con lo cual se afirma que el instrumento es adecuado y válido.

Como resultados se obtiene favorabilidad en las 5 categorías consultadas a docentes, estudiantes y egresados del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia, la selección de las personas que diligencian la encuesta se realiza de manera conveniente en principio con docentes de gran experiencia en el programa, quienes recomiendan a algunos estudiantes que puedan diligenciar el instrumento, de igual manera se tiene un grupo de egresados del programa de Ingeniería Mecatrónica destacados por sus labores en la industria y la academia.

En resumen, la población que se considera en total es de 55 personas seleccionados a conveniencia y pertenecientes a las universidades de la muestra. Del total, 19 son docentes, 19 son estudiantes de últimos semestres y 17 egresados con alto grado académico que se desempeñan como investigadores y en el sector industrial. La muestra se distribuye en las ciudades de Bogotá, Cali, Pereira, Manizales, Pasto, Bucaramanga, y 4 egresados que se encuentran fuera de Colombia en España, Chile, Australia y México.

En el caso de los docentes encuestados, se encuentra que todos presentan títulos profesionales de posgrado tanto en nivel de especialización, maestría y doctorado relacionados con mecatrónica en áreas de automática, instrumentación, manufactura, inteligencia artificial, industria 4.0, mecánica de sólidos, entre otras.

En cuanto a los egresados el 59% tiene estudios de posgrado y el resto solo tiene la profesión de ingeniero mecatrónico.

A las preguntas abiertas se obtienen respuestas que concluyen que la Ingeniería Mecatrónica se fortalece en el desarrollo de proyectos tanto en el aprendizaje como en la enseñanza, además de integrar prácticas continuas con el sector empresarial y la innovación tecnológica, como lo indican los encuestados en sus comentarios

"Desde una perspectiva integradora en todo momento", "A través de integración de sistemas inteligentes". "Siempre de forma práctica por encima de la teórica, es en el ensayo y error donde se aprende sobre los funcionamientos de lo que se quiera realizar". "Analizando problemas y situaciones reales que ya han sido solucionados por medio del diseño mecatrónico, y en base a estos analizar otros nuevos y darles solución". "A través de varias estrategias: proyectos integradores entre cursos del mismo o diferente semestre, la integración en cursos electivos o de fin de ciclo a través de aprendizaje"

Los encuestados también mencionan en su mayoría que la Mecatrónica puede ser parte de otras ingenierías, es decir que no está constituida en la percepción de docentes, egresados y estudiantes como una profesión independiente, sino integrada y que puede ser abordada en otras ingenierías.

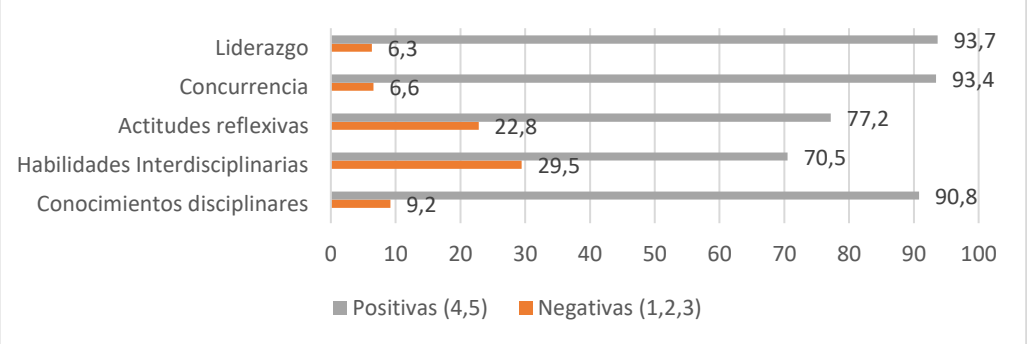
En el instrumento se hace una pregunta de si se considera experto en programación y desarrollo de software trabajaría en ello. A esto responden afirmativamente, aunque el perfil del ingeniero mecatrónico no se fortalece en ello, sino que usa el software como herramienta para el desarrollo y diseño de productos mecatrónicos, por tanto, se puede intuir que existe una tendencia a ver a la Ingeniería Mecatrónica como unas áreas separadas, por esto se evidencian comentarios como: "Teniendo las bases necesarias de las 3 ramas de la mecatrónica da un conocimiento previo que nos permite comenzar a ver soluciones innovadoras, usando uso de la creatividad y el diseño computación podemos pasar directo a la ejecución y mostrar nuestras propuestas".

10.2.1 Resultados de percepción de la Integralidad en programas de Ingeniería Mecatrónica

Respecto a las percepciones de los actores (Docentes, Egresados y Estudiantes), se presenta las valoraciones porcentuales de las respuestas a la escala Likert del instrumento, desde el valor mínimo de 1 y máximo de 5, correspondiente a los criterios respectivamente de: Totalmente en desacuerdo, En desacuerdo, Ni de acuerdo ni desacuerdo, De acuerdo y Totalmente de acuerdo. El instrumento además mide la percepción en las categorías de: Conocimientos disciplinares, Habilidades Interdisciplinarias, Actitudes reflexivas, Concurrencia y Liderazgo en programas de Ingeniería Mecatrónica. Las categorías mencionadas presentan importancia dado que la información documental advierte sobre estos elementos principales en el desarrollo de programas de Ingeniería Mecatrónico, donde la formación desde el currículo indica que el profesional se forma en conocimientos y habilidades interdisciplinarias con el desarrollo de proyectos y solución de problemas de contexto, al igual que las actitudes reflexivas puesto que el perfil del ingeniero mecatrónico se enfoca en la solución de problemas para el beneficio social. Por otra parte, el diseño de productos mecatrónicos como el quehacer del profesional de esta área, se enmarca en el trabajo concurrente y el liderazgo en los proyectos.

Como resumen se presentan los valores porcentuales de las respuestas positivas dadas por la suma de las respuestas en escala 4 y 5. Las respuestas negativas se toman como el complemento, es decir las valoraciones de 1,2 y 3. Los datos y el instrumento se muestran en el anexo F.

Gráfico 10.1
Respuestas a categorías de integralidad del programa de Ingeniería Mecatrónica en porcentaje, por parte de docentes

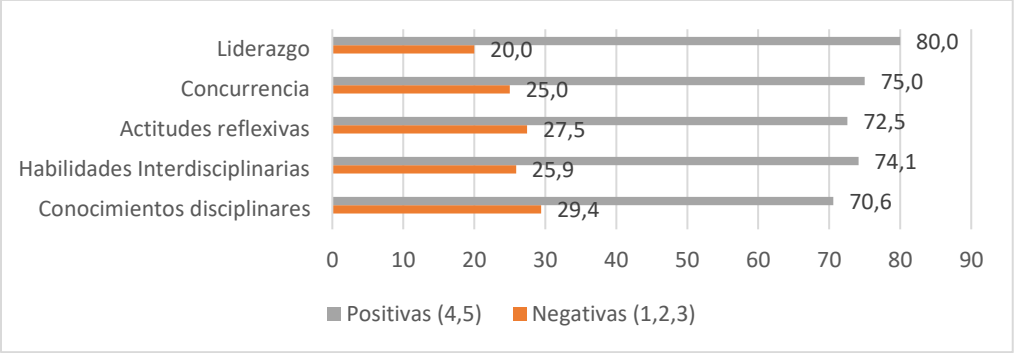


Se entiende que los docentes de programas de Ingeniería Mecatrónica tienen una percepción positiva frente a la integralidad en sus categorías ordenadas de mayor a menor en: liderazgo, trabajo concurrente, conocimientos disciplinares, actitudes reflexivas y habilidades

interdisciplinarias. Esto indica que los docentes propenden por la formación integral en mecatrónica, por medio de la interdisciplinariedad en el trabajo en equipo en proyectos de diseño mecatrónico.

Gráfico 10.2

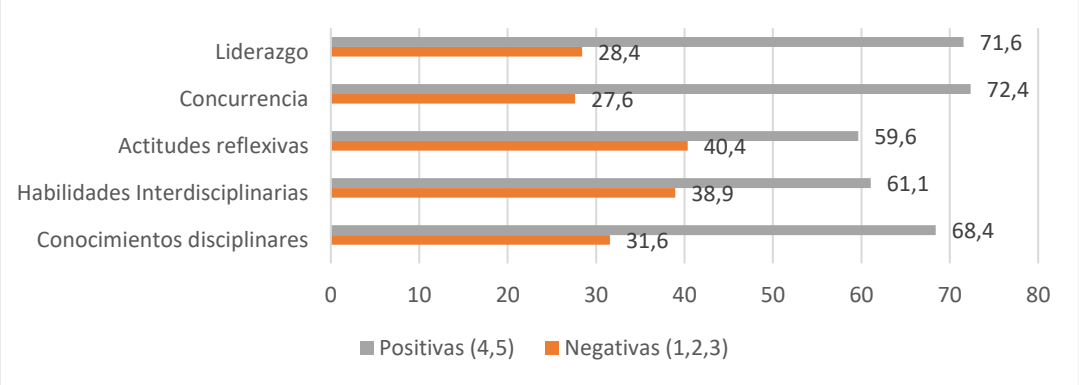
Respuestas a categorías de integralidad de programas de Ingeniería Mecatrónica en porcentaje, por parte de egresados



Los egresados presentan una percepción positiva, aunque con menor valor porcentual en las categorías comparado con la respuesta de docentes, sin embargo, se encuentra que su formación está caracterizada por el liderazgo en proyectos de diseño mecatrónico, trabajo concurrente, reflexivo y tanto habilidades como conocimientos interdisciplinarios.

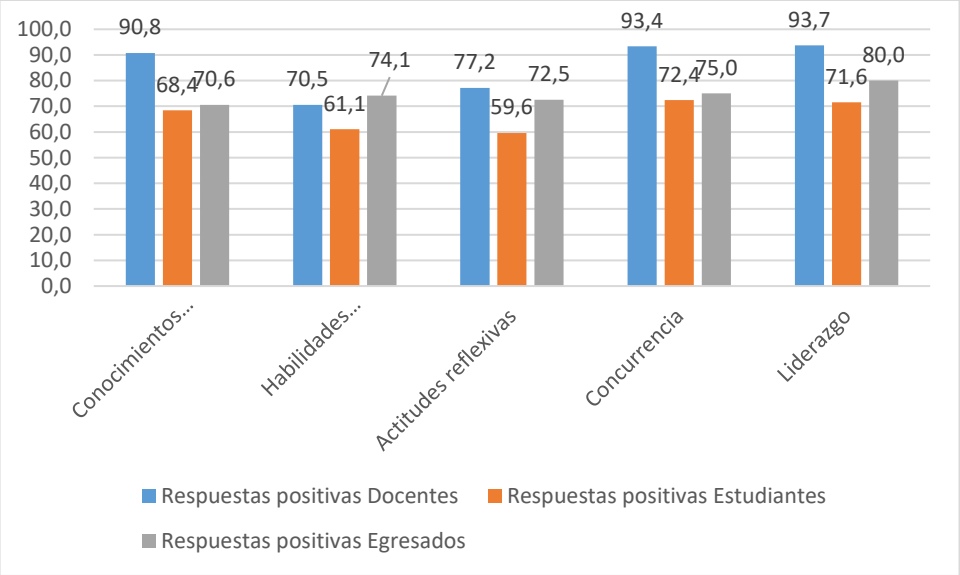
Gráfico 10.3

Respuestas a categorías de integralidad de programas de Ingeniería Mecatrónica en porcentaje, por parte de estudiantes



La respuesta de los estudiantes es semejante a la de egresados, sin embargo, se observa que existen valores de respuestas positivas no muy altas en las categorías de actitudes reflexivas y habilidades interdisciplinarias, lo cual se puede intuir debido a que su proceso formativo aún no concluye y carecen de la interacción en condiciones reales en el sector laboral.

Gráfico 10.4
Respuestas positivas a categorías de integralidad de programas de Ingeniería Mecatrónica en porcentaje, por parte de docentes, estudiantes y egresados



Como un resumen se observa las respuestas positivas de los tres actores, a lo cual los docentes muestran mayor valoración de las categorías de integralidad, luego están los egresados y finalmente los estudiantes. Esto muestra coherencia debido a que los docentes tienen mayor conceptualización del programa.

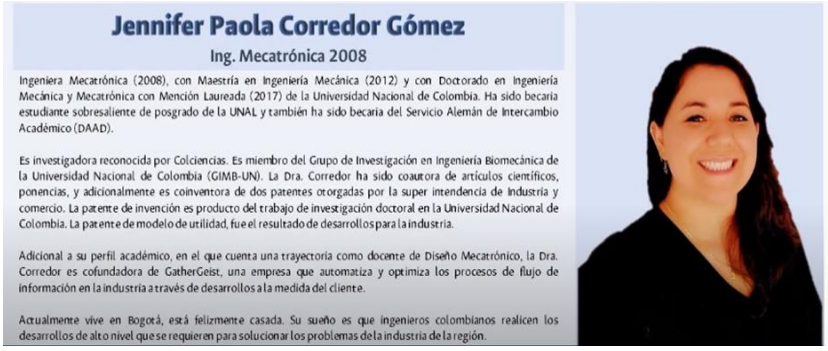
10.3 Análisis de información de entrevistas encontradas en redes a ingenieros mecatrónicos

En las redes sociales y demás sitios web se encuentra gran cantidad de información en relación a comentarios, entrevistas, foros y demás elementos no formales ni establecidos en la literatura especializada, sin embargo, al ser la participación abierta y sin restricciones de lenguaje o de aspectos académicos que limiten sus publicaciones, es posible identificar algunas características reales y de aporte significativo en el contexto del programa de Ingeniería Mecatrónica cercano a la realidad del común de la profesión. Es así como se hace una revisión de entrevistas relacionadas con la mecatrónica a egresados que participan con comentarios acerca de sus labores y experiencias.

1. El conversatorio realizado por los egresados de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Colombia, realizado el 16 de septiembre de 2021, donde la protagonista es la Ingeniera

Jennifer Paola Corredor Gómez, egresada en el año 2008, con una maestría en Ingeniería Mecánica en el 2012 y un doctorado en Ingeniería Mecánica y Mecatrónica en el año 2017.

Figura 10.1
Egresada de Ingeniería Mecatrónica UNAL – Colombia



Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=FfMh8Rc1ShQ

La egresada, narra en el conversatorio como inicia el interés por estudiar Ingeniería Mecatrónica, aportando que es por afinidad con las matemáticas y las ciencias desde su formación en educación media. Destaca las características del programa por su capacidad para crear procesos y máquinas desde la perspectiva de diferentes áreas del conocimiento y el trabajo colaborativo, en adición menciona el complemento de la formación caracterizada además por el contexto universitario donde se encuentra con diversidad de culturas de quienes se puede generar aprendizajes complementarios mencionando que existe *"*una experiencia enriquecedora por compartir con diferentes personas de distintas regiones y sectores de colegios."

Por otra parte, Jennifer cuenta su experiencia en salidas internacionales, en particular en Alemania, donde la Ingeniería Mecatrónica presenta grandes avances tecnológicos, más aún menciona que "el conocimiento en Mecatrónica en Colombia es semejante al de Alemania, no existe brecha académica".

A esto complementa que el desarrollo científico en Colombia está desligado del sector industrial "existe diversidad en la Ingeniería Mecatrónica para el campo laboral desde la profesión, pero desde el doctorado el enfoque es únicamente para ser docente por la falta de vinculación de la Investigación con la Industria". A lo cual resulta evidente que la académica debe mantener vínculos con la industria y generar confianza entre las partes para resolver distintos problemas del contexto.

2. Entrevista a ingeniero mecatrónico Max Hoyos, México, realizada el 19 de noviembre de 2020, disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=S0RGddHzUFo.

Max, menciona como idea principal en Ingeniería Mecatrónica la capacidad para "Aprender a resolver problemas*",* además indica que la percepción de las personas sobre mecatrónica está relacionada con robótica. A esto se encuentra que existe una relación directa entre la mecatrónica y la robótica, como la integración de distintas disciplinas que progresivamente se traslapan en el desarrollo de productos desde lo general de las ciencias a la particularidad, como lo indica Max en sus comentarios cuando menciona que en el proceso formativo se debe contar con diversos laboratorios de "electrónica, mecánica, industrial, eléctrica por aparte pero igual hay uno de mecatrónica que se enfoca en la robótica".

También, se hace mención de algunas áreas de trabajo resaltando que los ingenieros mecatrónicos pueden desempeñar funciones en: "Aeroespacial, automotriz, no solo en las fábricas sino en negocios, mantenimiento mecatrónico, proyectos de programación, microcircuitos, tarjetas electrónicas, entre otras".

En sus comentarios menciona como ejemplo de integración de las disciplinas a un "robot en el cual se requiere ensamblar motores, tarjetas electrónicas, mecanismos, etc.". Ante esto se infiere que la interdisciplinariedad está dada en las áreas clásicas de la mecatrónica como lo son la electrónica, la mecánica, el control y la informática, ligado a los planes de estudio que en términos generales no presentan variaciones relevantes en los diferentes países que forman ingenieros mecatrónicos.

Algunos comentarios que surgen en la entrevista permiten identificar aspectos relacionados con las tensiones en el programa, dado que se encuentra percepciones sobre disciplinas separadas.

"También soy ingeniero en mecatrónica, y me parece una carrera muy completa, a pesar que no se profundiza en una determinada área de las Ingenierías que la integran…"

"Estudiar esta carrera es muy gratificante y es mentira que es una carrera complicada, solamente hay que tener gusto por las Matemáticas, la Física y la aplicación de estas a la Ingeniería*"*.

3. Foro Ingeniería Mecatrónica 13 años en la Universidad Nacional de Colombia (UNAL), realizado el 9 de septiembre del año 2015. En este vídeo se resalta la participación de los profesores Ernesto Córdoba y Ricardo Ramírez, docentes fundadores y pioneros del programa de Ingeniería

Mecatrónica en Colombia, su historia, los retos del programa curricular y la proyección de la ingeniería mecatrónica.

Figura 10.2
Docentes fundadores de Ingeniería Mecatrónica UNAL - Colombia

Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=e0A4Dyz5a7E

El Profesor Ernesto Córdoba, ingeniero mecánico de profesión, magíster en ingeniería de producción y diseño de máquinas, docente de la UNAL desde 1976, comenta sobre los inicios del programa de Ingeniería Mecatrónica en la UNAL, desde los años 80s, donde inician con temas de robótica junto con el profesor Pinayo dado que él tiene una formación novedosa en nivel de maestría realizada en Inglaterra. Menciona que durante dos años se consulta a 150 empresas de Bogotá con un equipo interdisciplinario para tomar la decisión de la implementación de Ingeniería Mecatrónica, de la mano con el sector productivo y Colciencias, esto con el desarrollo de un proyecto de investigación cuyo objetivo es el de crear nuevos programas de desarrollo tecnológico y científico. En el año 1992 se crea la idea de la Ingeniería Mecatrónica. Artículo 227 de facultad de ingeniería UNAL, mencionando la "aproximación conceptual sobre mecatrónica frente a la electromecánica, la mecánica y como ésta tiene su propio concepto".

En 1992 el Consejo Académico aprueba la propuesta del programa junto a Fedemetal, ANDI, Sena, Colciencias. Teniendo en cuenta que el proyecto inicia desde 1989 y 1990 y nace con más de una década de discusión en la facultad de ingeniería.

Dentro del marco histórico, es importante notar como en los inicios de la formulación del programa se genera la inquietud y la discusión en torno a la multidisciplinariedad del programa como es el caso del comentario del profesor Córdoba cuando menciona que en la facultad de ingeniería se le pregunta "que, si va a terminar con mecánica, a lo cual respondió que era ilógico y, a esto la industria colombiana da apoyo a la idea de creación de mecatrónica".

En los inicios del programa la UNAL cuenta con 4 docentes de tiempo completo, 7 de hora catedra y 2 técnicos operarios.

Como es de notar en todos los programas nuevos surge de un programa o facultad base, como es el caso de la UNAL, donde se parte del programa de Ingeniería Mecánica y la intención de mejorar los procesos desde la automatización y el desarrollo de productos integrados, sin embargo, es importante tener en cuenta que los docentes que soportan el programa inicialmente carezcan del componente interdisciplinario, a lo cual Córdoba afirma que "un grupo interdisciplinario no puede ser incestuoso" refiriéndose puntualmente a la diversidad propia en el programa de Ingeniería Mecatrónica.

En el histórico, el profesor Córdoba señala que al inicio se consultó a 15 países únicamente con mecatrónica en el mundo tales como Universidades de Tokio, Hong Kong, Berkeley, Lynch en Oxford, Alemania, Brasil (Campiña), México Universidad Autónoma de México siendo mecatrónica la ingeniería número 1 en México, con quienes se establece convenios para realizar pasantías e intercambios en temas de diseño de máquinas y software y ya en el año 2003 la UNAL presenta la primera promoción, y en la actualidad (2015), se habla de más de 200 egresados que continúan sus estudios doctorales en diferentes universidades del mundo (EEUU, Australia, Europa). "esto indica que el programa ya paso la pubertad académica*"*. Esto señala que en los orígenes de Mecatrónica en Colombia se notó la monodisciplinariedad, pero que por medio del trabajo en equipo, hoy se cuenta con un desarrollo interdisciplinario con la participación de todas las áreas del conocimiento (Químicos, Diseñadores industriales, ciencias de la salud, entre otros) y que avanza a nuevas tecnologías como lo son la industria 4.0, internet de las cosas, manufactura y comunicaciones; para lo cual Córdoba sugiere la vinculación constante con Colciencias en apoyo a la investigación propia del programa.

En la intervención del profesor Ricardo Ramírez, ingeniero mecánico y electrónico, magíster en Automatización industrial, doctor en ciencias de la ingeniería mecánica, se menciona que cuando ingresa como docente en el año 2000, se encuentra con las discusiones de las etapas finales del proyecto de ingeniería mecatrónica con la visión desde la ingeniería mecánica y la necesidad de mejorar conocimientos de electrónica que la tecnología obliga a abordar, en consecuencia en el acta número 6, acuerdo del 22 de agosto de 2001 se crea ingeniería mecatrónica en la UNAL, iniciando en Bogotá en el primer semestre de 2002 pese a ser un programa "mal visto por parte de otras ingenierías". Ramírez menciona que "en la época se notaba la discusión sobre si

debía o no haber el programa y la UNAL fue un apoyo grande para las otras universidades dado que las discusiones existían a nivel gubernamental y la base firme para lograr que persista el programa de mecatrónica en Colombia es la UNAL*”*.

Para el programa de Ingeniería Mecatrónica, en la época mencionada por el profesor Ramírez, se encuentra que principalmente desde las instancias del Ministerio de Educación Nacional, existía una duda sobre las ingenierías básicas, puesto que en estos años de 2000 a 2004 se produce una proliferación de diferentes denominaciones de programas, a lo cual Ingeniería Mecatrónica es considerada como una profesión integrada por otros programas base.

Algunos datos presentados por Ramírez son: En el año 2005 se cuenta con 220 estudiantes matriculados, en 2007 se gradúan los 3 primeros mecatrónicos con oferta que siempre ha sido de 40 cupos, pese a la alta demanda, pero falta de recursos. En el año 2013 se tienen 183 graduados, en 2014 la UNAL cuenta con 503 estudiantes activos y en 2015 con 460. Se resalta que muchos de los egresados ya cuentan con títulos de doctor en diferentes áreas de mecatrónica.

Algunas falencias percibidas por Ramírez se encuentra la copia de cursos de programas como mecánica en la formación de mecatrónicos. Por otra parte, la flexibilidad únicamente por algunos cursos electivos y el taller de proyectos experimental que se resalta como aspecto de interdisciplinariedad. Actualmente se vincula la flexibilidad con programas de formación posgradual que brinda la UNAL.

En este sentido es importante notar como personas fundadoras del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia relacionan en sus orígenes las tensiones entre las disciplinas y que fruto del diálogo y el liderazgo junto a la necesidad latente del surgir de una nueva concepción de las disciplinas, se hace posible la interdisciplinariedad y el logro de establecer un nuevo programa.

Finalmente, en la intervención de la profesora María Alejandra Guzmán, Ingeniera mecatrónica, Doctora en ingeniería mecánica de Sao Pablo, directora del departamento entre 2004 y 2005. Comenta que en muchos sectores de la facultad existen desacuerdos con la estructura y tipo de carrera, sin embargo, en el año 2009 la percepción ha cambiado a “admiración” por la respuesta de estudiantes y egresados del programa fruto de la formación doctoral de docentes, selección de estudiantes con altos puntajes Icfes a nivel nacional.

Como dificultades en el programa, la profesora indica que “existe alta deserción, esto dado por altos niveles de exigencia y falencias en la formación básica y media y se debe reevaluar el nuevo sistema de créditos, puesto que no ha ayudado respecto al anterior sistema”.

Otro punto a revisar en el sistema de créditos, afirma que es la excesiva libertad para tomar diferentes cursos “Caso como el curso de resistencia de materiales que por historia tiene altos niveles de repitencia, por tanto, …, con los créditos se critica que el transito tiene excesiva libertad para matricular cursos, materias de libre elección… ejemplo un estudiante de sociología matricula estática y uno de mecatrónica matricula piano de conservatorio, lo cual es ilógico, es un error de la reforma en la malla curricular”.

Ante la situación de créditos y prerrequisitos como elementos restrictivos de la flexibilidad curricular, es importante recalcar más en la dirección y la administración de información efectiva y no hacer énfasis en la restricción como limitante, no obstante, el sistema administrativo de las universidades por su magnitud y complejidad en ocasiones no permite el desarrollo de actividades curriculares libres en los distintos programas académicos.

Finalmente, en el foro se menciona la poca participación del género femenino en el programa, pero se tiene en cuenta que la deserción de este género es menor al de hombres “existe un problema no solo de la Universidad, ni de Colombia sino mundial respecto a la motivación para que las mujeres estudien ingeniería dado por problemas sociológicos marcados y ancestrales”. A esto complementa el profesor Córdoba haciendo mención a las fortalezas de las y los ingenieros mecatrónicos que son apetecidos por el sector industrial dado que actualmente se observan cambios en los procesos y motiva al trabajo desde los comités interdisciplinarios con matemáticos, físicos, químicos, biólogos y otros profesionales que aporten al buen desarrollo del programa, “El sello de la UNAL es poder enfrentar un problema y resolverlo”.

La Universidad Nacional de Colombia, es para el programa de Ingeniería Mecatrónica uno de los principales referentes, puesto que se caracteriza por su calidad no solo a nivel nacional sino internacional y en la exposición realizada por docentes pioneros en el diseño curricular del programa se evidencia distintas tensiones académicas, curriculares e interdisciplinarias que muestran las dificultades para lograr la sinergia de la mecatrónica entre sus disciplinas, pero que los procesos tecnológicos que requieren de ella no dan espera y la Ingeniería Mecatrónica se abre paso con soluciones tecnológicas tangibles y apreciables en los contextos industriales y que cada día las tensiones en las disciplinas crecen y abren nuevos espacios de acción interdisciplinar.

Finalmente, como resultado en la percepción y análisis de la información primaria y secundaria, la Ingeniería Mecatrónica, en sus orígenes tiene una naturaleza interdisciplinaria, enmarcada en la sinergia de las disciplinas, qué la conforman y cómo estas disciplinas

independientemente no solucionan problemas de manera óptima, cómo si lo hacen cuando se integran y a su vez conducen a nuevos conceptos reflejados en el diseño de productos y procesos mecatrónicos caracterizados por su autonomía, versatilidad, adaptabilidad, inteligencia y concurrencia de sus funciones sistémicas. Históricamente, el concepto de mecatrónica en el mundo se ha visto marcado por la dificultad para definir con precisión cómo se desarrolla la sinergia entre las disciplinas que la conforman, siendo allí donde se originan distintas tensiones que manifiestan mayor o menor grado de aportación de las disciplinas por separado posibilitando dos eventos; uno la interrupción o la restricción a la integralidad, lo que conduce al desarrollo de productos modulares con separaciones marcadas en las partes que los constituyen, es decir que se pierda el verdadero nivel de innovación tecnológica; por otra parte las tensiones entre las disciplinas provocan el diálogo y el trabajo desde las fronteras del conocimiento persuadiendo a traslapar conceptos y metodologías propios de las disciplinas que posibilitan la generación de nuevos conceptos y nuevas áreas de conocimiento para desarrollo de ciencias de la ingeniería, diseños y productos mecatrónicos. Siendo esto un carácter de importancia que debe considerarse en el diseño curricular.

Desde el campo de la Educación, resulta de gran interés observar y explicar cómo se han dado los procesos formativos en el programa de Ingeniería Mecatrónica, donde por tradición los currículos se han desarrollado de forma mono y multidisciplinariamente y las tensiones entre las disciplinas apuntan a metodologías para la enseñanza y el aprendizaje de manera aisladas y desagregadas, las cuales producen carencias en la interdisciplinariedad. Es así como existe un problema de fundamento epistemológico que se traduce en tensiones durante la formación de los ingenieros mecatrónicos, evidenciado en la descripción del estado actual de la formación de ingenieros mecatrónicos en Colombia, además de la inferencia de las características curriculares a partir de la normatividad nacional, la correlación entre los datos encontrados en las estructuras curriculares y las percepciones de los agentes curriculares.

CONCLUSIONES

Con respecto a los objetivos desarrollados, La Ingeniería Mecatrónica epistemológicamente tiene una naturaleza transdisciplinaria en la medida en que se relaciona entre y a través de las disciplinas, evidenciados en los productos mecatrónicos; para ello los procesos de formación responden por medio de las estrategias curriculares estructurales formalmente para favorecer la integralidad, la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad, sin embargo, en el contexto real de la educación universitaria se encuentra condicionamientos marcados por la tradición monodisciplinar de currículos desagregados y asignaturistas que generan tensiones ontológicas que pueden entorpecer el avance investigativo en la medida en que si persiste la desagregación conllevan a tener un programa estático; no obstante estos tensionamientos dados en las fronteras del conocimiento disciplinar propician el diálogo y permiten el desarrollo y la innovación enmarcada en nuevos conocimientos desde la solución holística de problemas del ser humano a los cuales la Mecatrónica los asiste. Estas afirmaciones se enmarcan en la descripción, la correlación, la inferencia y la comprensión de la información tanto documental como personal desde: la normativa legal que regula la calidad de los programas de ingeniería en Colombia; los estadísticos descritos en las bases de datos; los proyectos educativos de programa donde se consolidan conceptualmente elementos como ciencia, disciplina, interdisciplina, transdisciplina e ingeniería mecatrónica. Por otra parte las percepciones de expertos en aspectos curriculares y profesionales, al correlacionar e interpretar con datos, expresiones corporales de las personas entrevistadas ayuda a comprender que la transdisciplinariedad en mecatrónica está inmersa e implícita en su naturaleza y que la formación se mantiene aislada en el currículo formal pero que existen estrategias diversas para la enseñanza y el aprendizaje principalmente dado por la vinculación del sector externo en la academia con problemas que retan el ingenio del programa, el diseño de productos mecatrónicos y principalmente la investigación generada desde los grupos de docentes investigadores que innovan y desarrollan avances tecnológicos por medio del dialogo tensionante entre las diferentes disciplinas que propician la trascendencia del conocimiento.

La metodología para el desarrollo de esta tesis desde el paradigma cualitativo apoyada en el enfoque de la racionalidad hermenéutica que permite la interpretación con sentido de las relaciones sociales conllevan a la investigación de tipo analítico explicativo de la naturaleza transdisciplinaria de la Ingeniería Mecatrónica, para lo cual las fuentes documentales basadas en Proyectos Educativos del Programa, Documentos maestros para registro calificado y las fuentes

personales de expertos en elementos curriculares y profesionales permite la correlación de información y finalmente con el método de análisis basado en la teoría fundamentada permite hacer un recorrido de la información por medio de codificación abierta, categorización y elaboración de redes semánticas donde se encuentra la explicación para la comprensión de las tensiones como principal efecto dinamizador de la innovación científica y el alcance de la transdisciplinariedad en el programa de Ingeniería Mecatrónica.

En este sentido el estudio realizado permite identificar las tensiones en los programas de formación profesional de ingenieros mecatrónicos en Colombia bajo tres grandes ámbitos que son consecuentes:

1. El ontológico. Este ámbito presenta tensiones que devienen de la propia necesidad de integrar varias disciplinas distintas cuyas madureces les ha permitido definir su propio objeto de estudio, lo que significa que la tensión es un elemento connatural a la mecatrónica, dado que el avance en el conocimiento de esta ingeniería se dinamiza en el diálogo de conceptos entre las disciplinas desde sus fronteras, sin romper el contacto entre ellas y sin que una disciplina colonice a la otra. Bajo este diálogo es que justamente la mecatrónica construye su conocimiento y desplaza las fronteras del mismo a nuevas aplicaciones tecnológicas en la solución de problemas acordes con los avances técnicos y científicos que vistos desde la usabilidad conllevan a la transdisciplinariedad connatural a la mecatrónica.

2. La dimensión formal-estructural del currículo (De Alba, 1998). Este ámbito muestra a la Ingeniería Mecatrónica como una profesión que se ejerce a partir de la tensión ontológica y su dinámica entre varias disciplinas junto a la plasticidad de los profesionales en el campo laboral y el desarrollo interdisciplinario; sin embargo la estructura curricular a partir de los modelos asignaturistas presentes en las Instituciones genera un ambiente de tensiones que aíslan a las disciplinas y rompen la dinámica del diálogo interdisciplinar, pero al mismo tiempo la academia y el sector externo compensa la formación de los profesionales en mecatrónica desde el aprendizaje por proyectos y el diseño de productos mecatrónicos para la solución de problemas los cuales invitan y exigen reconocer la importancia del diálogo permanente entre las disciplinas para lograr la integralidad en las soluciones mecatrónicas y el desarrollo de la transdisciplinariedad con la sinergia de las fronteras de las disciplinas.

3. La dimensión procesual-práctica del currículum según De Alba (1998), es el ámbito que corresponde al currículo desarrollado en aula. Sobre la formación de ingenieros mecatrónicos que

desde el currículum debe propiciar aprendizajes que generen alertas sobre las tensiones propias de la mecatrónica que siempre, se dan entre lo que existe desde la ciencia, la técnica y la dinámica que genera el nuevo conocimiento, de allí la importancia de evitar tensiones negativas que curricularmente dificultan la integración de las distintas disciplinas y limitan la formación transversal, holística y transdisciplinaria. Para ello es necesario formar el pensamiento en los profesionales con alertas y advertencias permanentes en la comunicación y diálogo entre disciplinas para la solución de problemas que dinamicen, complejicen y problematicen hasta que se diluyan sin que pierdan la naturaleza de las otras ingenierías, dado que el mundo de la vida en el que operan los ingenieros mecatrónicos está integrado y los conceptos se articulan en el mundo propio de la mecatrónica a partir del diálogo cognitivo, práctico y ontológico entre lo técnico y lo instrumental siempre expectante a identificar la posibilidad de intervención de la mecatrónica en situaciones que lo convoquen hacia desplazar y trascender las fronteras del conocimiento conduciendo a la sinergia.

De otro lado el análisis de la información documental y de los agentes curriculares revela situaciones en cuatro vertientes que abarcan la normativa, la información estadística, el perfil profesional y la percepción de los agentes curriculares. De ello se tiene:

1. En términos generales, en la estructuración normativa y curricular se encuentra que la formación de ingenieros mecatrónicos en Colombia con grandes semejanzas en Latinoamérica, persiste en la transdisciplinariedad como una condición fundante de esta ingeniería, sin embargo las Instituciones se rigen por las reglamentaciones gubernamentales e internas, lo que conlleva a mantener currículos segmentados y desagregados, asumidos tanto en el contexto nacional como mundial por profesionales con formación en otras ingenierías y con posgrados relacionados con las ciencias y la mecatrónica, quienes asumen el reto de la formación de ingenieros mecatrónicos desde la particularidad de sus disciplinas. No obstante, el estudio revela que ya ahora estos profesionales mantienen un diálogo permanente con pares en la búsqueda de soluciones a problemas del contexto en vínculo con la industria; gracias a estas interacciones los docentes son hoy protagonistas en el avistamiento de tensiones conceptuales y curriculares, las cuales con el transcurrir del tiempo se han atenuado fruto de la formación en disciplinas complementarias, del trabajo en equipos multidisciplinarios, del trabajo concurrente desde las competencias transversales en proyectos de diseño mecatrónico tales como la creatividad, el lenguaje, la modelación matemática, la simulación de sistemas con herramientas computacionales, el

prototipado, la informática, la gestión tecnológica y las habilidades blandas como las que corresponden al manejo de las emociones, al liderazgo y al trabajo en equipo. Esto enmarcado en la integralidad curricular como apuesta al trabajo interdisciplinario y la búsqueda final de la transdisciplinariedad que de acuerdo con la información recabada y expuesta principalmente por los egresados del programa quienes aseguran que una posible evidencia se remontaría a los productos mecatrónicos y su interacción con el usuario final, siendo estos productos la consolidación de la mecatrónica como transdisciplina.

2. En la documentación de los programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia desde la codificación inductiva y la correlación con la información personal develan que la evolución en los productos mecatrónicos está de una parte en función del desarrollo tecnológico, según el cual el incremento de herramientas como las requeridas para el manejo de grandes volúmenes de información, o la aparición de procesadores multi núcleo, y otras que requieren el uso de altas capacidades computacionales o el diseño de diferentes sensores inteligentes, exigen que se integren distintos elementos en productos con mayor versatilidad y adaptabilidad en el uso efectivo por el ser humano con cuidado del medio ambiente y aprovechamiento óptimo de la energía; de otra parte este desarrollo está condicionado a la evolución de los productos con la apropiación de metodologías de diseño implementadas en la formación de los ingenieros, en cuyo proceso se viene recurriendo sistemáticamente al aprendizaje por problemas y proyectos en los que se compendia todo el proceso del diseño mecatrónico: se indagan las necesidades y requerimientos de un producto, se construyen o reconstruyen conceptos, se define la arquitectura del producto de manera integrada, se acude al aprendizaje experimental continuo mediante pruebas sucesivas, simulaciones y prototipos sustentados en la modelación matemática y las herramientas computacionales, y se evalúa la funcionalidad y aceptabilidad de los usuarios. Todo esto permite inferir y comprender que el logro del diseño de un producto mecatrónico exitoso radica en el avance tecnológico propiciado por la investigación desde el dialogo tensionante de las disciplinas en un contexto de problemas globales que permiten el encuentro de lo teórico y lo práctico en la complejidad y realidad del ser humano desde la visión de la transdisciplinariedad.

3. En el desempeño de la ingeniería Mecatrónica, el análisis tanto de la revisión documental como de las percepciones de los agentes curriculares demuestran que el liderazgo del profesional mecatrónico juega un papel primordial en el desarrollo de productos de su ámbito, dado que el trabajo concurrente y en equipo impacta de manera decidida en la etapa de escalado de la

producción de productos mecatrónicos en los que distintos profesionales y de diferentes niveles asumen tareas paralelas, lo que exige un componente curricular específico para este tipo de competencias, que más allá de lo optativo haga parte de la formación integral del ingeniero, bajo la concurrencia de las disciplinas, su estructuración y reestructuración dinámica que tensiona las fronteras en la generación de nuevos campos de conocimiento, los cuales se ven abordados desde la investigación y la relación con el sector externo.

4. El análisis documental de los programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia revela que el diseño curricular de estas carreras se desarrolla a partir de la configuración de un perfil profesional enmarcado por lo general en cuatro aspectos básicos: (1) la normatividad gubernamental e institucional, (2) el contexto regional, nacional e internacional, (3) el sector empresarial y (4) algunos elementos epistemológicos como el objeto de estudio, las áreas básicas, genéricas y específicas, entre otros componentes, que fundamentan el conocimiento en mecatrónica.

El mismo análisis señala que otra etapa del diseño curricular de estos programas es la relacionada con el establecimiento y la clasificación de áreas de conocimiento cuya organización responde a los niveles macro, meso y micro, de las que finalmente se derivan los cursos, lo que muestra una persistencia en los modelos curriculares desagregados propios de la teoría técnica del currículo (Tyler, 1946) que no favorecen la flexibilidad, condición *sine qua non* de la interdisciplinariedad. A esta comprobación se adicionan los agenciamientos burocráticos que tensionan el currículo; no obstante, frente a este fenómeno se evidencia que la Mecatrónica se abre paso y brinda soluciones efectivas e integradas fruto del trabajo en equipo de los profesionales que asumen retos enmarcados en problemas de diferente índole, siendo la plasticidad cerebral y la creatividad, competencias que aunque no hacen parte del currículo explícito, son sin embargo desarrolladas como parte del aprendizaje y la formación de los estudiantes de estos programas y que finalmente se desarrollan en el ejercicio de la profesión confluyendo a la transdisciplinariedad lograda en el contexto del diseño, el uso y la relación del usuario final con el producto mecatrónico; lo que según el estudio realizado puede explicarse a partir de unos procesos formativos que están implícita o connaturalmente propiciando entre los estudiantes la búsqueda y generación de nuevas soluciones y la apropiación de la tensión ontológica de la mecatrónica desde el propio contexto de los problemas, lo cual debe hacerse evidente. Esto abre a nuevas preguntas curriculares en torno a

lo que trasciende más allá del currículo formal estructural en la relación dialéctica del currículo teórico y práctico. (Goyes Moreno y Uscátegui de Jiménes, 2004).

5. Descriptivamente el programa de formación en Ingeniería Mecatrónica en Colombia desde el año 1998 en el que se tiene lugar la apertura del primer programa, ha tenido un crecimiento progresivo tanto de inscritos, matriculados y graduados, tal que aún no solo no se evidencia una estabilidad de meseta en su demanda, sino que se mantiene en ascenso, al mismo tiempo que la oferta crece en Universidades oficiales y privadas especialmente a lo largo del país, convirtiéndose en uno de los programas de mayor interés de la población; otro aspecto digno de destacar es la evidencia de más de un 80% de los egresados cotizando a seguridad social, lo que muestra favorabilidad en la empleabilidad y el emprendimiento. Esto asociado al currículo demuestra que la oferta curricular de estos programas ha sido un acierto para el desarrollo nacional y regional en función de la absorción laboral y que pese a aspectos estructurales por mejorar en lo curricular y formativo si se está respondiendo con calidad a la solución de las necesidades en las regiones y a nivel nacional.

6. El análisis del contexto legal muestra que la normatividad colombiana respecto a la formación de ingenieros mecatrónicos asume la profesión bajo una denominación integrada en dos o más ingenierías básicas, lo que podría poner en riesgo el fundamento epistemológico de la mecatrónica al no diferenciar las competencias y los resultados de aprendizaje que le son propios, en el mismo sentido se evidencia un preocupante vacío en las pruebas de estado en la medida en que hasta el momento son pruebas agregadas a las disciplinas de electrónica o mecánica y no específicas de mecatrónica, lo que contribuye a la errada percepción común según la cual la mecatrónica es una parte de otra ingeniería y no una ingeniería con identidad propia. Esto permite inferir que la normativa vigente en Colombia sugiere elementos de integralidad en el currículo vistos desde la flexibilidad, la movilidad, la interdisciplinariedad, entre otros que dan pautas generales y que posibilitan además la fragmentación de las disciplinas en el contexto administrativo de las Instituciones y que en el caso del programa de Ingeniería Mecatrónica trata de resolver desde metodologías de enseñanza – aprendizaje basadas en proyectos, investigación, relaciones con el sector externo y la vivencia en el ejercicio profesional que conlleva a la transdisciplinariedad en un entorno de competencias blandas y propias de las disciplinas.

7. Según el análisis curricular de los perfiles profesionales, se puede percibir una tendencia hacia cuatro dominios básicos del ingeniero mecatrónico que se está formando en el país así: (1)

capacidades críticas y éticas para la solución de problemas del contexto desde la universalidad de la ingeniería, (2) aptitudes para el liderazgo y el trabajo en equipo en distintas áreas del conocimiento con criterios de uso racional de la tecnología para beneficio del ser humano, (3) competencias para la investigación científica en niveles exploratorio, diagnóstico y experimental, y (4) habilidades para la gestión tecnológica. Estos dominios definen a la Ingeniería Mecatrónica como una profesión que se desarrolla curricularmente desde la integralidad dada principalmente por la formación interdisciplinaria y la búsqueda de la transdisciplinariedad en el ejercicio profesional por acción sinérgica en la solución de problemas del área junto a la interacción contextual en el entorno productivo e investigativo.

8. En los programas analizados, otro elemento común que se revela coincide en considerar a la mecatrónica como un proceso heurístico en el que las ciencias y los conceptos de varias disciplinas confluyen y se tensionan con el fin de buscar continua y dinámicamente la sinergia entre ellas, evidenciando nuevos conceptos fruto del diálogo en las fronteras del conocimiento para el desarrollo de un producto o proceso que beneficie al ser humano y la exploración científica y tecnológica, lo que se constituye en rasgos comunes de los perfiles de Ingeniería Mecatrónica en el país.

9. Finalmente, en el intento de optimizar las tensiones propias de la formación para el ejercicio profesional de la Ingeniería Mecatrónica, la investigación tanto formativa como propiamente dicha se convierte en el principal corolario, por cuanto es a través de ella que el ingeniero mecatrónico puede abordar las realidades que precisan de su solución considerándolos desde una visión transdisciplinar para resolverlos mediante el diálogo de las distintas disciplinas que lo habitan.

Transferida esta conclusión al campo del currículo el estudio indica la importancia de abrir espacios académicos para el desarrollo de las competencias investigativas de los estudiantes desde los primeros semestres a través de talleres de proyectos que fundándose en las distintas metodologías investigativas puedan aproximarse a la realidad del contexto socio cultural y productivo que le atañe a cada universidad.

La investigación como necesidad crucial en la formación de ingenieros mecatrónicos, conjuga todas las conclusiones anteriores y es en la que se puede resolver curricularmente el alcance del *telos* de la Ingeniería Mecatrónica como transdisciplina, para ello es conveniente la formación transversal en un currículo investigativo entendido como aquel que hace investigación

formativa desde el primer semestre, como se acaba de señalar, e investigación propiamente dicha desde semilleros soportados en grupos de investigación docente.

Luego, el transito desde la multidisciplinariedad y la interdisciplinariedad en los currículos formales se da fundamentalmente en la investigación como pilar de la generación de nuevo conocimiento para correr y establecer las dinámicas del diálogo en las fronteras de las disciplinas y dar soluciones diferenciadas en el contexto del sector externo; por ello es importante anotar que los currículos formales deben considerar un eje necesario y prioritario basado en la investigación formativa y aplicada en relación a la innovación y creación en problemas propios de la mecatrónica y de su naturaleza transdisciplinaria.

Al respecto se evidencia que en Colombia los grupos de investigación de los programas de Ingeniería Mecatrónica abordan temáticas como el estudio de nuevos materiales, procesos de transformación, algoritmos de inteligencia artificial, robótica médica, bioingeniería, aerodinámica, internet de las cosas, optimización de procesos, entre otras que día tras día corren las fronteras del conocimiento y consolidan a la Ingeniería Mecatrónica pero que a su vez generan la necesidad de incluir temática, metodológica, pedagógica y estratégicamente la investigación en el currículo.

RECOMENDACIONES

Se ponen a consideración de la comunidad científica los aspectos develados en este estudio sobre la importancia de las tensiones ontológicas en el desarrollo del conocimiento en mecatrónica para el ejercicio de la profesión y su formación integral, para ello se propone:

1. Para lograr el desarrollo de las competencias profesionales en Ingeniería Mecatrónica se requiere ser consciente de las tensiones que se generan en las disciplinas y cómo estas permiten abrir paso a nuevos conceptos sinérgicos que evolucionan a nuevos productos mecatrónicos desde el diálogo en las fronteras de las disciplinas. Así para Ingeniería Mecatrónica la ciencia se define desde lo general en los términos semejantes con los de disciplina enmarcados en un firme objeto de estudio propio y de fácil comunicación, a esto se agrega que al interactuar dos o más disciplinas con fronteras tensionantes dinámicas, conllevan a la interdisciplinariedad, que finalmente cuando las tensiones mencionadas presentan estabilidad en función de la sinergia evidenciada en un producto mecatrónico en uso y adaptado al usuario genera la transdisciplinariedad. Por tanto para definir a la Ingeniería Mecatrónica se requiere establecer un objeto de estudio propio, sin embargo desde la comunidad académica y científica se muestran acercamientos a la interacción de los objetos de estudio de las disciplinas que la integran mostrando a los sistemas inteligentes como su objeto; a esto se agrega que particularmente en mecatrónica existe una dinámica en los productos mecatrónicos, por tanto se pone a consideración un objeto de estudio basado en la tensión disciplinar que corre las fronteras del conocimiento hacia nuevos procesos y productos mecatrónicos.

2. El objeto de estudio de la mecatrónica radica en la dinamización de las tensiones conceptuales de las disciplinas y el trabajo desde sus fronteras de conocimiento para concebir un nuevo producto o proceso con alto grado de autonomía desde las bases de la electrónica, la mecánica, la informática y el control automático hacia la exploración en otras disciplinas que sean susceptibles de integrarse de manera sinérgica como característica propia del problema a solucionar.

3. Las tensiones en los procesos interdisciplinarios de la Mecatrónica se definen como unos vectores con dirección, magnitud, sentido y una trayectoria que no necesariamente es lineal puesto que tiene la capacidad de bordear disciplinas o acercarse a sus fronteras conceptuales en mayor o menor medida de acuerdo a la necesidad de sinergia. Estas tensiones pueden considerarse estáticas o dinámicas y son propias de los objetos de estudio de las disciplinas, en el momento en que un

producto mecatrónico logra su sinergia o la integralidad, las tensiones se mantienen estables permitiendo el equilibrio y la funcionalidad del producto, sin embargo tanto en el producto como en las disciplinas existen las tensiones, las cuales se pueden dinamizar por efecto de elementos o agentes activadores de las tensiones, los cuales pueden ser tecnologías emergentes o necesidades contextuales. Estos activadores de las tensiones permiten que se generen nuevos desarrollos y nuevas exploraciones en las disciplinas, logrando mover el conocimiento hacia un nuevo concepto y un nuevo producto.

4. Se incluya la investigación como un elemento transversal en el currículo más que eso en el perfil del ingeniero mecatrónico, que incluya las capacidades y competencias investigativas (espíritu científico capacidades que permiten ver la realidad como oportunidad de ser investigada y conocida)

REFERENCIAS

ACOFI. (2020). *Nomenclatura de títulos de pregrado en ingeniería en Colombia*. (A. C. de F. de Ingeniería, Ed.). Bogotá D.C.

Aideé, J., Orozco, S., & Salmerón, M. (2013). *Importancia de desarrollar competencias profesionales en ingeniería : caso UPIITA*. Ciencia y Tecnología, *13*(1850–0870), 133–142.

Angarita Velandia, M. A., Fernández Morales, F. H., & Duarte, J. E. (2016). *Formación de ingenieros interdisciplinarios a través de una metodología activa con temáticas integradoras.* Saber, Ciencia y Libertad, 11(2), 177–188.

Angulo Rasco, J. F. (1994). *¿A qué llamamos curriculum?* Teoría y Desarrollo Del Curriculum, (1994), 1–10. Recuperado de http://www.uv.mx/dgdaie/files/2012/11/CPP-DC-Angulo-Rasco-A-que-llamamos- curriculum.pdf

Aquino-Robles, J. A., Corona, L., & Fernández N, C. (2015). *De la educación tradicional a la docencia transdiciplinar , en la enseñanza de la Ingeniería Mecatrónica.* In XII congreso internacional sobre innovación y desarrollo tecnológico. Cuernavaca, México (pp. 1–9). Cuernavaca Morelos. Recuperado de https://www.academia.edu/12086215/De_la_educación_tradicional_a_la_docencia_transdiciplinar_en_la_enseñanza_de_la_Ingeniería_Mecatrónica

Aquino R, J. A., Corona R, L., & Fernandez N, C. (2009). I*mpulsando el desarrollo sostenible, mediante proyectos de fin de carrera en ingeniería mecatrónica , en nuestra Nación*. In Centro de Formacion e Innovación Educativa (Ed.), *9*No Congreso Internacional de la Universidad Retos y Expectativas. Zacatenco.

Aquino Robles, J. A., & Fernández Nava, C. (2016). *La Estrategia de Enseñanza basada en Proyectos como medio para Impulsar la Actitud de Innovación en Estudiantes de Ingeniería* . In I. UPIITA (Ed.), 2do. Congreso de ingenierías mecánica eléctrica, electrónica y mecatrónica CIMEEM 2007- 177-met. (pp. 469–474). Ticomán.

Arbeláez Salazar, O., & Mendoza Vargas, J. A. (2007). T*he Mechatronic Engineering by Cycles in Colombia.* Scientia et Technica, *XIII*(0122–1701), 421–426.

Arellano, A. (2016). *Antecedentes históricos del currículum.* Universidad Pedagógica Nacional Unidad 122 Acapulco, Guerrero. Diseño Curricular, Concepcion Del Curriculum., 2–8.

Autónoma del Caribe, U. (2022). P*erfil Ingeniería Mecatrónica Universidad Autónoma del Caribe*. Recuperado de https://www.uac.edu.co/programas/pregrado/facultad-de-ingenieria/ingenieria-mecatronica#:~:text=La Universidad Autónoma del Caribe,y las condiciones de vida

Beer, F., Johnston, E. R., & Mazurek, D. F. (2017). *Mecánic avectorial para ingenieros*. (McGRAW-Hill Editores, Ed.) (11th ed.). México DF: 2017.

Borges de Meneses, R. (2013). *La deconstrucción en Jacques Derrida: Qué es y qué no es como estrategia.* Recuperado de https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/vniphilosophica/article/view/10788

Boyaca, U. de. (2021). *Ingeniería Mecatrónica Universidad de Boyaca*. Recuperado de https://www.uniboyaca.edu.co/es/ciencias-e-ingenieria/ingenieria-mecatronica

Bradley, D., Russell, D., Ferguson, I., Isaacs, J., Macleod, A., & White, R. (2015). M*echatronics The Internet of Things – The future or the end of mechatronics.* Mechatronics, 27, 57–74. https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2015.02.005

Caldas, U. (2019). *Ingeniería Mecatrónica Universidad de Caldas*. Recuperado de https://www.ucaldas.edu.co/admisiones/ingenieria-mecatronica/

Caltech. (2022). Division of engineering and applied science. Recuperado de https://www.eas.caltech.edu/

Carvajal Rojas, J. H. (2013). *Revisión y análisis de diseño mecatrónico para diseño curricular transdisciplinario de programas de ingeniería multidisciplinares*. Scientia et Technica, 18(ISSN 0122-1701), 86–94. Recuperado de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84927487013

Carvajal Rojas, J. H. (2017). *La Cuarta Revolución Industrial o Industria 4 . 0 y su Impacto en la Educación Superior en Ingeniería en Latinoamérica y el Caribe*. 15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology, (July), 19–21.

Castillo Atoche, A., & Palma Marrufo, O. (2011). *" Nuevas Tendencias en Sistemas Mecatrónicos ."* Ingeniería Revista Académica, 15(1665-529X), 2. Recuperado de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46719773001

Castro Parra, N. E. (2014). *Currículo y responsabilidad social en la formación de ingenieros civiles en las escuelas militares de Colombia- generación de capital social educativo-(2006-2012).* Universidad Santo Tomas. Recuperado de

https://repository.usta.edu.co/handle/11634/161/browse?rpp=20&sort_by=1&type=title&etal=-1&starts_with=C&order=ASC

Cazares, M. (2017). *Una reflexión teórica del currículum y los diferentes enfoques curriculares*. *UCF, Cuba*. Recuperado de colombiaaprende.edu.co/html/mediateca

Cifuentes Bernal, A. M. (2011). *Didáctica para la enseñanza de microcontroladores a estudiantes de Ingeniería Mecatrónica*. Universidad Militar Nueva Granada. https://doi.org/1500777

CNA. (2013). *Lineamientos para la acreditación de programas de pregrado.* Bogotá. Recuperado de https://www.cna.gov.co/1741/articles-186359_pregrado_2013.pdf

CNA. (2018). *Comisión Nacional de Acreditación*. Recuperado de https://www.cna.gov.co

CNA, & MEN. (2019). *Comision Nacional de Acreditación*. Recuperado de https://www.mineducacion.gov.co/CNA/1741/article-186367.html

Colombia, República de Colombia. (1992). Ley 30 de 1992. Bogotá D.C: 28 de diciembre de 1992.

Colombia, República de Colombia. (2003). *Ley 842 de 2003.* Bogotá D.C.

Convenio de Arrávida,(1994). *Carta de la Transdisciplinariedad.* Recuperado de: https://www.filosofia.org/cod/c1994tra.htm

Corchuelo, M. (2004). *Una aproximación a los procesos de formación de ingenieros*. Revista Electrónica de La Red de Investigación Educativa IeRed, 1(1), 1–22. Recuperado de http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0

Corchuelo Mora, M., & Barrios Estrada, A. (2010). T*ensión disciplinar pedagogía-ciencias naturales en la formación de licenciados desde la investigación acción participativa en educación.* In Segundo congreso Nacional de investigacion en educación en ciencias y tecnología (pp. 1–17). Cali: Universidad Del Valle.

Craig, K. (2010). *Mechatronics in University and professional education: is there anything really new here?* Departament of Mechanical Engineerin, Aeronautical Engieneering. Rensselaer Polytechnic Institute, (NY 12180), 8.

Craig, K. (2015). *Mechatronics What is Mechatronics ?* New York: Mechatronics Laboratory: JEC 1022. Recuperado de https://pdfs.semanticscholar.org/ab8a/665d11afb64c02e27ab28d75ad4667186c03.pdf

Cuervo Pinto, V D, Aquino Robles, J. ., & Tokunaga Herrera, O. . (2014). *Evaluando las etapas*

de transición en la enseñanza de la ingeniería mecatrónica. In I Foro Iberoamericano de la docencia en Ingeniería (pp. 1–10). México D.C: Facultad de Ingeniería, División de Ciencias Básicas. Recuperado de https://www.academia.edu/6768317/EVALUANDO_LAS_ETAPAS_DE_TRANSICIÓN_EN_LA_ENSEÑANZA_DE_LA_INGENIERÍA_MECATRÓNICA

Cuervo Pinto, Victor Darío. (2018). *Realmente estamos haciendo mecatrónica?* Instituto Politécnico Nacional. Espacio Innovación y Desarrollo, (2580). Recuperado de https://espacioimasd.unach.mx/articulos/num1/pdf/Realmente_estamos_haciendo_mecatronica.pdf

Dávalos Gamboa, M. (2005). *Implicaciones epistemológicas del currículo trasndisciplinario*. Educación médica, Vol 28, N. 2 Gaceta médica Boliviana, versión on-line p. 81–92. ISSN 1012 2966. Bolivia-Cochabamba. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/pdf/gmb/v28n2/a15.pdf

David, J., Méndez, O., Manuel, J., Osorio, A., & Baracaldo, R. R. (2013). *Actualidad y perspectivas en la enseñanza del área de manufactura a estudiantes de ingeniería.* Ingeniería Mecánica, *16*(1), 59–71. https://doi.org/1815-5944

De Alba, A. (1998). *Curriculum: crisis, mito y perspectivas*. Miño y Dávila editores *S.R.L.* Buenos Aires.

Diaz Barriaga, Á. (2003). *Currículum. Tensiones conceptuales y prácticas*. Redie. Revista Electrónica de Investigación Educativa, *5*(16907–4041), 81–93.

EIA. (2022). *Ingeniería Mecatrónica*, Escuela de Ingeniería de Antioquia. Recuperado de https://www.eia.edu.co/ingenieria-mecatronica/

EIA, U. (2017). *Proyecto Educativo del Programa*., EIA. Medellin.

El Tiempo, B. (1998, October 25). I*ngeniería Mecatrónica.* Recuperado de https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-826310

Espino-román, P., Davizon-castillo, Y., & Olaguez-torres, E. (2015). *Análisis de la Percepción del Medio Ambiente de los Estudiantes de Ingeniería en Mecatrónica*. Formacioón Universitaria - No 4, 8, 45–54. https://doi.org/10.4067/S0718-50062015000400006

Facultad de ingeniería, U. (2012). *Congreso el Impacto de la Mecatrónica en el mundo.* Cali. Recuperado de https://www.uao.edu.co/ingenieria/el-impacto-de-la-mecatronica-y-la-automatizacion-en-el-mundo/

Fergusson Ramírez, E. M., Castillo Salgado, A., Alonso Berenguer, I., & Gorina Sánchez, A. (2015). *Consideraciones epistemológicas sobre la formación investigativa del licenciado en ciencia de la computación.* Revista Órbita Pedagógica. Formación Investigativa En Ciencia de La Computación, *2*, 45–68. https://doi.org/ISSN 2409-0131

Fulcher, R. L., & Snook, C. P. (2015). *Fast tracking new courses in mechatronic engineering.* ResearchGate, (January 2000).

Galán, I. O., & Mendoza, A. (2017). *Aprendizaje Basado en Proyectos y modelos matemáticos para estudiantes de Ingeniería en Mecatrónica.* Latino América J. Phys. Educ., 11, 4309–1 a 7. Recuperado de http://www.lajpe.org

García, N., Galeano Marín, M. E., Upegui Velásquez, M. E., & Giraldo Mejía, G. E. (2008). *Currículo y flexibilidad curricular*. (Series, Ed.) (Universida). Medellin.

Gómez Gómez, J. P. (2018). *Normatividad para la obtención del registro calificado y de alta acreditación en programas de pregrado (grado) en Educación Superior a Distancia en Colombia en el año 2018. Monografía*. *Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952.* Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Gordon, P. (1999). Robert owen (1771-1858). *Revista Trimestral de Educación Comparada. (París, UNESCO: Oficina Internacional de Educación)*, *XXIV*(1–2, 1993), 279–297.

Gorrostieta, E., Vargas-Soto, E., Zúñiga-Avilés, L. A., Rodriguez-Resendiz, J., & Tovar-Arriaga, S. (2015). *Mechatronics methodology*: 15 years of experience. Ingenieria e Investigacion, *35*(3), 107–114. https://doi.org/10.15446/ing.investig.v35n3.47543

Goyes Moreno, I., & Uscátegui de Jiménes, M. (2004). *Incidencias de la Acreditación de programas en los currículos universitarios*. (U. de Nariño, Ed.) (1st ed.). Bogotá.

Guimaraes, C. S., Rubio Tamayo, J. L., & Bayan Henriques, R. V. (2014). *Robótica para los procesos de enseñanza de la disciplina mecatrónica: desarrollo del prototipo EDUBOT - V2*. Nuevas Alfabetizaciones y Ciudadania Digital, *16*, 349–376.

Gutierrez, R., Niño Suaraez, P. ., Aviles, O. ., Vanegas, F., & Duque, J. (2007). *Exoesqueleto mecatrónico para rehabilitación motora.* In *8º* congreso iberoamericano de ingenieria mecanica.

Guzmán Valdivia, C H, Blanco Ortega, A., & Salazar, O. (2013). *Entendiendo la Mecatrónica en la Rehabilitación.* X Congreso Internacional Sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico, 13 Al 15 de Marzo de 2013, Cuernavaca Morelos, México., (June 2014).

Guzmán Valdivia, César Humberto. (2013). *Reprobación y Desinterés en Alumnos de Ingeniería Mecatrónica*. Revista Científica Electrónica de Ciencias Humanas, *25*(1856–1594), 33–46. Recuperado de www.revistaorbis.org.ve

Habib, M. K. (2013). *Interdisciplinary Mechatronics Engineering Science and the Evolution of Human Friendly and Adaptive Mechatronics*. Interdisciplinary Mechatronics: Engineering Science and Research Development. https://doi.org/10.1002/9781118577516.ch1

Harvard. (2012). *Mechatronics* Hardvard University. Recuperado de https://www.harvard.edu/programs/engineering-sciences/#undergraduate

Hawes B, G., & Corvalán, O. (2005). *Construcción de un perfil profesional*. Talaca: Universidad de Talaca, Instituto de Investigación y Desarrollo Educacional. Recuperado de http://www.utalca.cl/mecesup2/html/proyecto_tal0101/pag1.htm

Hernandez-Armenta, I., & Dominguez, A. (2019). *Evaluación de Percepciones Sobre la Interdisciplinariedad:* Validación de Instrumento para Estudiantes de Educación Superior. *Formacion Universitaria*, *12*(3), 27–38. https://doi.org/10.4067/S0718-50062019000300027

Hult, F.M. (2010). *Theme-based research in the transdisciplinary field of educational linguistics.* In F.M. Hult (Ed.), Directions and prospects for educational linguistics (pp. 19-32). New York: Springer.

Illán Romeu, N., & Molina Saorín, J. (2011). *Integración Curricular: respuesta al reto de educar en y desde la diversidad.* Educar Em Revista, (41), 17–40. https://doi.org/10.1590/s0104-40602011000300003

Ingenierowin. (2022). *Donde labora un ingeniero mecatrónico*. Recuperado de https://ingeniero.win/donde-trabaja-un-ingeniero-mecatronico/

Javeriana, P. U. (2021). *Ingeniería Mecatrónica* Universidad Javeriana. Recuperado de https://www.javeriana.edu.co/carrera-ingenieria-mecatronica

Lira Valdivia, R. I., & Carrasquilla Batista, A. (2009). *Mecatrónica y currículo*. Innovación Educativa, *9*(48), 51–59. Recuperado de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179414896005

Lloret, J., Jiménez, J. M., Boronat, F., Tomás, J., & Díaz, J. R. (2010). *Utilización de diversas metodologías didácticas para desarrollar las habilidades de los estudiantes de Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones*.

López Cruz, O. (2021). *Las Pretensiones cientificistas de los Ingenieros: Un estudio a la Epistemología de la Ingeniería*. Hojas De El Bosque Facultad de Ingeniería. Universidad El Bosque, 3(5), 52–59. Recuperado de https://doi.org/10.18270/heb.v3i5.2703

López Rodríguez, N. J. (2017). *Competencias que se Desarrollan en los Alumnos de Ingeniería en Mecatrónica al Realizar Prácticas de Teleingeniería a Distancia a través de los Laboratorios Remotos*-Edición Única. Tecnológico de Monterrey. Escuela de Graduados en Educación.

Mariana, U. (2022). *Programa de ingeniería Mecatrónica*. Recuperado de https://www.umariana.edu.co/ingenieria-mecatronica.html

Massachussetts, U. (2018). *Engineering Massachussetts.* Recuperado de https://www.massachusetts.edu/program-finder?query=&searching=true&level=2961

MEN. (1994). *Decreto 1860 de 1994*. Bogotá D.C.

MEN. (1996). *Decreto 1225 de 1996*. Bogotá D.C.

MEN. (1998). *Decreto Número 1063* de 1998. Bogotá D.C.

MEN. (2002). *Decreto 230 de 2002*. Ministerio de Educación Nacional, 1–4.

MEN. (2003). *Resolución Número 2773 de 2003*. Bogotá D.C.

MEN. (2005). *Decreto 2170 de 2005.* Departamento Administrativo de La Función Pública. Bogotá D.C. Recuperado de http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Decretos/2013/Documents/OCTUBRE/04/DECRETO 2170 DE OCTUBRE 04 DE 2013.pdf

MEN. (2009). *Ingeniería Mecatrónica de la Autónoma de Occidente, pionera a nivel nacional y en acreditarse por su calidad*. Recuperado de http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-182672.html

MEN. (2010). *Decreto No.1295 de 2010*. Bogotá D.C. Recuperado de https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-229430_archivo_pdf_decreto1295.pdf

MEN. (2015). *Decreto 1075 del 26 de mayo 2015*. Recuperado de http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30019930

MEN. (2018a). *Decreto 1280 de 2018*. Bogotá D.C.

MEN. (2018b). *Ministerio de Educación Macional*. Recuperado de https://www.mineducacion.gov.co/portal/

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, (2022). Recuperado de:

https://minciencias.gov.co/search/node/grups%20de%20investigacion%20en%20mecatronica

Militar Nueva Granada, U. (2022). *Programa de Ingeniería Mecatrónica* Universidad Militar Nueva Granada. Recuperado de https://www.umng.edu.co/programas/pregados/ingenieria-mecatronica

Ministerio de Educación Nacional. (2003). *Decreto 2566 de 2003.* Diario Oficial, 15. Recuperado de http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-86425_Archivo_pdf.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (2013). *Lineamientos para solicitud, otorgamiento y renovación de registro calificado programas de pregrado y posgrado*. (SECAB-PUBLICACIONES, Ed.). Bogotá D.C. Recuperado de https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-338177_archivo_pdf.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (2019). *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior* SNIES. *Snies*, *57*(1), 1–3. Recuperado de https://snies.mineducacion.gov.co/consultasnies/programa#%0Ahttp://snies.mineducacion.gov.co/consultasnies/programa/buscar.jsp?control=0.6224785966446567

Ministerio de Educación Nacional. (2019). *Decreto 1330.* Ministerio De Educación, 32.

Morin, E. (2004). Los siete saberes necesarios para la educación del futuro. Editorial Paidós. España.

Ogata, K. (1998). *Ingeniería de Control Moderna*. (F. J. Rodriguez Ramírez, Ed.) (3rd ed.). Minesota: University of Minesota.

OLA. (2020). *Estadísticas carreras profesionales por área*. Recuperado de https://www.observatoriolaboral.gob.mx/static/estudios-publicaciones/Ingenierias.html

Olaya, C. (2013). *Más ingeniería y menos ciencia por favor.* XI Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterey, 1–6. Recuperado de http://wwwprof.uniandes.edu.co/~colaya/MasIMenosC.Olaya.pdf

Oxford. (2022). *Engineering Science.* Recuperado de https://www.ox.ac.uk/admissions/undergraduate/courses-listing/engineering-science

Pamplona, U. (2020). *Proyecto Educativo del Progrma Ingeniería Mecatrónica*. Pamplona, Norte de Santander.

Ponsa, P., & Catalá, A. (2014). Actividades docentes en mecatrónica. *ResearchGate*, (April). Recuperado de

https://www.researchgate.net/publication/228593087_Actividades_docentes_en_mecatronica?enrichId=rgreq-f22efdcfa9d80d98ef29f3edeb76c7fc-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzIyODU5MzA4NztBUzoxMDMwMDk2NTI1NzYyNzRAMTQwMTU3MDgyNTg3OQ%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationC

Proyecto educativo del programa programa de ingeniería mecatrónica 2014-2020 (pep). (2020), *2020*.

PUCP. (2020). *Ingeniería Mecatrónica Pontificia* Universidad Católica del Peru. Recuperado de https://www.pucp.edu.pe/carrera/ingenieria-mecatronica/

RIMA. (2018). *La profesión de la Ingeniería Mecatrónica*. Bogotá D.C.

Rojas Carvajal, J. H. (2013). *Revisión y análisis de diseño mecatrónico para diseño curricular transdisciplinario de programas de ingeniería multidisciplinares.* Scientia et Technica Año XVIII. No 1, 18, 86–94. https://doi.org/0122-1701

Salas, J. A. (2012). *Historia general de la educación*. (J. L. García Luna Martínez, J. A. Carranza Castellanos, R. Campos Hernández, H. R. Gutiérrez Zamora Ferreira, B. J. Mair Rowberry, & A. Pérez Ruiz, Eds.) (Primera:20). Tlalnepantla México: Red Tercer Milenio S.C.

Salcedo Castaño, A. F., & Gómez Tangarife, J. A. (2012). *Diseño máquina llenadora para planta de mieles del SENA. Facultad de Ingeniería*. Universidad Autónoma de Occidente. Recuperado de https://red.uao.edu.co/handle/10614/3184

Salvador Benitez, L., & Gónzalez López, S. (2017). *La complejidad y la transdisciplina como sistemas teóricos en el hacer de la educación superior.* En Revista Educación y Humanismo, 19(33), 305-319. http://dx.doi.org/10.17081/ eduhum.19.33.2646

San Buenaventura, U. (2022). *Perfil Ingeniería Mecatrónica* Universidad San Buenaventura.

Sao Pablo, U. (2022). *Ingeniería Mecatrónica* Univesidad de Sao Pablo. Recuperado de https://www.educabras.com/cursos/cursos_e_faculdades_por_estado/engenharia_mecatronica/sao_paulo

Settati, A., (2021). *Un modelo de formación para los profesores desde la perspectiva de la complejidad y la transdisciplinariedad. XVI Congreso Nacional de investigación educativa CNE 2021*, Puebla (08) 1-12. Recuperado de: https://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v16/doc/2494.pdf

Sharma, R., & Dhiman, B. (2021). *Mechatronics Around the World* - at a Glance. Journal of Mechatronics and Robotics, *5*(1), 1–7. https://doi.org/10.3844/jmrsp.2021.1.7

SNIES-MEN. (2022). *Bases Consolidadas de programas de educación superior*. Recuperado de https://snies.mineducacion.gov.co/portal/ESTADISTICAS/Bases-consolidadas/

Sogamoso Gonzalez, D. S., Aponte Rodriguez, J. A., & Solaque Guzmán, L. E. (2015). *Integración de la mecatrónica al desarrollo de la agricultura de precisión aplicada al control mecánico de maleza.* Memorias IV Congreso Internacional de Ingeniería Mecatrónica y Automatización CIIMA 2015, (3), 302–312.

Stanford. (2022). *Stanford School of Engineering.* Recuperado de https://online.stanford.edu/schools-centers/stanford-school-engineering

Subramanian, A. (2012). *Heuristic, Exact and Hybrid Approaches for Vehicle Routing Problems*. Universidade Federal Fluminense. Recuperado de www2.ic.uff.br/PosGraduacao/Teses/532.pdf

TALCA, U. (2017). *Empleabilidad de Ingeniería en Mecatrónica supera 90%*. Recuperado de https://www.utalca.cl/noticias/empleabilidad-de-ingenieria-en-mecatronica-supera-90/

Tamayo, M. (2012). *La interdisciplinariedad*. Cali: Centro de Recursos para la enseñanza y el aprendizaje. Recuperado de https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/5342/1/interdisciplinariedad.pdf

UAM Facultad de ingeniería. (2016). *Universidad Autónoma de Mexico*. Recuperado de http://www.ingenieria.unam.mx/programas_academicos/licenciatura/mecatronica.php

UAO. (2022). Perfil mecatrónica UAO. Recuperado de https://www.uao.edu.co/programa/ingenieria-mecatronica/

UAO, F. de ingeniería. (2018). *Proyecto educativo del programa de ingeniería mecatrónica*. Cali, Valle.

UNAB. (2022). *Programa de Ingeniería Mecatrónica* Universidad Autónoma de Bucaramanga. Recuperado de https://www.unab.edu.co/programas/ingeniería-mecatrónica-profesional-presencial?gclid=CjwKCAiAo4OQBhBBEiwA5KWu_9XHTL34-coRymlAMz-0kPnsR37vxp3oyu_6hC-hvsdm37TXLmEe5xoC1xkQAvD_BwE

UNAL. (2022). *Ingeniería Mecatrónica* Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de https://ingenieria.bogota.unal.edu.co/es/formacion/pregrado/ingenieria-mecatronica.html

UNAL, F. de I. (2019). Proyecto Educativo del Programa de Ingeniería Mecatrónica. Bogotá D.C.

UNAM. (2020). *Licenciatura en Mecatrónica* Univeresidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de https://www.ingenieria.unam.mx/programas_academicos/licenciatura/mecatronica.php

UNICONFACAUCA. (2022). *Ingeniería Mecatrónica.* Recuperado de https://www.unicomfacauca.edu.co/course/ingenieria-mecatronica/

Universidad Nacional de Colombia. (2018). *Ingeniería Mecatrónica* UNAL. Recuperado de www.ingenieria.bogota.unal.edu.co

Universidad Técnica del Norte, U. (2022). *Mecatrónica*. Recuperado de https://www.frd.utn.edu.ar/tecnicatura-mecatronica/#:~:text=La Mecatrónica es la aplicación,vez más funcionales y adaptables.

Upegui V, M. E. (2008). *La flexibilidad curricular y el contexto socioeconómico*. Grupo Interdisciplinario de Investigación En Currículo GINIC, 18.

Uscátegui de Jiménez, M. (2018). *Teoría curricular.* Pasto: Apuntes de clase, Facultad de Educación, Universidad de Nariño.

Uscátegui, M. (2018a). *Desarrollo y Procesos curriculares.* Construcción y desarrollo. Pasto: Apuntes de clase, Facultad de Educación, Universidad de Nariño.

Uscátegui, M. (2018b). *Principios / imperativos curriculares*. Pasto: Apuntes de clase, Facultad de Educación, Universidad de Nariño.

UTB. (2022). *Programa de Ingeniería Mecatrónica* Universidad Tecnológica de Bolivar. Recuperado de https://www.utb.edu.co/pregrados/ingenieria-mecatronica/

UTEC. (2020). *Ingeniería Mecatrónica* Universidad Tecnológica de Uruguay. Recuperado de https://www.pucp.edu.pe/carrera/ingenieria-mecatronica/

UTP. (2021). *Ingeniería Mecatrónica por ciclos propedéuticos* Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado de https://tecnologias.utp.edu.co/ingenieria-mecatronica/

Velazquez Perez, T., Puentes Velazquez, A. Ma., & Florez Villamizar, L. (2015). *Una Mirada a los fundamentos onto-epistemológicos de la carrera Ingeniería de Sistemas como base para repensaar el impacto social en tiempos de cambio.* Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, 1–25(1692–7257), 99–103.

Villanueva Loaiza, A. F. (2013). *Diseño de una solución mecatrónica para el empaque de doy-pack en la empresa Colgate-Palmolive*. Universidad Autónoma de Occidente. Recuperado de https://red.uao.edu.co/handle/10614/5227

Villar Valenzuela, D. L., Trinidad Loli, N. L., Morales Romero, G. P., Vicente de Tomas, C. J., & Meza Chaupis, Y. (2022). *Estrategia didáctica centrada en la interdisciplinariedad de las ciencias para lograr el aprendizaje.* Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores, (8.5.2017), 2003–2005. Recuperado de http://www.dilemascontemporaneoseducacionpoliticayvalores.com/

Wilches Zúñiga, M. (2013). *La modernización de la facultad de ingeniería en la universidad católica de oriente.* Rio Negro.

WIN, I. (2018). *Ineniería Mecatrónica*. Recuperado de https://ingeniero.win/

Yavuz, H., & Mistikoğlu, S. (2009). *Assessment of transition from mechanical engineering to mechatronics engineering in Turkey*. International Journal of Engineering Education, *25*(1), 112–121.

ANEXOS

ANEXO A. INSCRITOS, ADMITIDOS, MATRICULADOS Y GRADUADOS EN EL PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA EN COLOMBIA

Con referencia a las bases de datos consolidadas por el MEN, se encuentra el histórico a partir del año 2000 hasta el año 2019 con la cantidad de personas que se inscriben al programa de ingeniería Mecatrónica, al igual que los admitidos y los graduados, para lo cual se indica a continuación en tablas y gráficos la evolución del programa descrito en forma numérica y en referencia porcentual.

1. Descripción del histórico de inscritos al programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

A partir del año 2002 se encuentra reportes de egresados de nivel de formación media que se postulan o inscriben al programa de Ingeniería Mecatrónica en las distintas universidades que ofertan este programa, para lo cual se realiza una descripción de los datos y las relaciones con variables como género, semestre 1 (enero a junio) y 2 (julio a diciembre), además del sector oficial o privado y la región a la que pertenece la Universidad que oferta.

Tabla A.1

Total, de inscritos a Ingeniería Mecatrónica en Colombia discriminados por género y semestre a partir del año 2000 a 2019

	Semestre 1		Semestre 2		TOTAL
Año	**H**	**M**	**H**	**M**	
2000	330	59	269	51	**709**
2001	495	86	291	35	**907**
2002	369	63	232	27	**691**
2003	212	1504	121	820	**2657**
2004	1625	279	869	150	**2923**
2005	1645	294	879	95	**2913**
2006	1641	288	608	97	**2634**
2007	1700	225	862	108	**2895**
2008	1617	266	959	99	**2941**
2009	1712	267	989	132	**3100**
2010	2280	350	1269	196	**4095**
2011	2517	358	1357	172	**4404**
2012	2792	422	1453	197	**4864**
2013	3194	443	928	88	**4653**
2014	1841	218	913	115	**3087**
2015	1977	241	1201	145	**3564**
2016	2670	330	1219	176	**4395**
2017	2579	436	1386	158	**4559**

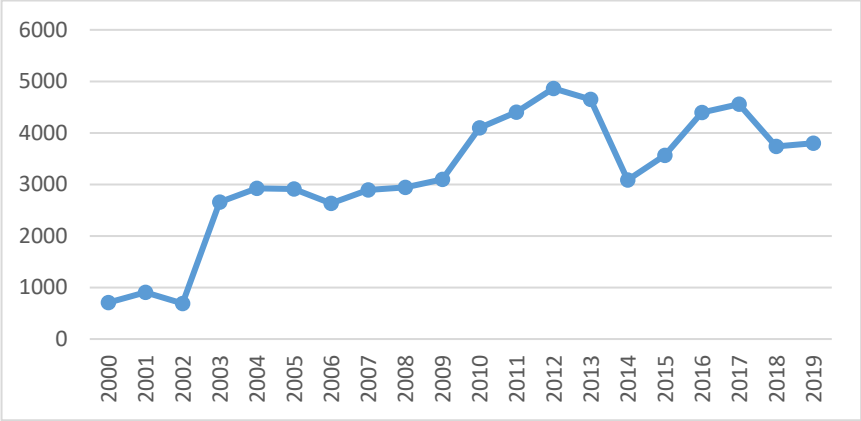
	Semestre 1		Semestre 2		TOTAL
Año	**H**	**M**	**H**	**M**	
2018	2149	303	1160	128	**3740**
2019	1996	246	1382	175	**3799**
Total	**35341**	**6678**	**18347**	**3164**	**63530**

Nota: Los resultados se obtienen de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES-MEN, 2022)

La tabla A.1 indica el número de inscritos al programa, en el que se observa claramente el crecimiento en el orden de 700 en un inicio a cerca de 4000 en el año 2019, es decir a una tasa de crecimiento de 174 inscritos por año. La evolución de esto se evidencia en el gráfico A.1.

Gráfico A.1

Comportamiento temporal de inscritos al programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia



El comportamiento temporal de las inscripciones al programa en Colombia es creciente desde el año 2000 hasta el año 2019 con una reducción en el año 2013 y 2014, sin embargo, se evidencia el interés marcado por ingresar a Ingeniería Mecatrónica.

En la tabla A.2 se clasifica la información de inscritos por sector además de la discriminación por sexo y semestre.

Tabla A.2

Clasificación por sector de Inscritos a Ingeniería Mecatrónica en Colombia discriminados por sexo y semestre a partir del año 2000 a 2019

	Semestre 1		Semestre 2		
Sector	**H**	**M**	**H**	**M**	**TOTAL**
Oficial	24050	4675	12561	2245	43531
Privado	11291	2003	5786	919	19999
TOTAL	35341	6678	18347	3164	

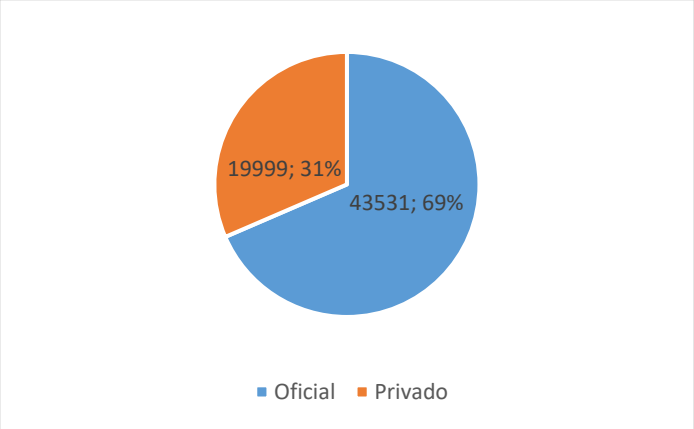
Nota: Los resultados se obtienen de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES-MEN, 2022)

Los datos de la tabla A.2 muestra que existe preferencia al programa de Ingeniería Mecatrónica por parte del sexo masculino en relación aproximada de 5,5 hombres por cada mujer dividiendo el total de hombres sobre el total de mujeres (53688/9842), además se tiene mayor afluencia de inscritos en el semestre 1 dado que es correspondiente con el calendario académico mayoritario en Colombia para egreso de la educación media por lo que se tiene una relación cercana al doble en semestre 1.

En el caso del sector existe mayor cantidad de inscritos en el sector oficial con un 69%, dado que la preferencia por las universidades públicas es mayor debido a los valores en la matrícula pese a que el sector privado presenta mayor oferta.

Gráfico A.2

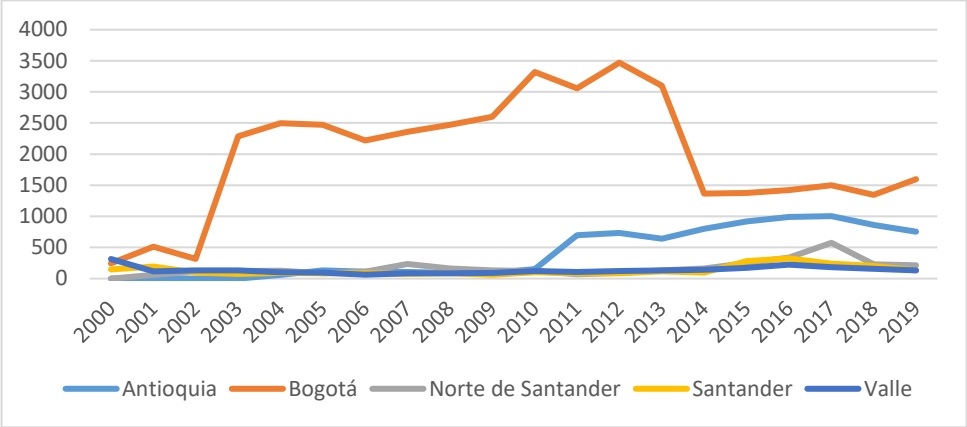
Valores porcentuales y totales de inscritos clasificados por sector del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia



El gráfico A.2 hace referencia al total de inscritos al programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia clasificados por sector oficial y privado, evidenciando que el 69% se inscribe a Universidades oficiales y el 31% a universidades privadas, sin embargo, el comportamiento temporal e histórico representa un crecimiento en los dos sectores como lo muestra el gráfico A.3 respecto a los departamentos que la ofertan.

Gráfico A.3

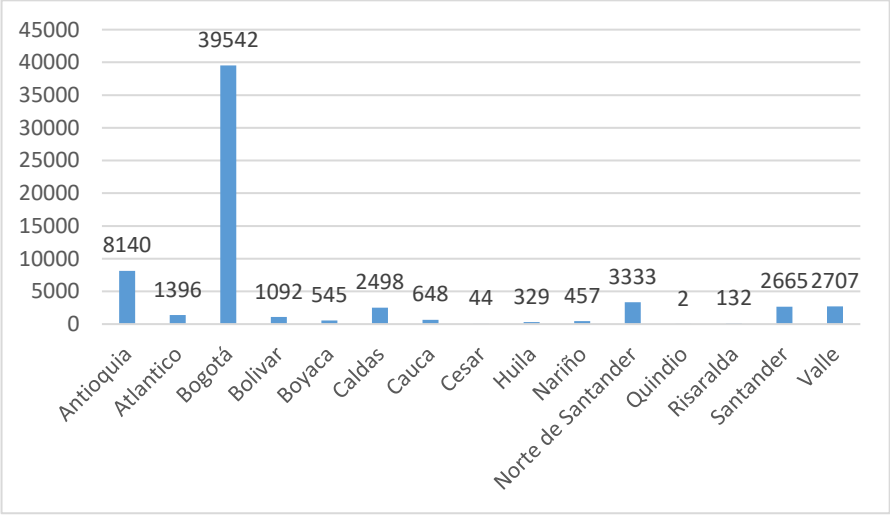
Comportamiento temporal de inscritos del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia en los principales departamentos del país



El gráfico A.4 indica el comportamiento de inscritos al programa en los departamentos con mayor número, notando que Bogotá D.C absorbe la mayoría de datos que crecen en el tiempo con una excepción de Bogotá que en el año 2012 presenta una disminución en sus valores debido a que se da apertura a registros del programa en otras regiones del país.

Gráfico A.4

Total de inscritos del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia en los principales departamentos del país



Principalmente el mayor número de inscritos se presenta en Bogotá, seguido de Antioquia, Norte de Santander y en proporciones semejantes Caldas, Santander y Valle.

2. Descripción del histórico de primera matrícula al programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Los datos a continuación indican el número de estudiantes que realizan su primera matrícula al programa de Ingeniería Mecatrónica en las distintas universidades en Colombia, evidenciando principalmente la evolución en la apertura de cupos tanto en el sector oficial como privado desde el año 2000 al año 2019.

Tabla A.3

Total, de primera matrícula a Ingeniería Mecatrónica en Colombia discriminados por sexo y semestre a partir del año 2000 a 2019

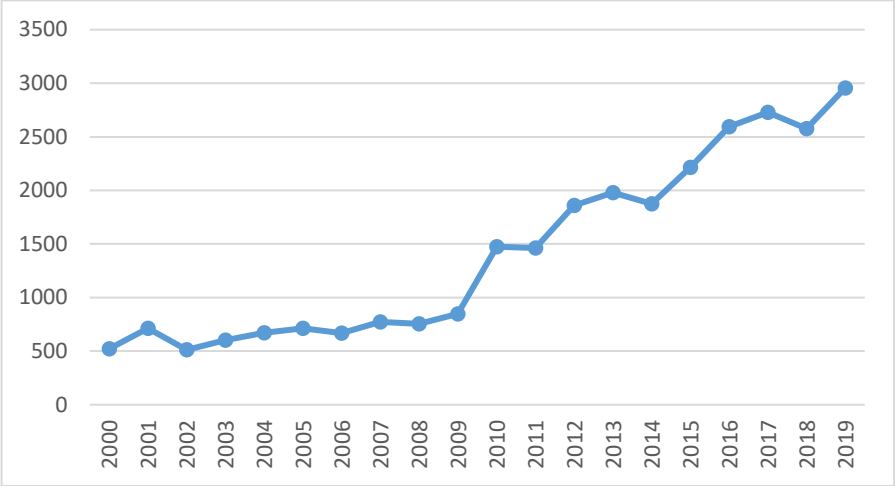
	Semestre 1		Semestre 2		
Año	**H**	**M**	**H**	**M**	**TOTAL**
2000	240	43	205	35	**523**
2001	389	63	231	30	**713**
2002	264	39	189	20	**512**
2003	345	37	191	29	**602**
2004	344	60	224	44	**672**
2005	413	63	219	17	**712**
2006	411	62	172	23	**668**
2007	437	56	244	35	**772**
2008	402	55	264	35	**756**
2009	437	89	282	39	**847**
2010	785	118	508	63	**1474**
2011	817	77	518	51	**1463**
2012	1065	139	595	61	**1860**
2013	1016	122	764	78	**1980**
2014	1044	107	650	73	**1874**
2015	1226	125	782	82	**2215**
2016	1553	169	774	98	**2594**
2017	1527	173	920	108	**2728**
2018	1435	194	846	101	**2576**
2019	1446	193	1175	143	**2957**
Total	**15596**	**1984**	**9753**	**1165**	**28498**

Nota: Los resultados se obtienen de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES-MEN, 2022)

Se evidencia en la tabla A.3 que existen alrededor de 500 admitidos respecto de 700 inscritos en Colombia en el año 2000 y cerca de 3000 matriculados respecto a cerca de 4000 inscritos en el año 2019, manteniéndose en términos generales el incremento de cupos respecto al interés por el programa en la población colombiana con valores cercanos al 70% de admisión, además su evolución temporal se aprecia en el gráfico A.5.

Gráfico A.5

Comportamiento temporal de primera matrícula del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia



El comportamiento de la matrícula al programa de Ingeniería Mecatrónica es evidentemente creciente desde el año 2000 al año 2019 con una tasa de crecimiento de alrededor de 128 matriculados por año.

Tabla A.4

Clasificación de primera matrícula a Ingeniería Mecatrónica en Colombia discriminados por sector, sexo y semestre a partir del año 2000 a 2019

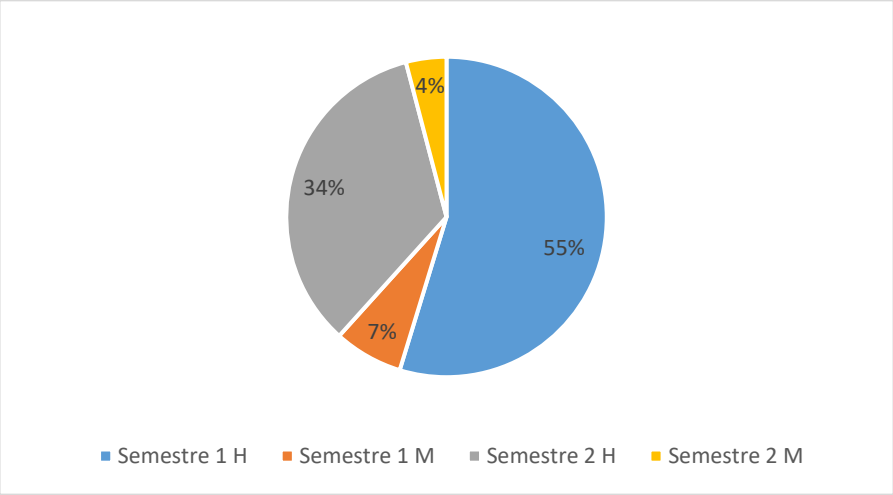
	Semestre 1		Semestre 2		
Sector	**H**	**M**	**H**	**M**	**TOTAL**
Oficial	7666	842	5495	634	14637
Privado	7930	1142	4258	531	13861
TOTAL	15596	1984	9753	1165	

Nota: Los resultados se obtienen de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES-MEN, 2022)

Respecto al sector se tiene que existe mayor matricula en el sector oficial pese a que existen únicamente 6 programas comparados con 16 del sector privado, además se encuentra que la diferencia de los sectores radica en la admisión y selección de estudiantes al programa puesto que al considerar el número de inscritos en el sector oficial en proporciones del 69% respecto al 31% en el sector privado se evidencia que la selectividad esta alrededor del 34% en el sector oficial y del 69% en el sector privado, con lo cual se infiere que el sector oficial tiene mayores índices de selectividad. A nivel global el 51% de la población colombiana es admitida al programa.

Gráfico A.6

Valores porcentuales de primera matrícula del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia por sexo y semestre

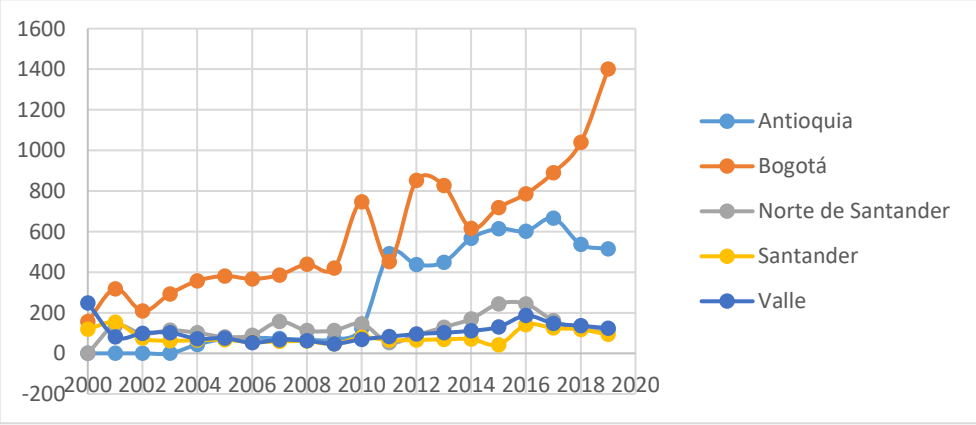


De igual manera los datos indican que hay mayor preferencia por el sexo masculino y mayor afluencia de matrícula en el primer semestre del año debido a los calendarios académicos de colegios, aunque comparado con los inscritos la relación de matriculados es de 8 hombres por cada mujer aproximadamente.

Los principales departamentos que absorben la mayoría de matriculados y con tendencia a crecer principalmente se ubican en Bogotá D.C y Antioquia como lo muestra el gráfico A.7.

Gráfico A.7

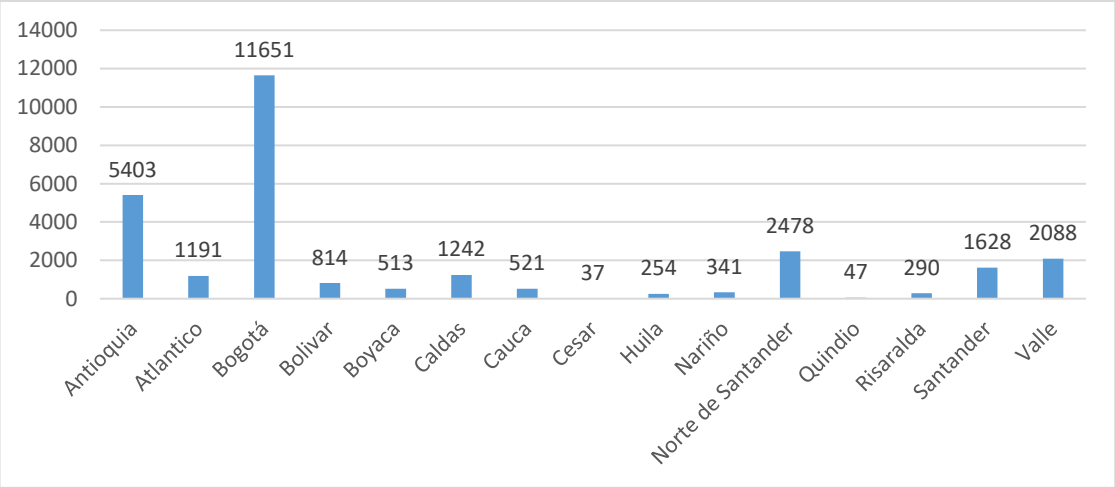
Evolución temporal de primera matrícula del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia por departamento



Los departamentos con mayor número de matriculados están desde Bogotá D.C, seguido de Antioquía y con valores semejantes Norte de Santander, Santander y Valle; departamentos caracterizados principalmente por el desarrollo industrial y comercial del país. Complementando la información se presenta el gráfico A.8 con el total de primera matrícula al programa en otros departamentos.

Gráfico A.8

Total de primera matrícula del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia por departamentos

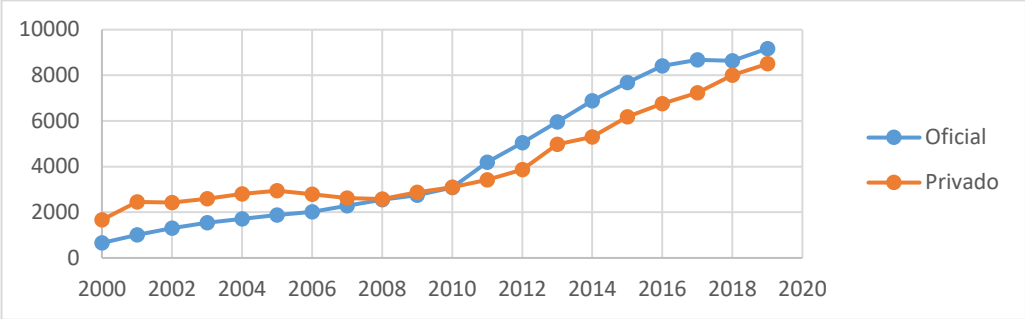


En el gráfico A.8 se observa valores que muestran los departamentos con mayor número de matriculados en Colombia, se infiere que las regiones con mayor desarrollo industrial presentan mayor número de matriculados al programa de Ingeniería Mecatrónica.

Al considerar el total de matriculados en Colombia al programa de Ingeniería Mecatrónica, se evidencia un comportamiento semejante al de primera matrícula, esto permite inferir que los índices de deserción son relativamente bajos.

Gráfico A.9

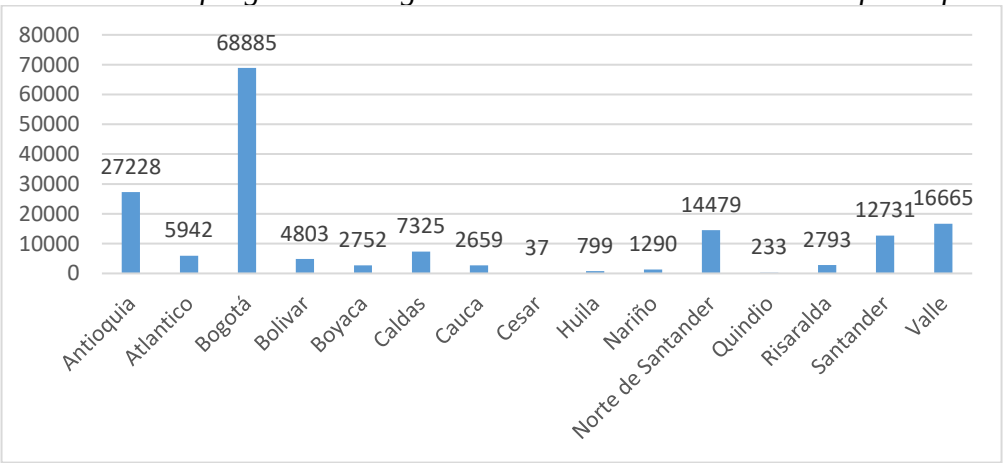
Comportamiento temporal de evolución del total de matrícula del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia



El gráfico A.9 muestra un comportamiento de total de matriculados al programa de Ingeniería Mecatrónica con un crecimiento proporcional cada año aproximado a 807 matriculados por año en los dos sectores. Por departamentos, el comportamiento es semejante a la primera matrícula y se indica en el gráfico A.10.

Gráfico A.10

Total de matrícula del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia por departamentos



La distribución del total de matriculados por departamentos, muestra la trayectoria de las universidades en Antioquía, Valle, Norte de Santander, Santander y la Capital, siendo estos quienes iniciaron con el programa desde el año 1998.

3. Descripción del histórico de graduados del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

De otra parte, la información de total de graduados del programa de Ingeniería Mecatrónica permite describir el comportamiento y la evolución de los profesionales que egresan como graduados al mundo laboral.

En la tabla A.5 se indica que a partir del año 2002 se da inicio al que hacer de los ingenieros mecatrónicos en Colombia con un total de 19 graduados, número que se incrementa año tras año para un gran total en el año 2019 de 7177 profesionales reportados por el SNIES.

Tabla A.5

Total, de graduados del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia discriminados por sexo y semestre a partir del año 2002 a 2019

	Semestre 1		Semestre 2		
Año	**H**	**M**	**H**	**M**	**TOTAL**
2002	0	0	18	1	**19**
2003	20	3	23	3	**49**
2004	37	7	67	14	**125**
2005	39	5	176	30	**250**
2006	65	13	183	48	**309**
2007	98	28	127	24	**277**
2008	78	7	152	14	**251**
2009	117	10	116	20	**263**
2010	97	22	134	15	**268**
2011	86	12	165	19	**282**
2012	69	11	207	21	**308**
2013	119	19	291	31	**460**
2014	192	12	216	27	**447**
2015	184	14	338	36	**572**
2016	197	52	326	48	**623**
2017	257	45	422	63	**787**
2018	298	42	475	70	**885**
2019	345	38	535	84	**1002**
Total	**2298**	**340**	**3971**	**568**	**7177**

Nota: Los resultados se obtienen de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES-MEN, 2022)

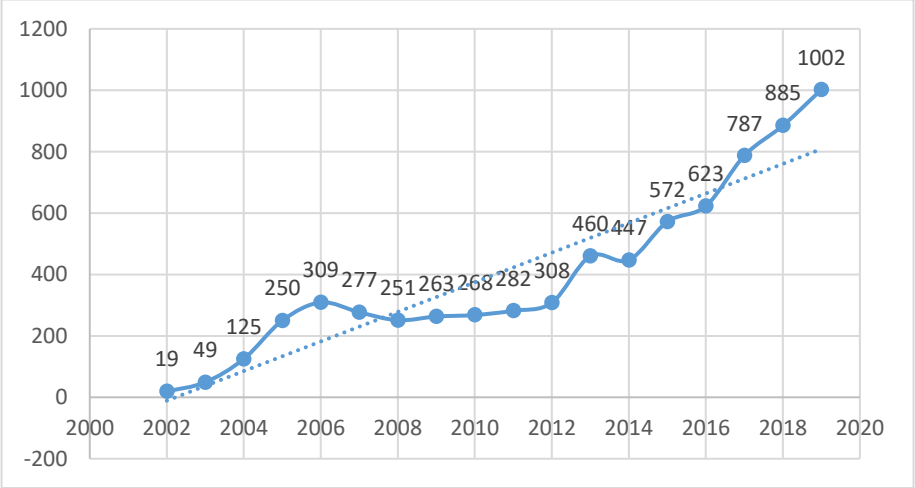
De la tabla A.5, se encuentra valores totales de graduados discriminados por sexo y semestre en los que se nota al igual que en inscritos y matriculados un número mayor en hombres que en mujeres y con mayor cantidad de graduados en el segundo semestre del año. Como referente del total de graduados se tiene que en el primer semestre el 32% de graduados son hombres y el 4.7% son mujeres; en el segundo semestre los porcentajes son 55% y 7.9% para hombres y mujeres

respectivamente que comparados con relaciones e inscritos y matriculados al parecer existen valores favorables para el sexo femenino en la que tenemos cerca de 7 graduados hombres por cada mujer graduada y 8 matriculados hombres por cada mujer matriculada.

Respecto de la evolución temporal de la graduación se observa el gráfico 16, en la que se presentan los datos de graduados desde el año 2002 al 2019.

Gráfico A.11

Evolución temporal de graduados del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia



El gráfico A.11, indica el número de graduados por año sin cifras acumuladas, lo que hace ver que año tras año las universidades en Colombia entregan al mundo laboral una cantidad grande de profesionales demandados por los sectores industriales del país con un crecimiento a razón de 57.8 graduados por año aproximadamente.

Tabla A.6

Total, de graduados del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia discriminados por sexo y semestre y sector a partir del año 2002 a 2019

	Semestre 1		Semestre 2		
Sector	**H**	**M**	**H**	**M**	**TOTAL**
Oficial	1213	180	1867	258	3518
Privado	1085	160	2104	310	3659
TOTAL	2298	340	3971	568	7177

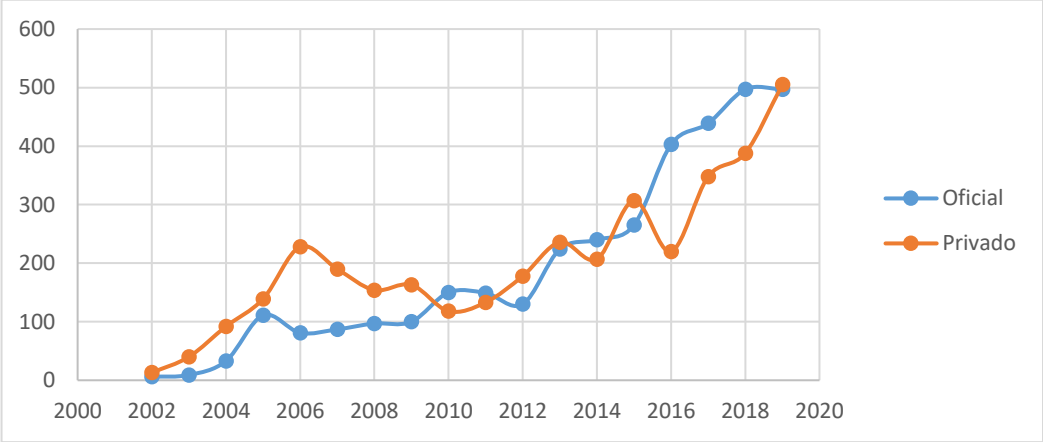
Nota: Los resultados se obtienen de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES-MEN, 2022)

En la tabla A.6 se identifica la clasificación de graduados por sector, al igual que la matrícula, el comportamiento de graduados es semejante con un incremento pequeño en el sector

privado contrario al número de matriculados que es mayor en el sector público, su evolución se observa en el gráfico A.12.

Gráfico A.12

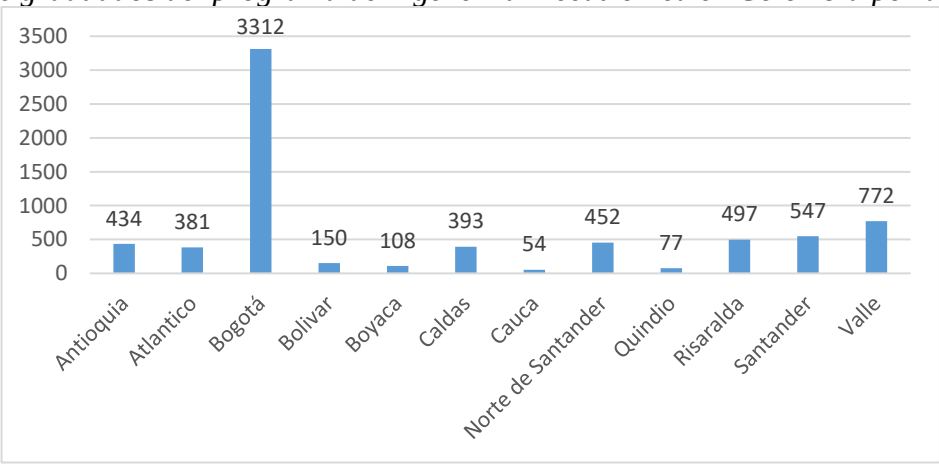
Evolución temporal de graduados del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia discriminado por sector



La evolución de graduados indica un comportamiento semejante tanto para el sector privado como el oficial. Por departamentos, Bogotá es quien aporta mayor número de graduados en proporción al número de matriculados, seguido de Valle, Santanderes y Antioquia. Los valores numéricos de graduados se indican en el gráfico A.13.

Gráfico A.13

Total de graduados del programa de Ingeneiría Mecatrónica en Colombia por departamentos



En el gráfico A.13, se nota que departamentos como Nariño, Cesar y Huila no aparecen debido a que las universidades de estas regiones hasta el año 2019 no han reportado graduados.

Como resumen, se halla la relación de ingresos entre el total de inscritos al programa de ingeniería mecatrónica en Colombia, indicando el índice de selección de un 69% en el sector privado frente a un 34% en el oficial. De igual manera se tiene el índice de graduación dado por la relación de graduados sobre el total de matrícula que al igual que el sector oficial y privado es de un 4%. También se halla el índice de ingresos de un 17% para los dos sectores dado por la relación de la primera matrícula respecto del total de matriculados como se indica en la tabla A.7.

Tabla A.7

Índices de selección, graduación e ingreso al programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia discriminados por sector

Sector	Inscritos	1era Matrícula	Matrícula Total	Graduados	Selección	Graduación	Ingresos
Privado	19999	13861	83142	3659	69%	4%	17%
Oficial	43531	14637	85479	3518	34%	4%	17%
Total	**63530**	**28498**	**168621**	**7177**			

Nota: Los resultados se obtienen de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES-MEN, 2022)

4. Preferencia del programa de Ingeniería Mecatrónica en las universidades Nacional de Colombia y Militar Nueva Granada respecto de inscritos

Finalmente se tiene un panorama de la preferencia por el programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia, para lo cual se presenta como muestra el interés por este programa dado en función de la cantidad de inscritos en orden descendente para dos casos de universidades, la Universidad Nacional de Bogotá y la Universidad Militar Nueva Granada en el año 2019.

Tabla A.8

Orden de preferencia de programas dado por el número de inscritos en la Universidad Nacional de Colombia

No.	Programa Académico	Total Inscritos Pregrado UNAL
1	Ingeniería química	298
2	Medicina	280
3	Contaduría publica	278
4	Ingeniería civil	269
5	Administración de empresas	268
6	Economía	264
7	Ingeniería de sistemas y computación	237

No.	Programa Académico	Total Inscritos Pregrado UNAL
8	Enfermería	233
9	Ingeniería agrícola	217
10	Ciencia política	209
11	Derecho	207
12	Ingeniería agronómica	202
13	Odontología	196
14	Ingeniería mecánica	190
15	Psicología	182
16	Filología e idiomas	172
17	Física	170
18	Química	165
19	Arquitectura	158
20	Ingeniería electrónica	152
21	Farmacia	139
22	Ingeniería eléctrica	135
23	Zootecnia	129
24	Nutrición y dietética	125
25	Estadística	125
26	Trabajo social	123
27	**Ingeniería mecatrónica**	114
28	Ingeniería industrial	114
29	Lingüística	112
30	Medicina veterinaria	107
31	Sociología	104
32	Diseño industrial	104
33	Filosofía	103
34	Geología	92
35	Matemáticas	92
36	Antropología	90
37	Biología	88
38	Español y filología clásica	85
39	Fonoaudiología	82
40	Geografía	76
41	Ciencias de la computación	72
42	Historia	71
43	Diseño grafico	68
44	Terapia ocupacional	65
45	Cine y televisión	58
46	Artes plásticas	57
47	Música instrumental	56

No.	Programa Académico	Total Inscritos Pregrado UNAL
48	Fisioterapia	56
49	Estudios literarios	47

Nota: Los resultados se obtienen de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES-MEN, 2022)

En la tabla A.8 se indica 49 programas de pregrado, para la cual el programa de Ingeniería Mecatrónica está en el lugar 27 como preferencia por la población que aspira a un cupo en la Universidad Nacional de Bogotá. De igual manera se construye la tabla 39 para identificar la preferencia del programa de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Militar Nueva Granada.

Tabla A.9

Orden de preferencia de programas dado por el número de inscritos en la Universidad Militar Nueva Granada Bogotá.

No.	Programa académico	Inscritos 2019
1	Medicina	2244
2	Derecho	920
3	**Ingeniería en mecatrónica**	514
4	Ingeniería civil	508
5	Administración de empresas	494
6	Ingeniería industrial	490
7	Relaciones internacionales y estudios políticos	374
8	Economía	339
9	Contaduría pública	280
10	Ingeniería en multimedia	247
11	Administración de la seguridad y salud ocupacional	133
12	Biología aplicada	80
13	Ingeniería en telecomunicaciones	71
14	Ingeniería informática	45
15	Tecnología en gestión y producción hortícola	36
16	Tecnología en electrónica y comunicaciones	33

Nota: Los resultados se obtienen de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES-MEN, 2022)

Para el caso de la Universidad Militar Nueva Granada, se tiene que, de 16 programas ofertados, el programa de Ingeniería Mecatrónica ocupa la posición 3 en preferencia.

ANEXO B. DATOS RECOPILADOS SOBRE ASPECTOS GENERALES A NIVEL CURRICULAR DE PROGRAMAS DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

Los programas de Ingeniería Mecatrónica se desarrollan en distintos países en el mundo, por lo que a continuación se realiza un resumen de los principales elementos del programa con el fin de caracterizar dichos aspectos fundamentales de la Ingeniería Mecatrónica, se identifica un grupo de Universidades que ofrecen dicho programa, partiendo de la región, pasando por las principales universidades a nivel Nacional y finalmente identificando Universidades internacionales de mayor relevancia por su aporte científico. Para ello se identifican aspectos como perfil profesional, mallas curriculares, tipo de registro calificado, entre otros elementos que estén a disposición en páginas web de las Universidades.

1. Ingeniería Mecatrónica a nivel regional

En la Región de Nariño, se destaca el programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Mariana de la ciudad de Pasto; por ser Nariño un departamento de frontera, se relaciona con el país vecino del Ecuador, por lo que se toma como Universidad de estudio a la Técnica del Norte en la ciudad de Ibarra y la Universidad Unicomfacauca.

Tabla B.1

Perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica de universidades de la región

Universidad	Perfil Profesional	Campos de acción
Mariana: carácter católico y privado con registro calificado a partir de febrero de 2016. Presencial, 158 créditos y 10 semestres. Tiene una trayectoria desde 2012 con el programa de Tecnología en Automatización electrónica. Sitio web: www.umariana.edu.co	Capacidad para desempeñarse de manera dependiente e independiente, en sectores empresarial público y privado, en campos de la electrónica, la electricidad, la automatización industrial, la mecánica, el control de procesos y la informática.	Diseño, construcción, mantenimiento de equipos y sistemas electrónicos, mecánicos y electromecánicos; sistemas automáticos de control, redes de computadores, sistemas digitales y analógicos, sistemas de comunicación, instrumentación electrónica e industrial y electrónica de potencia; diseñador de automatismos para máquinas y procesos; inspector de calidad, constructor e integrador de automatismos, consultor y asesor para la implementación de tecnología, líder y emprendedor de proyectos. También podrá desempeñarse investigador y docente.
Comfacauca: Universidad de carácter privado, ciudad de Popayán- Cauca.	Con sólida preparación matemática, combinada con la formación propia de su campo, específicamente	Diseño, mantenimiento y administración de procesos de automatización industrial y, en general, cualquier situación industrial que requiera una solución integrada.

Universidad	Perfil Profesional	Campos de acción
Registro calificado, 10 semestres presenciales, 174 créditos. Ofrece el programa desde julio de 2012 Sitio Web: http://www.unicomfacauca.edu.co/	en lo concerniente al diseño de proyectos mecatrónicos.	
Técnica del Norte: De carácter público, Ubicada en la ciudad de Ibarra Ecuador. Desde abril de 2013. Presenta 293 créditos para desarrollarse en 10 semestres presenciales Sitio Web: http://www.utn.edu.ec/fica	La Universidad pretende formar al ingeniero mecatrónico de forma global al servicio de la sociedad y no de las tendencias neoliberales desde las tendencias pedagógicas y holístico para el desarrollo de la industria ecuatoriana, será un profesional íntegro, formado en varias disciplinas de la ingeniería.	1. Analizar, seleccionar y poner en funcionamiento equipos y soluciones tecnológicas a gran escala, teniendo en cuenta aspectos sociales, económicos y ecológicos. 2.Diseñar, construir, operar y mantener. 3.Sistemas mecatrónicos. 4.Desempeñar cargos directivos de alto nivel o iniciar su propia empresa. 5.Participar en proyectos de planeación y diseño de programas de modernización tecnológica, control de procesos, ahorro de energía, automatización de procesos de manufactura y robótica industrial. 6.Facilitar la determinación de alternativas pedagógicas. 7.Ejercer funciones de asesoría y consultoría

Nota: La información de la tabla se recopila de (U Mariana, 2022), (UNICONFACAUCA, 2022), (Universidad Técnica del Norte, 2022).

De manera general, en el perfil profesional del programa de Ingeniería Mecatrónica se encuentra semejanzas encaminadas al uso de tecnologías de electrónica, mecánica, informática, automatización para el diseño de productos mecatrónicos, es decir, con un alto grado de inteligencia y autonomía; además el ejercicio de la profesión se enmarca en el sector industrial y el emprendimiento.

Tabla B.2

Créditos académicos de programa de Ingeniería Mecatrónica.

Universidad	Créditos por área curricular				
	Básicas	**Generales**	**Específicas**	**Institucional**	**Complementarias**
U Mariana	30	44	47 + 24 electivas	7	6

UniComfacauca	38	42	58 + 12 electivas	6	18
Universidad Técnica del Norte	91	140	16 electivas	0	46

Nota: La información de la tabla se recopila de (U Mariana, 2022), (UNICONFACAUCA, 2022), (Universidad Técnica del Norte, 2022).

A nivel regional se encuentran aspectos comunes como el diseño mecatrónico y el aporte de los programas a la región en campos principalmente de la agroindustria.

Respecto del número de créditos académicos, en la región las Universidades manejan un sistema de diseño curricular por competencias semejantes, con aspectos de movilidad y cursos que permitan el desarrollo del currículo flexible indicado por los créditos en cursos electivos.

2. Ingeniería Mecatrónica a nivel nacional

De acuerdo con los reportes encontrados en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior SNIES, se encuentra 28 Registros en Colombia con el programa de Ingeniería, 5 de carácter oficial y 23 Instituciones privadas; Además 7 son Instituciones de educación superior, 5 de carácter tecnológico y 16 Universidades. Todas las Instituciones ofertan el programa de forma presencial en su mayoría a 10 semestres, una ofrece a 11, 2 programas de Tecnología en Mecatrónica con 7 semestres de duración y 6 Universidades con oferta de 9 semestres.

Por otra parte, se observa que el programa es ofrecido por 4 instituciones de forma propedéutica, pasando por niveles técnico, tecnológico y profesional a 9 semestres.

A la fecha de marzo de 2018, se encuentra 4 Universidades con registro calificado de alta calidad así:

Universidad Autónoma de Occidente, Cali – Valle

Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga –Santander

Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena – Bolívar

Universidad EIA, Medellín – Antioquia.

De acuerdo a la información, se resume elementos importantes que son visibles en las páginas web de las universidades, para ello se seleccionan las principales Universidades de Colombia por su reconocimiento y trayectoria. (CNA y MEN, 2019)

Tabla B.3

Estado de programa de Ingeniería Mecatrónica en el MEN

Nombre de Universidad	**Carácter**	**Cré.**	**Vigencia**	**Estado de registro en MEN**	**Semestres**	**Ciudad – Depto.**	**Página web**
Autónoma de Occidente	Privado	175	03 - 1998	Acreditada	10	Cali-Valle	www.uao.edu.co
Autónoma de Bucaramanga	Privado	157	01-1999	Acreditada	9	Bucaramanga – Santander	www.unab.edu.co
Tecnológica de Bolívar	Privado	151	10-2000	Acreditada	9	Cartagena – Bolívar	www.unitecnologica.edu.co
EIA Escuela de Ingeniería de Antioquia	Privado	179	10-2003	Acreditada	10	Medellín – Antioquia	www.eia.edu.co
San Buenaventura	Privado	166	06-1998	Registro calificado	10	Bogotá DC	http://www.usbbog.edu.co/
Autónoma del Caribe	Privado	166	06-2008	Registro calificado	9	Barranquilla – Atlántico	www.uac.edu.co
Nacional de Colombia	Oficial	170	11-2002	Registro calificado	10	Bogotá DC	http://unal.edu.co/
Tecnológica de Pereira	Oficial	170	03-2007	Registro calificado	10	Pereira-Risaralda	www.utp.edu.co
Militar Nueva Granada	Oficial	175	03-1998	Registro calificado	10	Bogotá DC	http://www.umng.edu.co/

Nota: La información de la tabla se recopila de (SNIES-MEN, 2022)

El programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia se desarrolla desde el año 1997 hasta la actualidad en las regiones Andina, Caribe y Pacífica, tanto en el sector privado como oficial con un promedio de 167 créditos para los programas descritos en la tabla B.3.

Tabla B.4

Perfil profesional de Ingenieros Mecatrónicos en universidades de Colombia

Universidad	Perfil Profesional	Desempeño
Autónoma de Occidente	Concebir, implementar, operar y mantener productos, procesos y sistemas que integren tecnologías mediante la aplicación de técnicas y métodos de diseño, con especificaciones de funcionalidad, apariencia, ahorro de energía, y relación con el entorno.	Desarrollo de software, Automatización industrial, en laboratorios de investigación y desarrollo tecnológico, diseñador de equipos en diferentes campos, consultor o asesor en desarrollo de proyectos interdisciplinarios, supervisor o jefe de plantas de procesos industriales, en servicio de postventas de máquinas y equipos de automatización industrial, docente, consultor independiente en proyectos de ingeniería.
Autónoma de Bucaramanga	El profesional de la UNAB es un ciudadano competente académicamente, con sólida formación ética, respetuoso de los valores fundamentales del desarrollo humano, contribuye al mejoramiento de la sociedad con fuertes lazos que genera en sus relaciones interpersonales y soporta su liderazgo en proyectos de desarrollo.	Diseño, control y automatización de procesos en los sectores público y privado. Reflexivo y crítico en la construcción de criterios para la toma de decisiones. Creativo e innovador en la solución de problemas.
Tecnológica de Bolívar	Sólida formación ingenieril con la versatilidad y visión de conjunto propias de la Mecatrónica para brindar solidez y respaldo a los procesos de gestión de activos y renovación tecnológica de nuestro entorno empresarial, con enfoque de la Ingeniería concurrente.	Diseño mecatrónico, trabajo en equipo desde las etapas de la concepción y el diseño básico, hasta la manufactura, ensamble y puesta a punto de sistemas mecatrónicos para mejorar la eficiencia de instalaciones y procesos en nuestro entorno con formación humanística y la educación centrada en el aprender a aprender
EIA	Formación en Sistemas Automáticos, Flexibles, Robóticos, Económico – Administrativa, Modelos y simulación, Socio – humanística, Investigación y Ciencias básicas para la producción de bienes y prestación de servicios con precisión, eficiencia y seguridad conformes a la ética y las leyes.	Diseñar, construir y repotenciar máquinas y dispositivos que siguen una secuencia predeterminada de operaciones en diferentes procesos o actividades, mediante la integración y la modificación de sistemas. Planear, organizar, implementar y evaluar procesos y proyectos de ingeniería considerando los aspectos técnicos, económicos y financieros.

Universidad	Perfil Profesional	Desempeño
		Desarrollar modelos sistémicos para representar, predecir y analizar el comportamiento de un sistema.
San Buenaventura	Capacidad de integrar eficazmente los principios y metodologías fundamentales de la mecánica, la electrónica y las ciencias de la computación, en el diseño y desarrollo de productos y sistemas automatizados y de control, aplicados en procesos de manufactura, sistemas flexibles de manufactura, robótica y el mantenimiento industrial.	Diseñar y programar robots, dirigir la operación de sistemas automatizados con técnicas flexibles en sectores industriales, agrícolas o de apoyo médico, investigar y/o desarrollar productos y sistemas mecatrónicos, ingenieros de proyectos, asesorar la apropiación y transferencia tecnológica, implementar sistemas de control, asesorar ventas de maquinaria y equipo mecatrónico, desarrollar software aplicado a la industria, aplicar sistemas de mantenimiento de equipos de última tecnología.
Autónoma del Caribe	Valorar el impacto de las soluciones mecatrónicas en el medio ambiente y en el contexto social global, aplicando criterios de seguridad, confiabilidad y desarrollo sostenible. Proponer, gestionar e implementar proyectos eficientes de automatización en la industria con desarrollo de proyectos interdisciplinarios Crear, desarrollar y administrar empresas de carácter tecnológico. Actitud investigativa y de autoaprendizaje permanente, Actitud ética, y profesional, comunicación y liderazgo para trabajar eficazmente en equipos multidisciplinarios.	Diseñar, construir, ensamblar, montar y mantener equipos y sistemas mecatrónicos, manejo de herramientas computacionales para el control, simulación, automatización, administrar procesos de manufactura flexible, programación de robots, sistemas de instrumentación, ejecutar proyectos de inclusión para personas discapacitadas
Nacional de Colombia	Habilidades analíticas, ingenio, pensamiento crítico y con capacidad de liderazgo, comunicación efectiva y trabajo en equipo, logrando aplicaciones automáticas de tecnología	Levar a cabo la identificación, formulación, desarrollo e implementación de nuevos adelantos científicos y tecnológicos para el entorno de productos, servicios e investigación interdisciplinaria o la apropiación para

Universidad	Perfil Profesional	Desempeño
	confiable y ecológicamente segura, que garantiza el desarrollo de la sociedad respetando la convivencia humana y el medio ambiente. Comprende y aprecia la integralidad de las diferentes disciplinas del conocimiento, las artes y su aporte a su trabajo. Posee la capacidad para aprender durante toda su vida con autonomía, dinamismo y flexibilidad.	los mismos; crear y optimizar procesos de manufactura, máquinas y mecanismos de mecánica de precisión, control automático, ingeniería de software y microelectrónica
Universidad Tecnológica de Pereira	Capacidad de desarrollarse profesionalmente en el campo industrial, su formación en valores y su ética profesional, le permitirá que la toma de decisiones en su ámbito profesional, sea siempre pensando en lograr las mejores condiciones y oportunidades de trabajo para las personas, en condiciones dignas de salud y seguridad, cuidando siempre el entorno ecológico y contara además con la capacidad de mantenerse actualizado respecto a los constantes avances e innovaciones tecnológicas	Diseño, rediseño, implementación, administrar, supervisar, operar y mantener equipos y procesos industriales, y agroindustriales de la región y del país, mecánica de precisión y de sistemas de automatización y control por computadora,
Universidad Militar Nueva Granada	Preparado para desempeñarse en campos de diseño, desarrollo y fabricación de bienes de consumo	Electrodomésticos, sistemas de diversión y entretenimiento, dispositivos de comunicación

Nota: La información recopilada se extrae de (UAO, 2022), (UNAB, 2022), (UTB, 2022), (EIA, 2022), (San Buenaventura, 2022), (Autónoma del Caribe, 2022), (UNAL, 2022), (UTP, 2021), (Militar Nueva Granada, 2022).

El común de los programas en Colombia es el diseño de productos mecatrónicos y la automatización de procesos, en lo cual los profesionales ejercen liderazgo en la ejecución de proyectos a nivel de desarrollo, gestión, innovación e investigación, preparados para solucionar problemas regionales, nacionales y en aspectos generales en el mundo.

Tabla B.5

Número de créditos académicos del programa de Ingeniería Mecatrónica de algunas universidades en Colombia

Universidad	Créditos por área curricular				
	Básicas	**Generales**	**Específicas**	**Electivos**	**Complementarias**
Autónoma de Occidente	33	32	60	12	38
Universidad Autónoma de Bucaramanga	38	46	42	21	10
Universidad Tecnológica de Bolívar	34	41	27	27	25
Universidad EIA	37	42	57	6	36
Universidad San Buenaventura	30	47	61	9	13
Universidad Autónoma del Caribe	32	43	55	20	16
Universidad Nacional de Colombia	56	87		36	
Universidad Tecnológica de Pereira	34	35	75	14	15
Universidad Militar Nueva Granada	45	54	51	8	17

Nota: La información recopilada se extrae de (UAO, 2022), (UNAB, 2022), (UTB, 2022), (EIA, 2022), (San Buenaventura, 2022), (Autónoma del Caribe, 2022), (UNAL, 2022), (UTP, 2021), (Militar Nueva Granada, 2022).

La distribución de créditos en el caso de Universidades católicas o confesionales presentan algunos cursos complementarios propios de la identidad Universitaria, esto no se encuentra en Universidades independientes a credos religiosos.

De forma general en Colombia se considera un sistema basado en competencias y por créditos académicos según exigencias del MEN y de alguna forma se observa homogeneidad en la distribución de cursos por áreas de conocimiento como elementos básicos, específicos y complementarios.

3. Ingeniería Mecatrónica a nivel internacional

A nivel internacional, el término de mecatrónica no necesariamente aparece como una carrera de pregrado, todo depende de la forma como se organiza cada país. Sin embargo, el concepto de mecatrónica es genérico y corresponde a la definición utilizada en Colombia.

Para observar la correspondencia de las mallas curriculares, se toma algunos programas relevantes de países como Brasil, México, Chile, Uruguay, Panamá, Estados Unidos y Europa.

Tabla B.6

Aspectos relevantes del Programa de Mecatrónica Internacional

Universidad	**Ciudad -País**	**Créd**	**Descripción breve**
Autónoma de México http://oferta.unam.mx/carreras/54/ingeniería-mecatrónica	México DC Oficial	421	10 semestres presenciales, 44 asignaturas obligatorias y 7 optativas, puede realizarse varias opciones de grado como: • Tesis o Tesina y Examen Profesional. • Actividad de Investigación. • Seminario de Tesis o Tesina. • Examen General de Conocimientos. • Totalidad de Créditos y Alto Nivel Académico. • Trabajo Profesional. • Estudios de Posgrado. • Ampliación y Profundización de Conocimientos. • Servicio Social.
Pontificia Universidad Católica del Perú http://www.pucp.edu.pe/carrera/ingeniería-mecatrónica/	Lima - Perú	Privada, fundada en 1917	10 semestres. Para el año 2017 cuenta con 317 estudiantes, en promedio gradúa a 15 estudiantes por semestre y lleva vigencia desde enero de 2009. Actualmente tiene un reconocimiento de acreditación de alta calidad.
Tecnológica de Uruguay https://utec.edu.uy/ingeniería-en-mecatrónica/	Fray Bentos - Uruguay	Pública	10 semestres presenciales y por la región está enfocada al desarrollo agrario y pecuario, sobre todo en la adecuación tecnológica de manejo de lácteos. El currículo está caracterizado por proyectos integradores en varios semestres.
Sao Pablo https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/listarGradeCurricular?codcg=3ycodcur=3111ycodhab=0ytipo=N	Sao Pablo - Brasil	Pública	Es una de las universidades más prestigiosas en el mundo, fundada desde 1937. 10 semestres, del 1 a 4 se cursan asignaturas básicas de matemáticas, física y química; de 5 a 8 semestre se cursan asignaturas de electrónica, mecánica y computación y finalmente del 9 al 10 semestre se integran los conocimientos en cursos de diseño y proyecto de grado. El currículo desarrolla la integralidad por medio de cursos de diseño mecatrónico y proyectos.

Nota: La información recopilada se extrae de (UNAM, 2020), (PUCP, 2020), (UTEC, 2020),(Sao Pablo, 2022).

En Latinoamérica y Centro América, el programa de Ingeniería mecatrónica se considera como una formación a nivel de pregrado con duración de 5 años y se desarrolla de manera semejante a los programas en Colombia y los cursos en las Universidades están enfocados al desarrollo de la región en acuerdo con la industria nacional; algunos elementos curriculares se indican en la tabla 46 en resumen de las características principales del perfil profesional, créditos, cursos, entre otros.

Tabla B.7

Perfiles profesionales y cursos del programa de Ingeniería Mecatrónica a nivel internacional

Universidad, características del programa	**Perfil Profesional**	**Características curriculares**
Autónoma de México: En el ciclo escolar 2013-2014 el total de aspirantes fue de 2,059. Ingresa 1 de 19, el 19% son mujeres y 81% hombres.	Sólida formación y conocimientos en las ciencias básicas, así como en las áreas de diseño mecatrónico, sistemas de control, electrónica industrial, manufactura y materiales. Los egresados: 69% está trabajando, 9% buscando trabajo, el 22% ocupados en otras actividades. 73% labora en el sector privado y el 27% en el sector público. 80% Empleados y 20% en autoempleo. Del total de los egresados empleados el 6% no está relacionado con su profesión.	Cursos de matemáticas y física, Circuitos, electrónica analógica y digital, fluidos, materiales, diseños de máquinas, diseño mecatrónico, robótica, diseño de productos, optativas. Todo en una matriz de cursos separados
Pontificia Universidad Católica del Perú: Cuenta con profesores altamente capacitados y modernos laboratorios.	El egresado podrá laborar donde existan procesos automatizados o donde se puedan potencialmente desarrollar así: Metal-mecánico, manufactura, minería, pesquería, agroindustria, textil, energía, petroquímica, transporte, servicios.	Cursos de integralidad basados en metodología de diseño mecatrónico y malla curricular con prerrequisitos
Universidad Tecnológica de Uruguay, modalidad presencial a 5 años	Instalar y poner en servicio maquinaria automatizada, principalmente en contextos industriales y de servicios. Realizar el mantenimiento operacional y la mejora de rendimientos de instalaciones y/o maquinaria automatizada.	En la malla curricular se observa cursos de integralidad por medio de procesos de fabricación y proyecto integrador

Universidad, características del programa	Perfil Profesional	Características curriculares
	Supervisar y/o participar de proyectos en el área de Mecatrónica. Desarrollar relaciones profesionales con clientes y proveedores (nacionales e internacionales).	
Universidad de Sao Pablo: Combina tecnologías recientes de las áreas de mecánica, electrónica y computación introduciendo nuevas tecnologías en los sistemas productivos y mejorando la calidad de los productos generados en las empresas, creando nuevos productos como cámaras fotográficos autofoco, sistemas automotrices (ABS, airbag, etc.), robots para actividades domésticas, lavadoras inteligentes, AUV (robots submarinos), UAV (aviones robots).	La Ingeniería Mecatrónica proporciona una visión integral del área de ciencias exactas. En el mercado laboral todo está interconectado: mecánica, eléctrica, automatización, e incluso infraestructura.	La malla curricular abre varias áreas de conocimiento que puede desarrollar dentro del propio curso con actividades extracurriculares con posibilidad de cursar maestría y doctorado; o ir al mercado de trabajo con un buen equipaje de conocimiento para el desarrollo profesional

Nota: La información recopilada se extrae de (UNAM, 2020), (PUCP, 2020), (UTEC, 2020),(Sao Pablo, 2022).

A nivel de Latinoamérica se considera que existe una idea de mecatrónica como un área de conocimiento amplio para dar solución a diferentes procesos de automatización avanzada relacionados con aspectos de la medicina, aeronáutica y automovilismo.

Tabla B.8

Créditos por áreas curriculares de Mecatrónica

	Créditos por área curricular				
Universidad	**Básicas**	**Generales**	**Específicas**	**Electivos**	**Complementarias**

Autónoma de México	31.3%	24.1%	28.6%	15.9% del total	9.4 % Ciencias sociales y humanas 6.7% otras
Pontificia Universidad católica del Perú	40% en ciencias básicas 90 créditos	60% en facultad 38 créditos	26 créditos	14 créditos	12 créditos
Universidad Tecnológica de Uruguay	21 cursos	22 cursos	5 cursos de soporte + 21 de integración		10 cursos
Universidad de Sao Pablo	54 créditos	65 créditos	78 créditos	25 créditos	20 créditos

Nota: La información recopilada se extrae de (UNAM, 2020), (PUCP, 2020), (UTEC, 2020),(Sao Pablo, 2022).

Los créditos u horas tanto de trabajo presencial como independiente son referidos de acuerdo con las normas de los ministerios de educación de cada país, sin embargo se tiene a manera general una organización curricular por áreas básicas, generales, específicas y cursos electivos que favorecen la movilidad de estudiantes por diferentes programas universitarios de acuerdo con los recursos que tenga la universidad; se nota que a diferencia de Colombia, en Universidades grandes como Sao Pablo en Brasil y en México la movilidad de estudiantes puede ser muy amplia debido a la gran cantidad de cursos que pueden ofrecer en las Universidades tanto Nacional como Internacional.

4. Universidades de Estados Unidos e Inglaterra con programas de mecatrónica

En Estados Unidos de América se encuentra una de las mayores tecnologías a nivel mundial en el desarrollo e investigación de áreas como la electrónica, la mecánica, los sistemas y otras relacionadas con la ingeniería mecatrónica; y muchos de los desarrollos en equipos médicos, equipos de comunicaciones, robótica, agro industria, automovilismo, tecnología aeroespacial, etc. Son realizados por Universidades en llave con las diferentes industrias de este país. Por esto los contenidos curriculares en los programas de ingeniería de las Universidades norte americanas permiten identificar grandes fortalezas a los modelos usados por el programa de ingeniería mecatrónica en Colombia.

Para indicar los elementos principales de la ingeniería mecatrónica se realiza la consulta en las páginas web de cuatro universidades Estadounidenses y una en Inglaterra, las cuales son rankeadas como las mejores del mundo por su alta investigación y aporte tecnológico.

Las Universidades que a continuación presentan el término de mecatrónica como un área de conocimiento al cual pueden acceder estudiantes de ingeniería y tomar los cursos en los laboratorios de esta área para especializar su formación profesional y trabajar en proyectos de diseño mecatrónico son: Universidad de Harvard (https://www.harvard.edu/), Instituto Tecnológico de Massachusetts (https://www.massachusetts.edu/), Universidad de Stanford: (https://www.stanford.edu/), Universidad de California (https://www.universityofcalifornia.edu/), Universidad de Oxford (http://www.ox.ac.uk/)

Universidad de Harvard: Mecatrónica se ocupa de investigación enfocada al desarrollo de productos que usan tecnologías informáticas integradas al área de electricidad y de mecánica. Los estudiantes seleccionan los cursos y trabajos de acuerdo con sus intereses.

Definen mecatrónica como: *"La mecatrónica combina la ingeniería informática, eléctrica y mecánica para producir productos tales como automóviles, cámaras, electrodomésticos, marcapasos y una gran variedad de dispositivos. Hay varios programas de maestría que se centran en la mecatrónica, incluida una Maestría en Ciencias en Ingeniería de Sistemas Mecatrónicos. Otros son licenciados en ingeniería informática, eléctrica o mecánica con un énfasis en mecatrónica.*

La mayoría de los programas de mecatrónica solo requieren como requisito de ingreso una licenciatura. Sin embargo, en casos particulares se requiere de títulos en ingeniería eléctrica, computacional y / o mecánica de una escuela acreditada por la Junta de Acreditación de Ingeniería y Tecnología (ABET)." (Harvard, 2012)

Para el desarrollo de la maestría en Mecatrónica, los estudiantes toman cursos en relación a los microcontroladores y modelación de sistemas mecatrónicos, trabajando con un profesor director de proyecto que ayuda a seleccionar los cursos en relación a las metas de un proyecto de carrera.

Como podría esperarse, estos programas implican una gran cantidad de trabajo de laboratorio y experiencia práctica, y puede ser necesaria una tesis. La mayoría de los programas se pueden completar en aproximadamente un año de estudio a tiempo completo. Los estudiantes pueden elegir los cursos de nivel superior en este programa y los cursos requeridos generalmente

caen dentro de categorías como sistemas mecánicos, sistemas mecatrónicos y de control, micro controladores, sensores e instrumentación, sistemas de comunicaciones, sistemas de defensa, sistemas médicos, robótica y vehículos.

La Universidad indica algunos datos importantes como ingresos promedios de egresados del programa y proyectos que desarrolla así:

En general se espera que el número de ingenieros empleados aumentará un 4% de 2014-2024, aunque las proyecciones de empleo pueden variar según la disciplina. El salario promedio entre todos los tipos de ingenieros era de US$ 95,240 por hora a partir de mayo de 2015.

La Asociación de Ingenieros Mecatrónicos Internacionales (AIME) ofrece una certificación: Especialista Certificado en Control de Movimiento. El control de movimiento fue el enfoque de AIME hasta 2010, cuando comenzó a expandir su enfoque para incluir todas las áreas de la mecatrónica. La recertificación (cada tres años) incluye el trabajo universitario adicional como una de las opciones de educación continua. El ingeniero en mecatrónica con una maestría podría tomar cursos de posgrado para mantener la certificación.

Instituto Tecnológico de Massachussets MIT: oferta un curso de mecatrónica a todos los estudiantes de ingeniería con el objeto de profundizar en el diseño mecatrónico para el desarrollo de productos de alta tecnología.

Este curso lo realizan con 2 reuniones semanales de una hora y media cada una en los laboratorios de mecatrónica y es una introducción al diseño de sistemas mecatrónicos, que requieren la integración de las disciplinas de ingeniería mecánica y eléctrica dentro de un marco unificado. Hay importantes experiencias de diseño basadas en el laboratorio. Los temas cubiertos en el curso incluyen: Interfaz de bajo nivel de software con hardware; uso de herramientas de programación gráfico de alto nivel para implementar tareas de computación en tiempo real; lógica digital; Interfaz analógica y amplificadores de potencia; medición y detección; transductores electromagnéticos y ópticos; Control de sistemas mecatrónicos. Este curso tiene unos prerrequisitos muy específicos tales como: Análisis y Diseño de Sistemas de Control realimentado, Sistemas de retroalimentación y Principios de Control Automático.

Cabe resaltar que en todos los programas de ingeniería mecatrónica a nivel nacional e internacional se toman los cursos mencionados anteriormente de forma teórica, y la diferencia con los cursos de Universidades en Estados Unidos es que son totalmente prácticos.

Para las clases la mayoría de las veces se trabaja en el laboratorio de forma autodidacta.

Una estrategia pedagógica usada por el MIT es el de los “Prelaboratorios”, en los que la semana anterior al ejercicio de laboratorio el estudiante se prepararse y realiza cálculos y toma de datos previos. El prelaboratorio también puede contener problemas similares a la tarea, generalmente se entrega en clase una semana después de que se termina la tarea de laboratorio, Para la evaluación de los laboratorios el estudiante cuenta con 30 minutos para la demostración de la funcionalidad total del proyecto desarrollado.(Massachussetts, 2018)

Estas estrategias fortalecen el aprendizaje autónomo y facilitan al estudiante el acceso a todos los recursos de la Universidad, pero con un método de evaluación rígido en el que el estudiante demuestra los conocimientos teóricos y prácticos.

Universidad de Stanford: En los cursos de ingeniería de esta universidad se presentan aspectos relacionados de áreas particulares del estudio y se cubren comúnmente en las ofertas de varios departamentos y divisiones. Se recomienda a los estudiantes con la aprobación de los asesores de sus departamentos, que elijan cursos en departamentos que no sean los suyos para lograr una apreciación más amplia de su campo de estudio. Por ejemplo, la mayoría de los departamentos de la escuela ofrecen cursos relacionados con la nano ciencia, y un estudiante interesado en un aspecto de la nanotecnología a menudo puede obtener un beneficio apreciable de los cursos relacionados impartidos por otros departamentos además del suyo tales como: Biomecánica, ciencia de la combustión, mecánica computacional, controles, diseño de sistemas mecánicos, dinámica, ciencia medioambiental, análisis experimental de Esfuerzo mecánico, mecanismos de fatiga y fractura, análisis de elementos finitos, mecánica de fluidos, transferencia de calor, dinámica de gas a alta temperatura, cinemática, fabricación, mecatrónica, diseño de producto, robótica, sensores, sólidos, termodinámica, turbulencia. (Stanford, 2022)

Universidad de California Caltech: En esta Universidad se oferta un curso de mecatrónica para Ingeniería Eléctrica iniciando con Introducción a la mecatrónica como el diseño multidisciplinar de sistemas electromecánicos. Este curso está destinado a dar al estudiante una introducción básica a tales sistemas, el curso se centra en las implementaciones de sistemas de sensores y actuadores, los dispositivos mecánicos involucrados y los circuitos eléctricos necesarios para interactuar con ellos, para el efecto el curso se basa en conferencias y laboratorios cortos donde el estudiante investiga los conceptos discutidos en la clase, y los temas que se cubren incluyen motores, dispositivos piezoeléctricos, sensores de luz, transductores ultrasónicos y sensores de navegación como acelerómetros y giroscopios. (Caltech, 2022)

Universidad de Cambridge. UK Reino Unido: presenta a los estudiantes como especialistas en diseño de alta tecnología, siendo Cambridge Mechatronics (CML) como una empresa de ingeniería y diseño de alta tecnología con sede en Cambridge, Reino Unido, pioneros en desarrollar tecnología de plataforma mecatrónica de vanguardia desde el concepto hasta la producción en masa a través de licencias de tecnología o asociaciones con corporaciones de fabricación global, esta Universidad presenta un portafolio de propiedad intelectual con más de 100 patentes que los estudiantes pueden explotar.

Los ingenieros de Cambridge encuentran su camino en muchas carreras. Consultoría de ingeniería, investigación y desarrollo, industria y defensa son sectores clave de empleo. Los ingenieros también desempeñan funciones comerciales, de gestión y de consultoría en una amplia variedad de organizaciones privadas y públicas.

La Universidad al ofertar el programa de ingeniería indica a los aspirantes que además de considerar la profesión también se piense en el área de interés y la empresa a la que quisiera desarrollar un proyecto. Posterior a la finalización del programa de ingeniería la Universidad ofrece la certificación como el nivel más alto en la profesión, generalmente los profesionales desarrollan su competencia a través de un plan de capacitación acreditado basado en el empleador. (Oxford, 2022).

5. Datos de características generales de las Instituciones Muestreadas con Programas de Mecatrónica en Colombia

Del total de programas con mecatrónica en Colombia a través de la información suministrada por el MEN en las bases de datos del SNIES, se toma como referentes algunas de las Universidades con mayor trayectoria y reconocimiento, esto con el propósito de generar la caracterización del perfil del ingeniero mecatrónico desde la información documental que las Universidades suministran.

Tabla B.9

Muestra de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia sector oficial, reconocimiento de calidad (Registro calificado RC, Acreditación de Alta calidad A), fecha de registro en SNIES, créditos académicos, duración por semestres y municipio en el que se oferta

Nombre institución	Reconocimiento	Registro en SNIES	No créd	Semestres	Municipio
Universidad Nacional De Colombia	A	12/11/2002	179	10	Bogotá, D.C.
Universidad de Caldas	RC	22/04/2010	164	10	Manizales

Universidad Militar-Nueva Granada	A	21/03/1998	175	10	Bogotá, D.C.
Universidad De Pamplona	RC	01/02/2000	163	10	Pamplona

Nota: Los resultados se obtienen y procesan de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES-MEN, 2022)

Para el análisis de perfiles del programa de Ingeniería Mecatrónica se selecciona una muestra de 4 Universidades del sector oficial por su prestigio académico, su trayectoria y región.

Tabla B.10

Muestra de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia sector privado, reconocimiento de calidad (Registro calificado RC, Acreditación de Alta calidad A), fecha de registro en SNIES, créditos académicos, duración por semestres y municipio en el que se oferta

Nombre institución	Reconocimiento	Registro en SNIES	No créd	Semestres	Municipio
Pontificia Universidad Javeriana	RC	08/04/2020	136	8	Bogotá, D.C.
Universidad Mariana	RC	24/07/2015	158	10	Pasto
Universidad De Boyacá	RC	08/04/2009	172	10	Tunja
Universidad Autónoma Del Caribe	RC	06/06/2008	166	9	Barranquilla
Universidad Autónoma De Bucaramanga	A	25/01/1999	157	9	Bucaramanga
Universidad Autónoma De Occidente	A	21/03/1998	156	9	Cali
Universidad EIA	A	24/10/2003	179	10	Medellín

Nota: Los resultados se obtienen y procesan de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES-MEN, 2022)

En el sector privado Tabla B.10, se seleccionan 7 Universidades de prestigio y calidad académica, alta trayectoria y que abarquen el total de regiones de Colombia en las que se oferta el programa de Ingeniería Mecatrónica.

Como referente para la relación del perfil profesional de los ingenieros mecatrónicos se toma algunos programas de mecatrónica en los niveles técnicos, tecnológicos, de especialización, maestría y doctorado con el fin de abordar categorías de análisis que enmarquen aspectos y niveles de desempeño tanto a menor como mayor escala en el que hacer de la mecatrónica.

En los niveles superiores al de Ingeniería Mecatrónica se encuentra generalidades en las actividades que desarrolla un especialista, magíster y doctor en mecatrónica por lo que se referencia para el nivel de Especialización a la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, perteneciente al sector privado, la cual presenta su registro calificado desde el 30 de julio del año 2015 a dos semestres y 24 créditos académicos.

Con respecto a nivel de maestría y doctorado en mecatrónica se seleccionan las universidades como referentes por su trayectoria en pregrado y posgrado; En Colombia actualmente no presentan reconocimiento de alta calidad a nivel de maestría y doctorado y la Universidad Nacional es la única que cuenta con dos registros calificados de doctorado en mecatrónica en sus sedes de Bogotá y Medellín.

Tabla B.11

Muestra de programas de Maestría y Doctorado en Mecatrónica en Colombia sector privado y oficial, fecha de registro en SNIES, créditos académicos, duración por semestres y municipio en el que se oferta

Nombre institución	Sector	Nivel	Registro en SNIES	No créd	Semestres	Municipio
Universidad Militar-Nueva Granada	Oficial	Maestría	12/08/2009	44	4	Bogotá, D.C.
Universidad Autónoma De Bucaramanga	Privado	Maestría	13/11/2019	44	4	Bucaramanga
Universidad Nacional De Colombia	Oficial	Doctorado	14/05/2010	135	8	Bogotá, D.C.

Nota: Los resultados se obtienen y procesan de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES-MEN, 2022)

Se resalta que el nivel de Doctorado en la Universidad Nacional de Colombia tiene una trayectoria de 12 años a la fecha y que junto al programa de Ingeniería Mecatrónica que existe desde el año 2003 (7 años de diferencia), uno de los propósitos es la búsqueda de la cualificación a nivel investigativo de sus egresados.

Para el caso de los niveles inferiores en formación profesional técnica y tecnológica en Mecatrónica con registro calificado, se observa de manera general que la duración del programa es de 4 y 6 semestres respectivamente, algunos programas que se indican en la tabla B.11 muestran la cantidad de créditos académicos, ciudad de oferta, sector y trayectoria en Colombia.

Tabla B.12

Muestra de programas técnicos en Mecatrónica en Colombia, sector privado y oficial, fecha de registro en SNIES, créditos académicos y municipio en el que se oferta

Nombre institución	Sector	Registro en SNIES	No créd	Municipio
Universidad Tecnológica de Pereira	Oficial	21/03/2007	67	Pereira
Fundación centro de investigación docencia y consultoría administrativa	Privado	20/02/2015	73	Bogotá, D.C.
Corporación Tecnológica industrial colombiana	Privado	02/08/2013	74	Bogotá, D.C.
Corporación internacional para el desarrollo educativo	Privado	31/12/2019	72	Bogotá, D.C.
Institución universitaria EAM	Privado	18/08/2015	73	Armenia

Nota: Los resultados se obtienen y procesan de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES-MEN, 2022)

Tabla B.13

Muestra de programas tecnológicos en Mecatrónica en Colombia, sector oficial, fecha de registro en SNIES, créditos académicos y municipio en el que se oferta

Nombre institución	Reconocimiento	Registro en SNIES	No créd	Municipio
Universidad Tecnológica de Pereira	RC	21/03/2007	103	Pereira
Institución Universitaria Pascual Bravo	A	24/07/2013	96	Bogotá, D.C.

Nota: Los resultados se obtienen y procesan de la base de datos consolidados del Ministerio de Educación Nacional en su Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES-MEN, 2022)

La tabla B.13 indica dos programas tecnológicos en Mecatrónica del sector público, resaltando que la Institución Pascual Bravo cuenta con su programa acreditado.

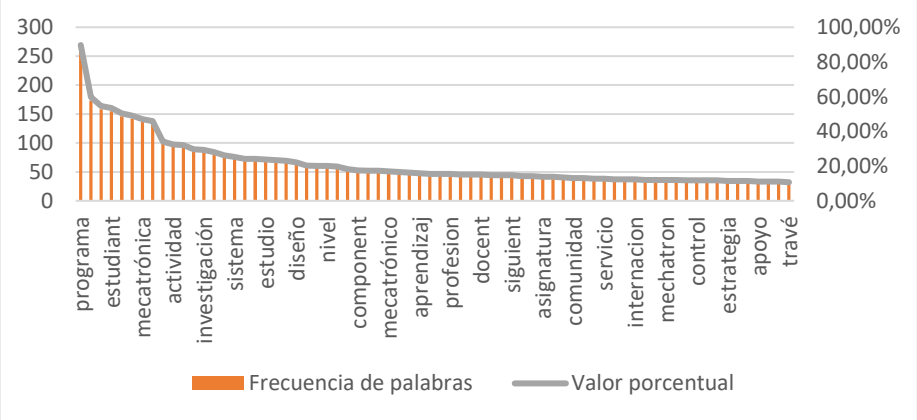
ANEXO C. FRECUENCIA DE APARICIÓN DE PALABRAS EN DOCUMENTOS PEP

Del documento PEP (Proyecto Educativo de Programa) proporcionado por las Universidades con el programa de Ingeniería Mecatrónica se realiza un listado de palabras con mayor frecuencia de aparición como referente para la codificación abierta.

1. PEP Universidad Autónoma de Occidente

Gráfico C.1

Conteo de palabras frecuentes encontradas en PEP Programa de Ingeniería Mecatrónica UAO



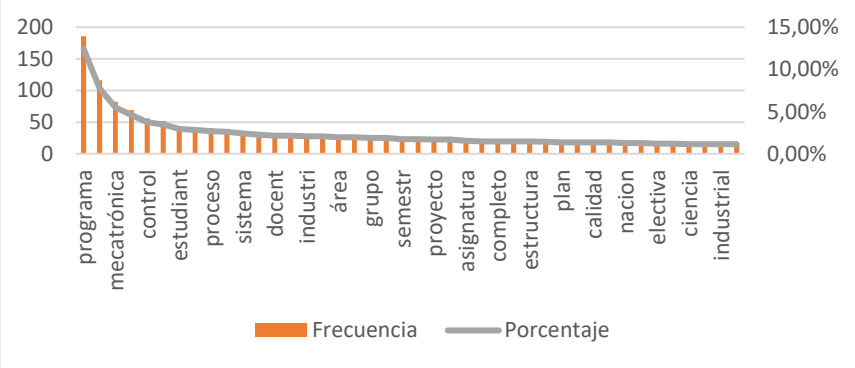
Nota: La información se procesa del documento PEP (UAO, 2018).

En el PEP de la Universidad Autónoma de Occidente se resaltan palabras claves como Mecatrónica, sistemas, investigación, Diseño, Servicio, Control y estrategia; las cuales dan una ligera idea de códigos a identificar en la lectura detallada del documento.

2. Universidad de Pamplona

Gráfico C.2

Conteo de palabras frecuentes encontradas en PEP Programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad de Pamplona



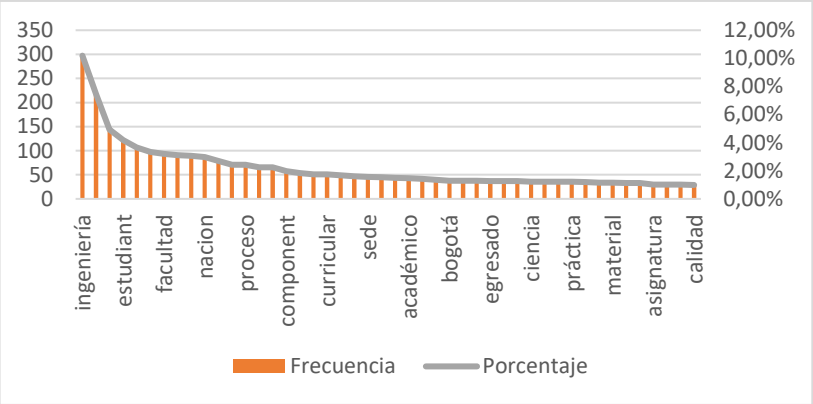
Nota: La información se procesa del documento PEP (Universidad de Pamplona, 2020).

En el caso de la Universidad de Pamplona, se resaltan las palabras Proyecto, Estructura, Calidad, Industria, en adición al caso anterior.

3. Universidad Nacional de Colombia

Gráfico C.3

Conteo de palabras frecuentes encontradas en PEP Programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Nacional de Colombia



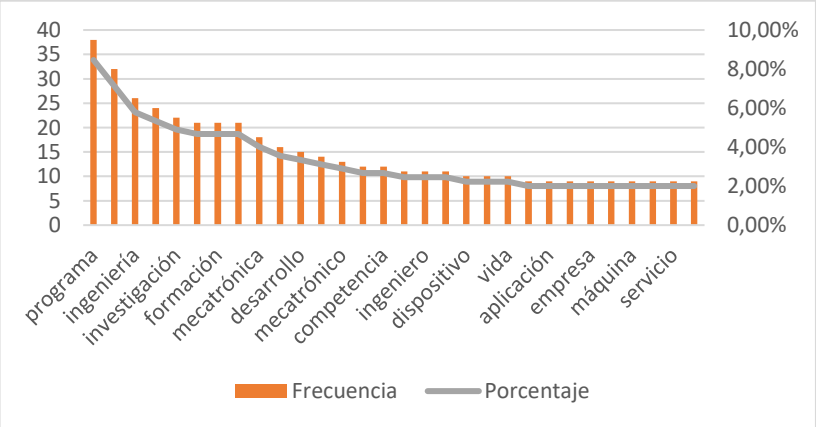
Nota: La información se procesa del documento PEP(UNAL, 2019).

En este gráfico se retoma la palabra laboratorio, proceso, acuerdo, asignatura, entre otras como se observa en el gráfico C.3.

4. Universidad EIA

Gráfico C.4

Conteo de palabras frecuentes encontradas en PEP Programa de Ingeniería Mecatrónica Escuela de Ingeniería de Antioquia



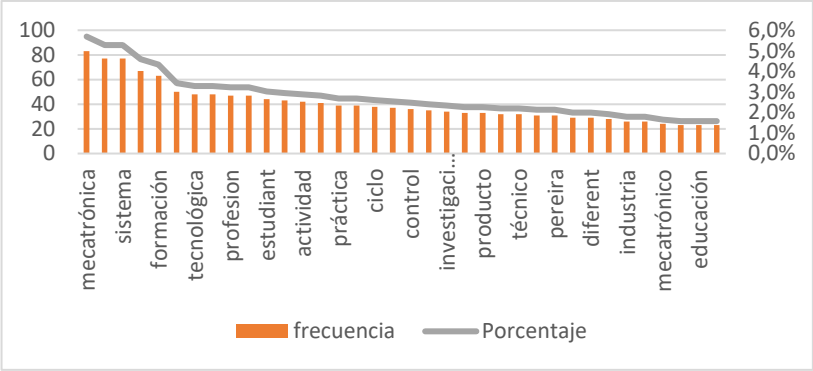
Nota: La información se procesa del documento PEP (EIA, 2017).

En la EIA se observa saturación por repetición de palabras comunes en los anteriores PEP agregando dispositivo, competencia, empresa y servicio.

5. Universidad Tecnológica de Pereira

Gráfico C.5

Conteo de palabras frecuentes encontradas en PEP Programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Tecnológica de Pereira

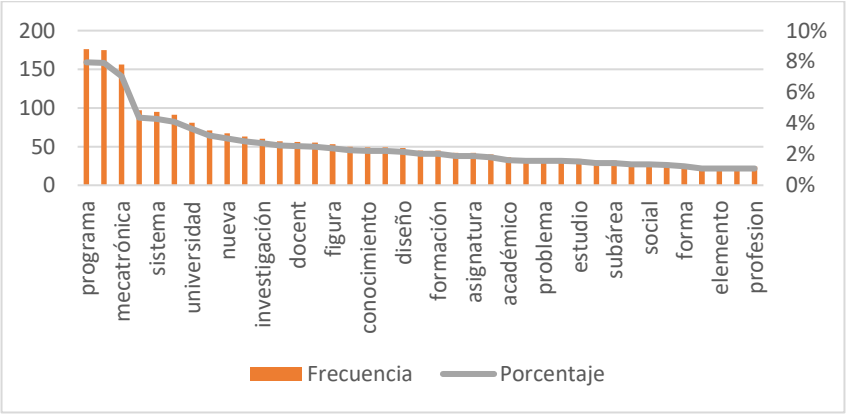


Nota: La información se procesa del documento PEP (UTP, 2021).

6. Universidad Militar Nueva Granada

Gráfico C.6

Conteo de palabras frecuentes encontradas en PEP Programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Militar Nueva Granada

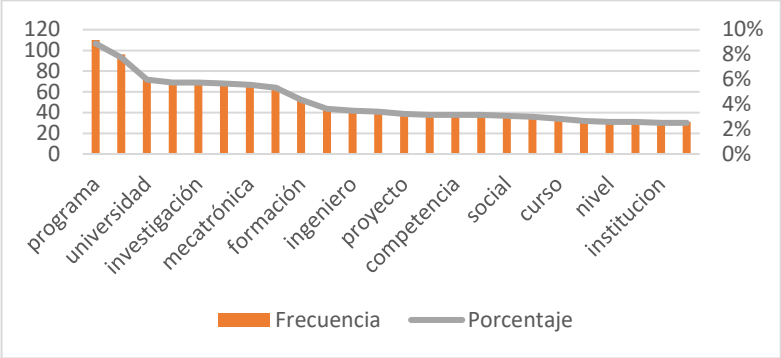


Nota: La información se procesa del documento PEP (Militar Nueva Granada, 2022).

7. Universidad Mariana

Gráfico C.7

Conteo de palabras frecuentes encontradas en PEP Programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Mariana



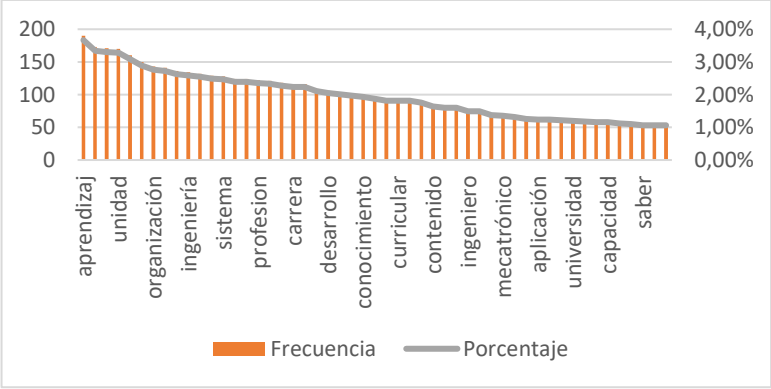
Nota: La información se procesa del documento PEP (Mariana, 2022).

8. Universidad Técnica del Norte

Dado que existe unificación en las palabras de mayor frecuencia en los documentos, se revisa como referente un PEP de una Universidad Internacional, pero con cercanía al contexto sur colombiano como lo es la Universidad Técnica del Norte en Ibarra Ecuador.

Gráfico C.8

Conteo de palabras frecuentes encontradas en PEP Programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Técnica del Norte Ibarra - Ecuador



Nota: La información se procesa del documento PEP (Universidad Técnica del Norte, 2022).

En este documento aparecen palabras semejantes, sin embargo, se resalta la palabra contenido, ciencia y saber.

ANEXO D. CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS A PARTIR DE LA CODIFICACIÓN INDUCTIVA PRODUCTO DE LOS DOCUMENTOS PEP Y REDES SEMÁNTICAS.

1. Categoría Diseño en mecatrónica, encierra a 101 códigos

Tabla D.1

Clasificación de códigos en subcategorías de acuerdo a la categoría Diseño con referencia a los Proyectos Educativos de Programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Integralidad	Procesos	Objetos de diseño	Características del diseño mecatrónica	Cualidades administrativas	Herramientas
Enfoque de aplicación	Manufacturas	proyectos integradores	adaptable	gestión de sistemas mecatrónicas	herramientas de simulación
Habilidades	materiales	sensores	Concurrente	Adquirir tecnología	metodologías prácticas
Sinergia	Ahorro energético	Servoactuadores	confiabilidad	Ciclos de vida de productos	Modelo
Construcción mental	Mejorar productos y procesos	sistemas embebidos	Conocimientos no restringidos	Valor agregado	heurística
Convergencia	aprendizaje desde el hacer	sistemas inteligentes	manufactura aditiva	productividad	Creatividad
correlación de las ciencias	Modernización	sistemas robóticos	estándares productivos	Prospectiva	Cad Cam Cae
Hibrida	calidad de vida	software	inteligencia artificial	Emprendimiento	diálogo
holístico	sustentabilidad	inmótica	Aplicación del conocimiento	competitividad	instrumentalista
nuevo nivel de integración	sostenibilidad	diseñar artefactos tecnológicos	multidisciplinario		diseño computarizado
capacidad de integrar	producción limpia	dispositivos	Multidominio		técnicas avanzadas
proactivo	transformación de ideas a productos		Multifuncional		transferencia de conocimiento
Capacidad multipropósito			Calidad		Diseño conceptual
Capacidad de combinar			solución de problemas		diseño detallado
visión sistémica			dinámico		Ciencias básicas

Integralidad	Procesos	Objetos de diseño	Características del diseño mecatrónica	Cualidades administrativas	Herramientas
interacción			Innovación		ciencias experimentales
colaboración			Soluciones novedosas		validación de diseño
intercambio de experiencias			precisión		Análisis funcional
Eje articulador			versatilidad		
Interdisciplinar					

La subcategoría Diseño proviene de la alta recurrencia del código denominado igual, esto conlleva a tomarlo como una subcategoría que enmarca tanto estrategias y metodologías del diseño en general y en lo particular de la mecatrónica, además permite considerar que en mecatrónica el diseño se caracteriza por ser Integral fundamentado en la interdisciplinariedad como eje articulador en el intercambio de experiencias dadas en la interacción del trabajo en equipo, la visión sistémica y la proactividad en un sistema holístico.

2. Categoría Herramientas para el programa, con 99 códigos:

Tabla D.2

Clasificación de códigos en subcategorías de acuerdo a la categoría Herramientas para el programa con referencia a los Proyectos Educativos De Programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Informática	Tecnológica	Mecánica	Electrónica	Automatización	Administrativa	Integradora	Genérica
algoritmo	autotrónica	cad cam cae	rediseño	actuadores	Ahorro energético	electrohidráulica	precisión
diseño computarizado	aviónica	construir	sistemas embebidos	celdas de manufactura	Análisis funcional	electromecánica	Accesorios
herramientas de simulación	biomecánica	hidráulica	instrumentalista	control	Ciclos de vida de productos	electroneumática	dispositivos

Informática	**Tecnológica**	**Mecánica**	**Electrónica**	**Automatización**	**Administrativa**	**Integradora**	**Genérica**
Industria 4.0							
Big data, iot, Deep learning	Biomecatrónica	máquinas y mecanismos manipuladores	inteligencia artificial	control de las tecnologías	Emprendimiento estándares	prototipado	laboratorios
Informática programar equipos interfaces	Biotecnología	cinemáticos	sensores	control numérico equipos	productivos	Robótica robótica	lengua extranjera
hombre máquina	domótica	manufactura aditiva	microcontrolador	industriales	Infraestructura	colaborativa	medida
software monitoreo	inmotica	procesos de manufactura	microelectrónica	redes industriales	productividad	Servoactuadores sistemas	medio natural
	prótesis medicina	Producción			recurso seguridad	inteligentes sistemas	tolerancia
	procesos agronómicos	materiales			interacción	robóticos	Modelo
		térmicos			organizar		
	náutica	transformación			optimizar		
		neumática			Operar		
					Mejorar productos y procesos		

Las herramientas para el programa que requiere la Ingeniería Mecatrónica se han clasificado en disciplinas que la integran, tales como la informática, la mecánica y la electrónica, sin embargo, se observa que algunos términos no clasifican únicamente en estas subcategorías, por tanto, se tienen elementos tecnológicos, genéricos de integración de disciplinas y una subcategoría administrativa.

3. Categoría de Metodologías de enseñanza-aprendizaje con 93 códigos

Tabla D.3

Clasificación de códigos en subcategorías de acuerdo a la categoría Metodologías de enseñanza-aprendizaje con referencia a los Proyectos Educativos de Programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Transversalidad	Herramientas pedagógicas	Competencias	Aprendizaje dialógico
Internacionalización	Didáctica	aprendizaje desde el hacer	capacidad critica
Investigación	Eje articulador	Aprendizaje significativo	capacidad de integrar
legislación	Emprendimiento	capital humano para la productividad	Capacidad multipropósito
lengua extranjera	Enfoque de aplicación	competencia comunicativa	Capacidad de combinar
liderazgo	Enseñanza tradicional Es una estrategia	Competencias Básicas	capital cultural
identidad pluricultural e intercultural	equilibrio entre práctica y conocimiento disciplinar	Competencias Específicas	cultura de indagación
identidad propia	Factores de calidad	Competencias Genéricas	desarrollo integral
Motivación	Flexibilidad	Conocimiento	diálogo
nuevas concepciones en diseño de productos y procesos	proyectos integradores	conocimientos sólidos para producir, adaptar, adoptar tecnologías	holístico
pluralismo	redes científicas	Currículo formativo	trabajo independiente
sostenibilidad	sector productivo	formación científica	trabajo por resultados
Sujeto social	transferencia de conocimiento	formación integral armónica	Aprendizaje activo
Políticas públicas	visión sistemática	formación integral y permanente	adaptable
trabajo en equipo		Componentes	constructivismo
Proceso de mejora continua PHVA		Componente curricular fundamentación	desarrollar modelos sistémicos
Proyección social		Componente curricular humanista	experimentación continua
		Componente curricular investigación formativa	participación ciudadana
		Componente de formación básica	pensamiento complejo

Transversalidad	Herramientas pedagógicas	Competencias	Aprendizaje dialógico
		Componente de formación de énfasis	Pensamiento sistémico ABP y ABPro cadena de formación Conocimientos no restringidos Construcción mental correlación de las ciencias

El programa de Ingeniería Mecatrónica basa las metodologías de enseñanza en herramientas de la transversalidad y el aprendizaje autónomo.

4. Categoría Integralidad con 75 códigos

Para el caso del concepto o categoría de integralidad en Mecatrónica se clasifican los códigos por las subcategorías que permitan definir que es la integralidad, cuáles son sus objetivos, que genera la integralidad, cómo se favorece a la integralidad y cómo se representa en un currículo.

Tabla D.4

Clasificación de códigos en categoría Integralidad con correspondencia al Que es, y en referencia a los Proyectos Educativos de Programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Que es la integralidad		
Actitudes	Capacidad multipropósito	Correlación de las ciencias
Acuerdo temporal	Capacidad de combinar	Hibrida
Adaptable	Concurrente	holístico
Aptitudes	Conocimientos no restringidos	versatilidad
Buen vivir	Construcción mental	visión sistémica
Calidad de vida		

La integralidad es una visión sistémica abordada desde un horizonte epistemológico de la Ingeniería mecatrónica.

Tabla D.5

Clasificación de códigos en categoría Integralidad con correspondencia al Que la favorece, y en referencia a los Proyectos Educativos de Programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Que favorece a la integralidad

Aprendizaje Basado en Problemas	Competencia
Aprendizaje basado en proyectos	Creatividad
Aprendizaje desde el hacer	Cultura de indagación
Aprendizaje dialógico	Experiencia
Colaboración	Trabajo en equipo

La Integralidad se favorece por el aprendizaje desde el hacer, el trabajo en equipo, la experiencia, la cultura de indagación, la creatividad, la colaboración, el diálogo.

Tabla D.6

Clasificación de códigos en categoría Integralidad con correspondencia al Que genera, y en referencia a los Proyectos Educativos de Programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Que genera la integralidad	
Aprendizaje significativo	Liderazgo
Apropia, divulga y desarrolla el saber científico	Nueva disciplina
Capacidad critica	Nuevo nivel de integración
Competitividad	Nuevos campos de conocimiento
Diálogo	Nuevos productos
Estándares productivos	Productos mecatrónicos

La Integralidad en Mecatrónica genera aprendizaje significativo, apropia, divulga y desarrolla el saber científico con capacidad crítica.

Tabla D.7

Clasificación de códigos en categoría Integralidad con correspondencia a objetivos, y en referencia a los Proyectos Educativos Del Programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Objetivos de la integralidad en mecatrónica	
Concebir procesos y productos de alta tecnología	Interdisciplinar
Diseño	Multidisciplinario
Desarrollo integral	Multidominio
Emprendimiento	Multifuncional
Enfoque de aplicación	Mejorar productos y procesos
Evolución	Sistema mecatrónico
Identidad propia	solución de problemas
Interacción	Soluciones novedosas
	Sostenibilidad

El objetivo principal de la integralidad en Mecatrónica radica en diseñar y mejorar nuevos productos y procesos mecatrónicos con identidad propia y de alta tecnología sostenibles y competentes.

Tabla D.8

Clasificación de códigos en categoría Integralidad con correspondencia a currículo, y en referencia a los Proyectos Educativos Del Programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Currículo integral	
Capital cultural	Componente curricular investigación formativa
Capital humano para la productividad	Componente de formación básica
Capital social	Componente de formación de énfasis
Ciclos de vida de productos	Disciplinas clásicas
Ciencias básicas	Eje articulador
Ciencias experimentales	Dinámico
Componente curricular fundamentación	Estructura
Componente curricular humanista	Identidad pluricultural e intercultural

El currículo en Mecatrónica se enmarca en una estructura dinámica que fortalece la identidad de las disciplinas clásicas como capital cultural y social.

5. Categoría Competencias con 50 códigos:

Tabla D.9

Clasificación de códigos en categoría Competencias y en referencia a los Proyectos Educativos del Programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Estrategias	**Competencias actitudinales**	**Competencias tecnológicas**	**Competencias de integralidad**
Aprendizaje activo	Actitudes	Adquirir tecnología	formación integral armónica
Aprendizaje Basado en Problemas	adaptar	Independencia tecnológica	holístico
Aprendizaje basado en proyectos En esta	administrar	Paradigma tecno económico	implementación
aprendizaje desde el hacer	análisis	Operar	incorporar conceptos
aprendizaje dialógico	Análisis funcional	optimizar	trabajo en equipo
Aprendizaje significativo	Aplicación del conocimiento	organizar	versatilidad
	Aptitudes	Tecnología	visión sistemática
	Asociatividad		visión sistémica
	capacidad critica		
	capacidad de integrar		

6. Categoría Programa curricular con 46 códigos

Tabla D.10

Clasificación de códigos en categoría Programa curricular y en referencia a los Proyectos Educativos Del Programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Competencia	Académico	Plan	Mecatrónica
Competencia Comunicativa	Acuerdo temporal	Componente curricular fundamentación	Identidad pluricultural e intercultural
Competencias Básicas	Adaptable	Componente curricular humanista	identidad propia
Competencias Específicas	Aplicación del conocimiento	Componente curricular investigación formativa	impacto
Competencias Genéricas	Área de formación básica	Componente de formación básica	Ingeniería
	Área de formación profesional	Componente de formación de énfasis	Investigación
	área de ingenierías	Componentes	laboratorios
	áreas profesionales de Ing. mecatrónica	correlación de las ciencias	Profesión
	área socio humanista	Disciplinas clásicas	PEP
	Ciencias básicas	Docentes	Perfil
	ciencias experimentales	holístico	Proyección social
	Clasificación Nacional de Ocupaciones		universalidad

En cuanto a la categoría programa se observa que la Ingeniería Mecatrónica obedece a un plan curricular por competencias en las áreas del conocimiento básicas, genéricas y específicas y la correlación de estas para darle a mecatrónica la identidad como profesión en la universalidad.

7. Categoría Mecatrónica con 43 códigos

Tabla D.11

Clasificación de códigos en categoría Mecatrónica y en referencia a los Proyectos Educativos Del Programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Características	Requiere	Programa académico	Competencia	Metodologías
Automatización	Conocimiento	Adaptable	Capacidad de integrar	Aprendizaje activo
Diseño	Creatividad	Administrar	Concebir procesos y productos de alta tecnología	Aprendizaje basado en problemas
Equilibrio entre práctica y	Desarrollar modelos sistémicos	Adquirir tecnología	Pensamiento complejo	Aprendizaje basado en

Características	Requiere	Programa académico	Competencia	Metodologías
conocimiento disciplinar				proyectos en esta
Flexibilidad	Desarrollo integral	Análisis	Pensamiento sistémico	Aprendizaje desde el hacer
Formación integral armónica	Optimizar	Aplicación del conocimiento	Ser, saber, servir	
Holístico	Trabajo en equipo	Interdisciplinar		
Horizonte epistemológico	Visión sistémica	Concurrente		
Liderazgo	Rediseño	Ingeniería		
Mecatrónica con identidad propia en el área de ingeniería		Integral		
Nuevo nivel de integración		Sistema mecatrónico		
Proactivo				
Procesos				
Productos				
Productos mecatrónicos				

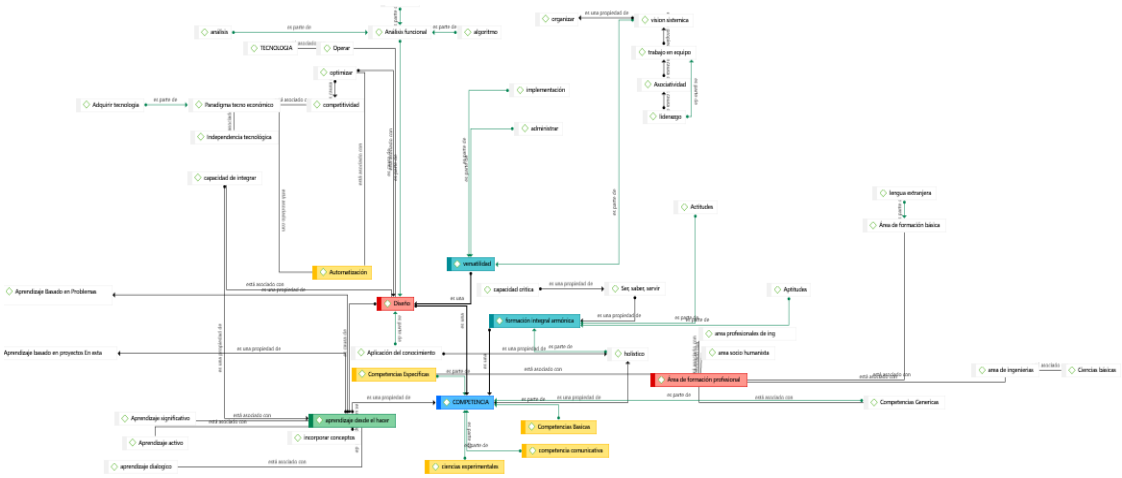
El término mecatrónica en los documentos se refiere a un programa profesional de formación integral e interdisciplinario.

8. Redes semánticas producto de codificación inductiva

La construcción de las redes se realiza a partir de la relación de los diferentes códigos que generan categorías centrales, las cuales forman una red de conceptos que evidencian la cohesión de elementos que definen al programa de Ingeniería Mecatrónica a partir de los datos recogidos de la documentación suministrada por las universidades que ofertan este programa. A continuación, se describen las redes formadas por 7 categorías principales.

8.1 Red Competencias

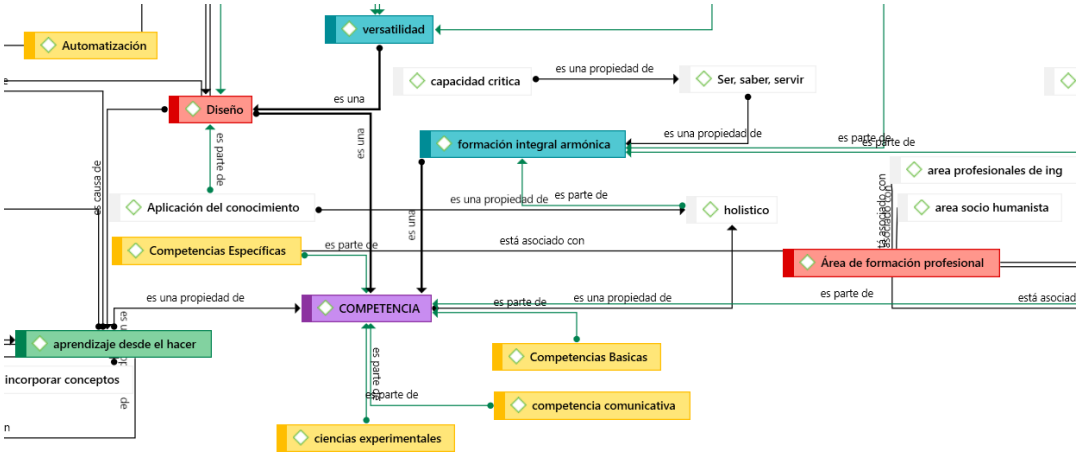
Figura D.1
Red semántica con categoría central Competencias, obtenida en software Atlas.Ti.



La red con la categoría central Competencias, se compone de la asociación de 49 códigos y 10 subcategorías. En la figura D.1 se observa un panorama general, el que se amplía en la figura D.2.

Figura D.2

Red semántica con categoría central Competencias y la asociación con subcategorías. Obtenida en software Atlas.Ti.



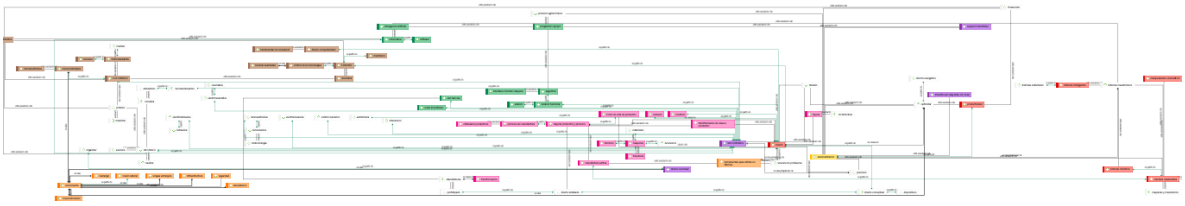
La red principalmente indica que en los documentos de registro calificado y Proyectos Educativos existe la clasificación del programa por competencias básicas, específicas y comunicativas apoyadas en las ciencias experimentales, las cuales permiten que se produzca la formación del ingeniero mecatrónico de manera integral y armónica, para lo cual usa como estrategias metodológicas el aprendizaje basado en proyectos desde el hacer en el contexto del ser, saber y servir. En el cumplimiento de la formación, las competencias se desarrollan en el marco

del Diseño de productos mecatrónicos, los cuales deben contar con autonomía y versatilidad basados en el análisis funcional como metodología propia de la mecatrónica en la concurrencia de las distintas áreas que la conforman.

8.2 Red herramientas y complementos de Mecatrónica

Figura D.3

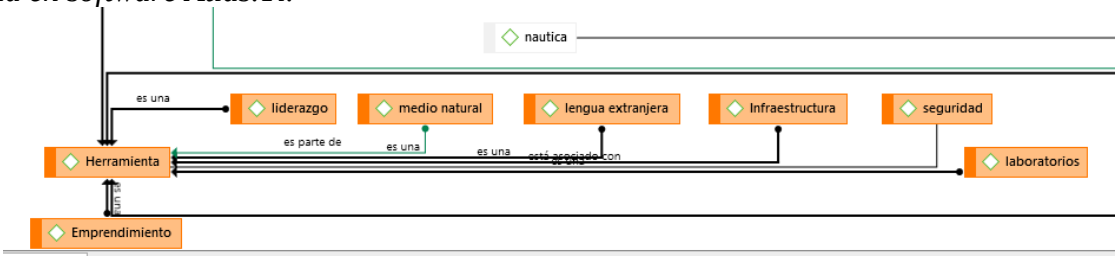
Red semántica con categoría central Herramientas y complementos, obtenida en software Atlas.Ti.



La red categorizada como herramientas y complementos para Ingeniería Mecatrónica, asocia 96 códigos que se enmarcan en subcategorías de herramientas de electrónica, de mecánica, de informática, de control y de robótica; las cuales a su vez contienen códigos de las subcategorías de diseño y automatización.

Figura D.4

Red semántica con categoría central Herramientas y complementos en subcategorías de gestión, obtenida en software Atlas.Ti.

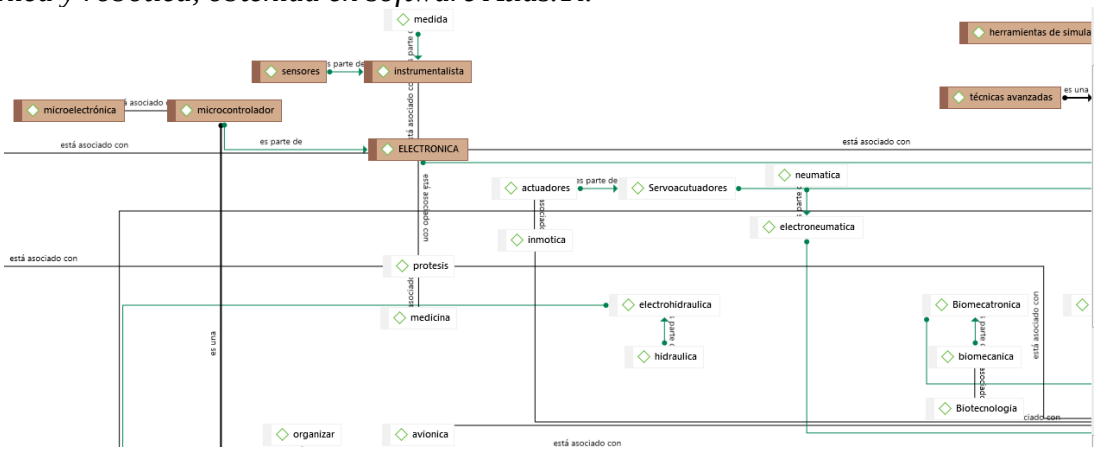


Las herramientas de gestión que se asocian, de acuerdo con los documentos PEP en general hablan de una infraestructura física necesaria para la formación desde lo práctico, para lo cual se indica la importancia de laboratorios como estrategia de comprobación de funcionalidad de los productos mecatrónicos en todas las áreas que la conforman. Además se indica que existe una alta correlación en la búsqueda del perfil de egreso del profesional en mecatrónica desde el emprendimiento y el liderazgo, basados en metodologías de trabajo en equipo propias de las estrategias de diseño concurrente para el trabajo en el contexto nacional e internacional, para lo cual los programas dan mucha importancia a la competencia comunicativa en segundo idioma con

el fin de gestionar tecnología y desempeñarse estratégicamente en diseño de productos de alta tecnología con apoyo de distintos sectores de la industria.

Figura D.5

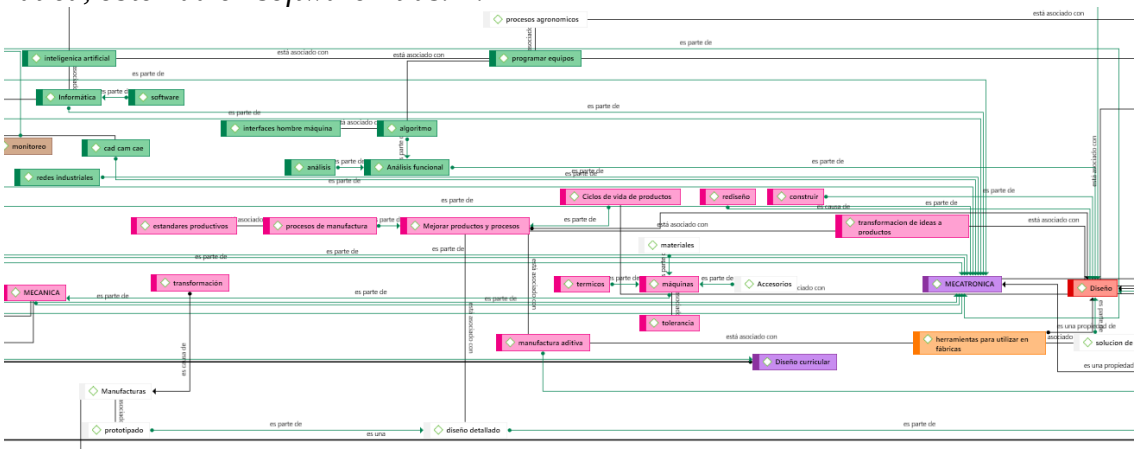
Red semántica con categoría central Herramientas y complementos en subcategorías de electrónica y robótica, obtenida en software Atlas.Ti.



En la figura D.5, se observa la interacción entre subcategorías de electrónica y robótica, las cuales se relacionan directamente con otros códigos de diferentes categorías, esto debido al carácter transdisciplinar de la Mecatrónica. Cabe resaltar que en la red aparecen áreas de diseño mecatrónico que se relacionan con la aplicación de este en medicina a través de herramientas como la bioingeniería y la biomecánica, las cuales por medio de técnicas avanzadas de diseño permiten dar solución a problemas no solamente industriales, sino también de adaptaciones al mejoramiento de la calidad de vida y la salud del ser humano.

Figura D.6

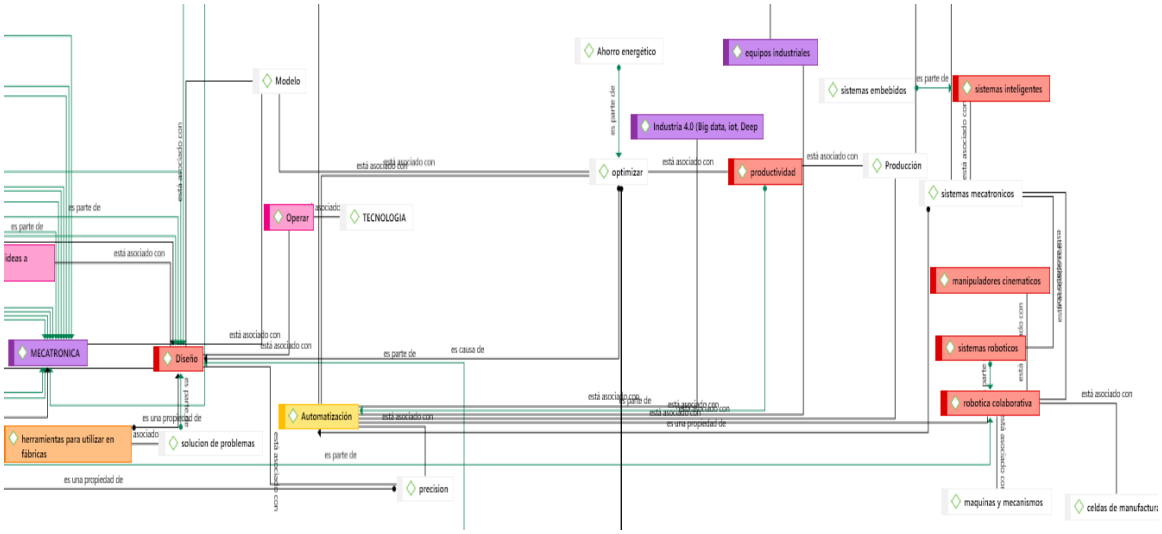
Red semántica con categoría central Herramientas y complementos en subcategorías de Mecánica e Informática, obtenida en software Atlas.Ti.



La subcategoría de mecánica, encierra principalmente los conceptos de diseño de máquinas y procesos de manufactura, los cuales confluyen a las subcategorías de diseño y de mecatrónica, esto debido a que son herramientas que permiten a la mecatrónica soportarse conceptualmente en las ciencias físicas que aportan el conocimiento en el análisis de efectos de las fuerzas en cuerpos rígidos, cuerpos deformables y fluidos; lo que permite al diseño mecatrónico desarrollar estrategias para la adaptación de materiales, dimensionamiento y cálculo de esfuerzos en componentes mecánicos que requiere un producto mecatrónico. De igual manera la subcategoría de informática aporta desde el desarrollo de software al diseño mecatrónico con la interacción de la información y los datos que fluyen a través de un sistema mecánico, lo cual permite generar autonomía en los productos mecatrónicos que junto a las herramientas electrónicas interactúan todo tipo de señales obtenidas por sensores con el fin de que se obtenga una arquitectura del producto integrada.

Figura D.7

Red semántica con categoría central Herramientas y complementos en subcategoría de Automatización, obtenida en software Atlas.Ti.



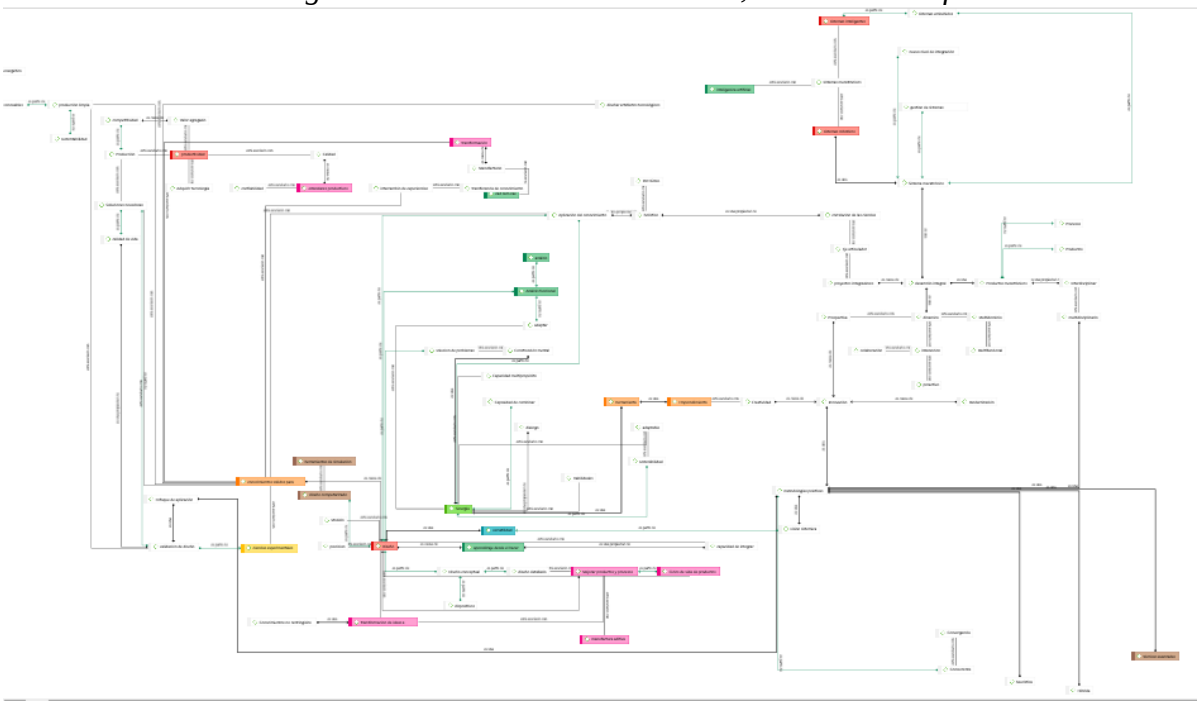
La figura D.7 relaciona principalmente a la Automatización como una herramienta fundamental en el carácter de los productos mecatrónicos, ya que esta brinda al diseño la capacidad de adaptar tecnologías de instrumentación electrónica, industria 4.0, internet de las cosa; para realizar medidas de variables físicas y transmitirlas a un sistema informático y electrónico con el objeto de optimizar su funcionalidad y controlar de manera automática el comportamiento de las

máquinas en los procesos industriales, de biomecatrónica, biomecánica, electromedicina, entre otras áreas que basen sus tecnologías en sistemas inteligentes y algoritmos heurísticos para el control predictivo, embebido y colaborativo.

8.3 Red Diseño Mecatrónico

Figura D.8

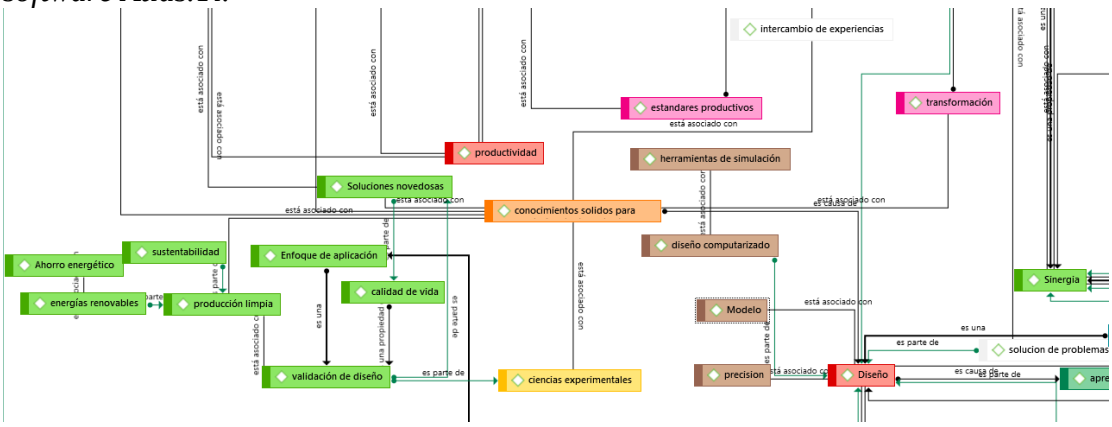
Red semántica con categoría central Diseño mecatrónico, obtenida en software Atlas.Ti.



La categoría Diseño mecatrónico, encierra a 91 códigos y es una de las categorías que más se relaciona en los documentos del programa de Ingeniería Mecatrónica, esto debido a que en algunas definiciones de mecatrónica se toma al diseño de productos mecatrónicos como el objeto de estudio del programa.

Figura D.9

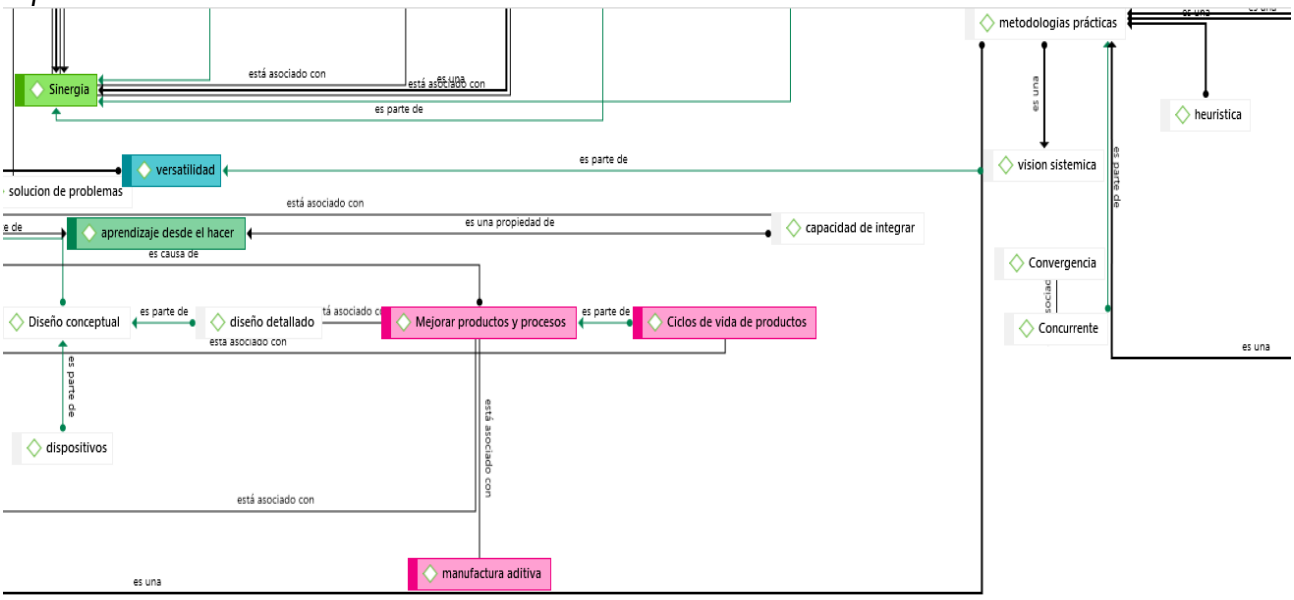
Red semántica con categoría central Diseño mecatrónico, subcategoría sinergia, obtenida en software Atlas.Ti.



El diseño mecatrónico se caracteriza principalmente por la sinergia que se produce al solucionar problemas desde la ingeniería concurrente de distintas disciplinas enfocadas a un solo producto que garantice funcionalidad bajo estándares tecnológicos y productivos, metodologías para la transformación de materiales y la precisión en la adaptación de componentes de tipo mecánico, electrónico y de información. Para ello el diseño usa metodologías como la generación de conceptos para la solución de necesidades hacia el diseño detallado apoyado en prototipado, modelado y simulación computacional que considera distintas condiciones de funcionalidad y de falla antes de la fabricación y escalado de la producción, sin dejar a un lado el principal objetivo de un producto mecatrónico que es el brindar un servicio a la sociedad con criterios ambientalmente sostenibles y de calidad de vida para quienes se vean involucrados, además la mecatrónica pese a no ser una ciencia se fundamenta en la aplicación de conocimientos solidos sobre características de materiales, mecánica de materiales en cuerpos deformables, herramientas de electrónica analógica y digital, desarrollo de software, entre otras que por medio de algoritmos heurísticos permiten brindar soluciones a la problemática del contexto.

Figura D.10

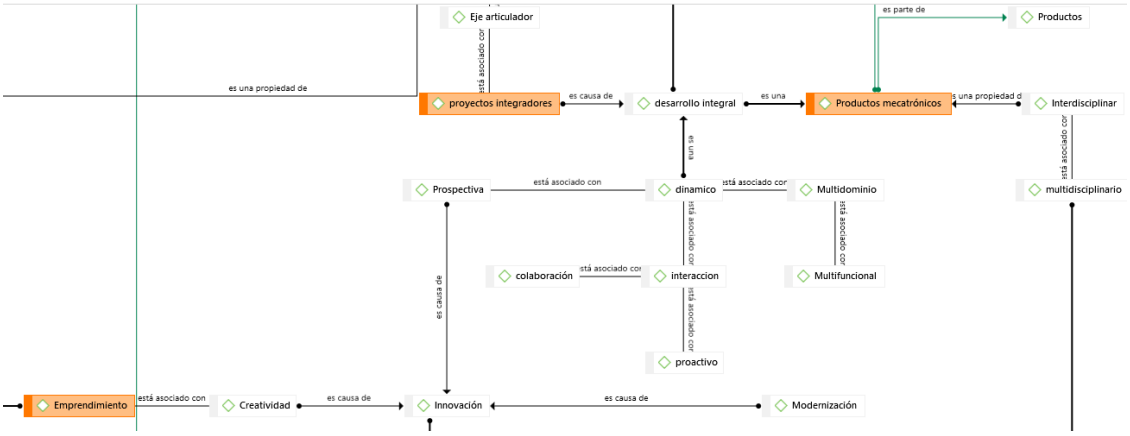
Red semántica con categoría central Diseño mecatrónico, subcategoría competencia, obtenida en software Atlas.Ti.



Otras características que tiene el diseño mecatrónico es que sus productos tienen un ciclo de vida claro y que se sustentan en la integración de distintas tecnologías que desde el punto de vista de arquitectura de producto se desarrollan con características de menor modularidad y mayor integralidad en las funciones de las partes que constituyen el producto, esto conlleva a que un producto mecatrónico sea reemplazado al cumplir su ciclo de vida. Para cumplir con estos criterios el enfoque de diseño se basa en el diseño conceptual, funcional y detallado con el fin de mejorar la versatilidad en los productos y que tengan una visión sistémica caracterizada por una frontera bien definida y con funciones claras e integradas en sus partes y que converjan a un diseño concurrente como herramienta principal en la interdisciplinariedad.

Figura D.11

Red semántica con categoría central Diseño mecatrónico, subcategoría emprendimiento, obtenida en software Atlas.Ti.

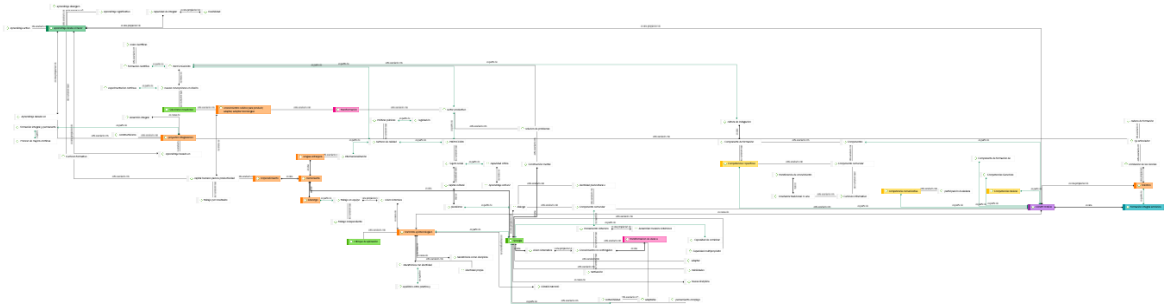


El diseño mecatrónico presenta además características que conllevan al emprendimiento en diferentes campos, esto debido al carácter creativo e integrador de los productos innovadores que desarrolla desde el trabajo multidisciplinario y colaborativo que permiten la integración de conocimientos que al trabajar desde las fronteras de cada área de conocimiento conlleva a la integralidad y la interdisciplinariedad. Para ello el profesional en Ingeniería Mecatrónica se forma para trabajar en equipos multidisciplinarios y que desde su visión sistémica pueda liderar proyectos integradores con trabajo proactivo, creativo y dinámico que cuyo fin sea la conformación de un producto mecatrónico.

8.4 Red Metodología en Mecatrónica

Figura D.12

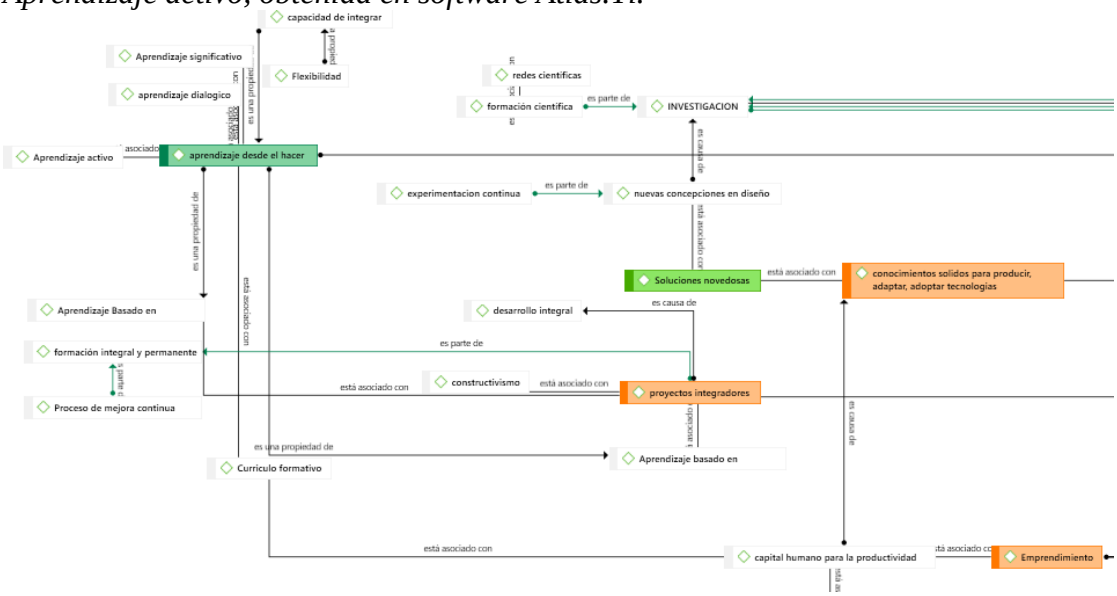
Red semántica con categoría central Metodologías en Ingeniería Mecatrónica, obtenida en software Atlas.Ti.



La categoría de metodologías para la Ingeniería Mecatrónica presenta una relación de 88 códigos y principalmente indica que la formación de los ingenieros se basa en díselo concurrente, el cual a su vez se desarrolla por el aprendizaje basado en proyectos.

Figura D.13

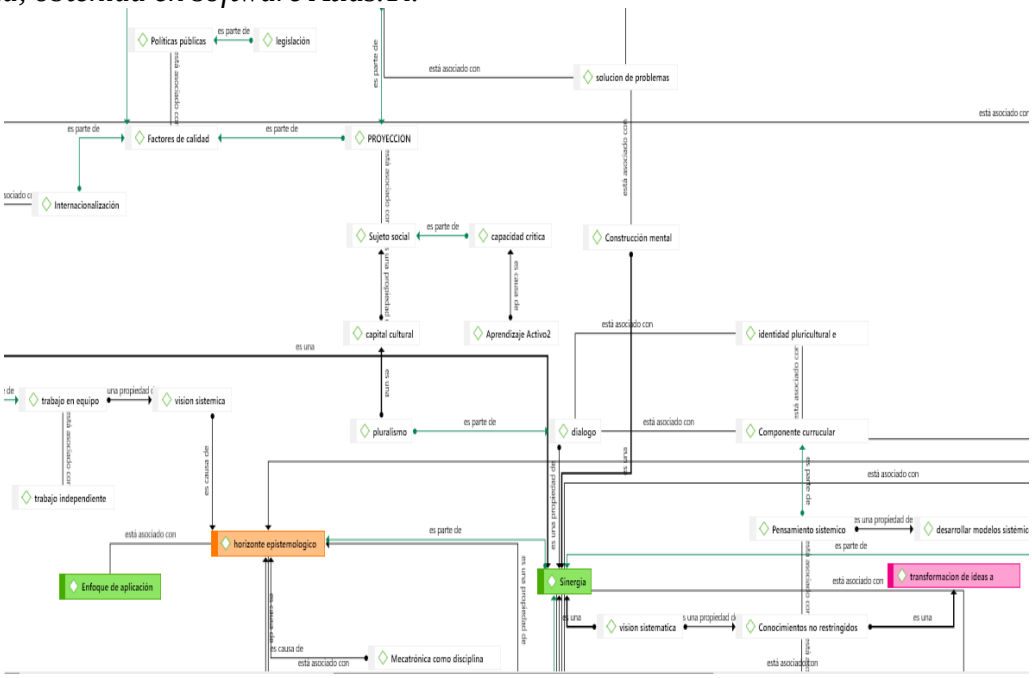
Red semántica con categoría central Metodologías en Ingeniería Mecatrónica, subcategoría Aprendizaje activo, obtenida en software Atlas.Ti.



Una de las metodologías que más propician el aprendizaje en mecatrónica es cuyo enfoque esté dado desde el hacer, para ello la formación de ingenieros mecatrónicos se basa en el aprendizaje activo, significativo y dialógico con el propósito de formar líderes en el trabajo interdisciplinario que conlleva al diseño de productos innovadores que brindan soluciones novedosas integradoras y flexibles, apoyadas en la cientificidad que soporta a las ciencias y disciplinas que conforman a la mecatrónica quien a su vez usa los procesos investigativos como herramientas tecnológicas para el emprendimiento y el desarrollo de productos novedosos.

Figura D.14

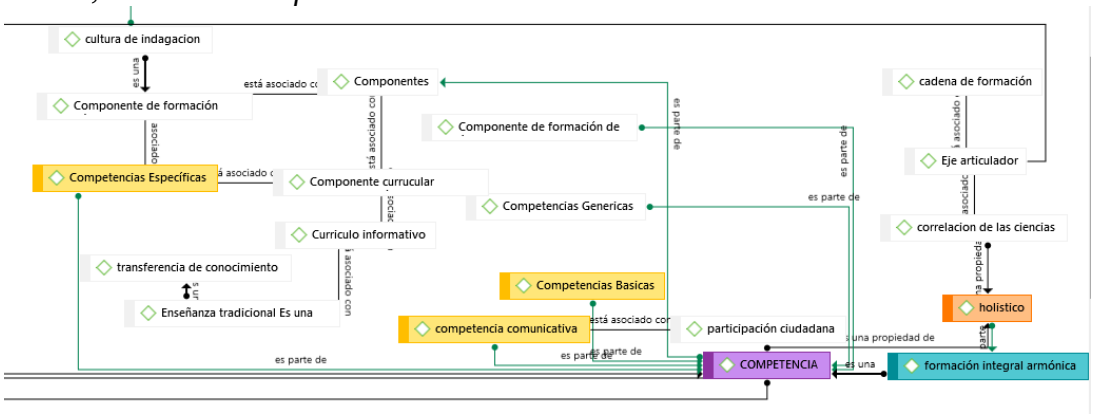
Red semántica con categoría central Metodologías en Ingeniería Mecatrónica, subcategoría Sinergia, obtenida en software Atlas.Ti.



La sinergia en el diseño mecatrónico es fundamental, puesto que permite la concurrencia de tecnologías y conceptos traducidos en un producto que integre las disciplinas como construcción mental, para lograr esto la formación de ingenieros mecatrónicos se realiza desde un enfoque epistemológico de formación con visión sistémica y de trabajo en equipo que considere el pluralismo, al efecto de los productos mecatrónicos sobre el sujeto social, las normativas, la calidad de los procesos y el bienestar de la sociedad, para ello el ingeniero deberá usar metodologías de aprendizaje activo que le aporten una capacidad crítica, conduzcan al diálogo y formen un capital cultural que afecte positivamente a la sociedad.

Figura D.15

Red semántica con categoría central Metodologías en Ingeniería Mecatrónica, subcategoría Competencias, obtenida en software Atlas.Ti.

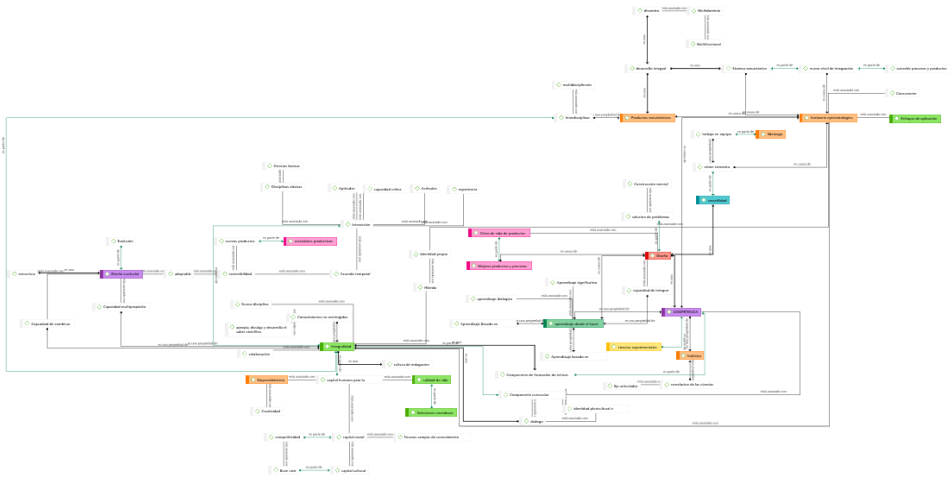


En los procesos de formación de ingenieros mecatrónicos se resalta las competencias básicas, genéricas, específicas y comunicativas en los componentes formativos de las distintas áreas del conocimiento que conforman a la mecatrónica con el propósito de formar desde un enfoque holístico que permita concurrir a la integralidad armónica y sinérgica que correlacione las ciencias desde una cultura de indagación.

8.5 Red Integralidad

Figura D.16

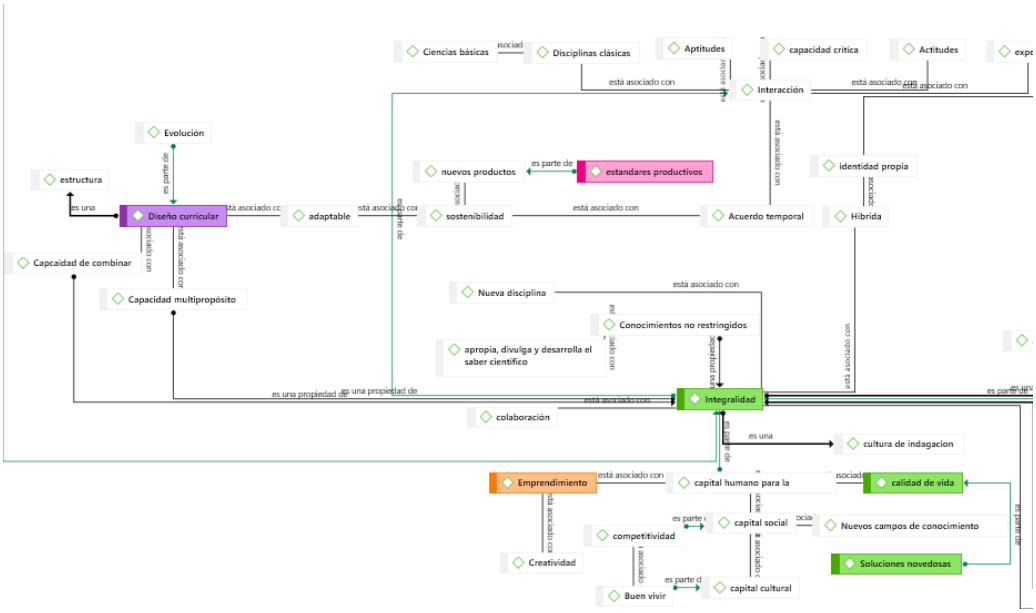
Red semántica con categoría central Integralidad en Ingeniería Mecatrónica, obtenida en software Atlas.Ti.



La categoría de integralidad contiene asociados 72 códigos y refiere la característica principal de la profesión de ingeniería mecatrónica dada por la interdisciplinariedad de su génesis.

Figura D.17

Red semántica con categoría central Integralidad en Ingeniería Mecatrónica, subcategorías currículo y emprendimiento, obtenida en software Atlas.Ti.

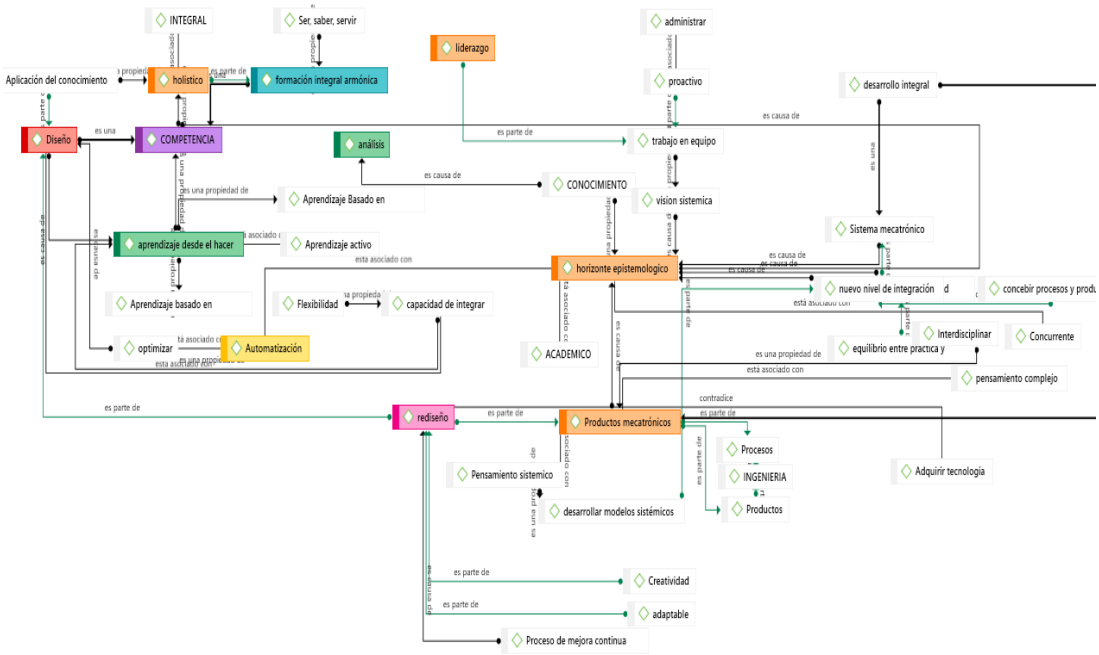


La integralidad vista desde el currículo busca la formación de capital humano y social, para ello se basa principalmente en la capacidad de combinar sinérgicamente las distintas áreas del conocimiento, para ello existe una estructura basada en una dinámica que adapta las competencias de las ciencias básicas, las disciplinas clásicas como la electrónica, la mecánica, la informática y algunas ciencias humanas como la ética y la antropología para la formación de ingenieros con sentido crítico. Para ello el currículo desarrolla el saber científico de manera holística, abierta y flexible con gran capacidad de indagación en la búsqueda de necesidades que se soporten con el diseño concurrente en la generación de nuevos productos que favorezcan el emprendimiento y la mejora de la calidad de vida de los afectados en búsqueda del buen vivir. El currículo además basa la formación en el diseño de productos desde las competencias del hacer y el liderazgo desde el diálogo entre las fronteras del conocimiento científico.

8.6 Red Epistemología en Ingeniería Mecatrónica

Figura D.18

Red semántica con categoría central Epistemología en Ingeniería Mecatrónica, obtenida en software Atlas.Ti.



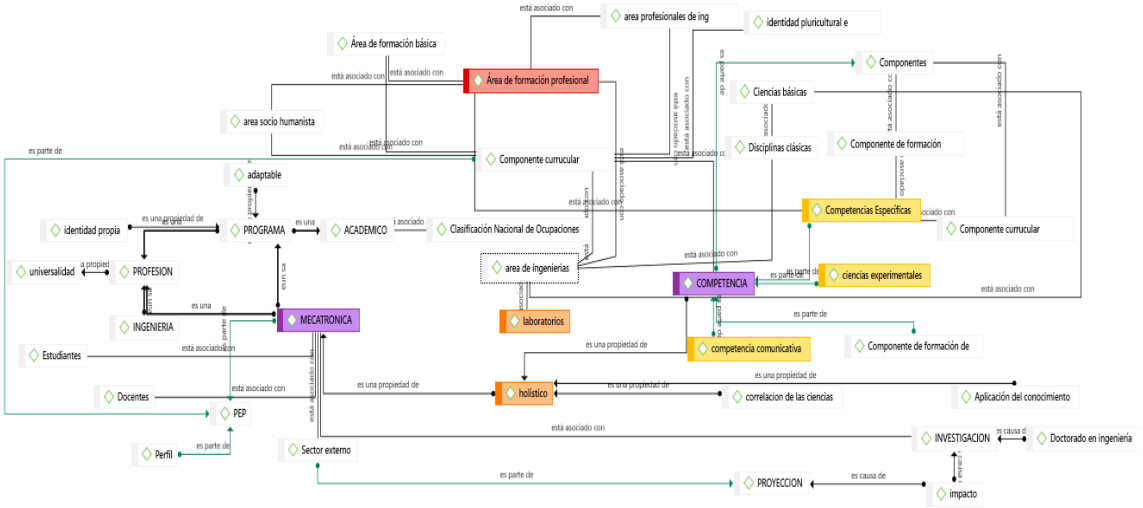
La categoría de epistemología contiene asociados 44 códigos que afirman el que hacer de la mecatrónica desde el enfoque curricular de las competencias hacia el diseño y rediseño de nuevos productos con una visión holística de las necesidades para el desarrollo de estrategias de diseño funcional que favorezca la integralidad desde el liderazgo en el trabajo en equipo de las diferentes disciplinas, con visión sistémica y metodologías de ingeniería concurrente.

Debido a que la Ingeniería Mecatrónica recurre a los saberes científicos de diferentes disciplinas para el diseño de productos mecatrónicos con alta tecnología, se observa que ésta es dinámica y la formación se basa en el aprendizaje activo y autónomo como garantía de actualización constante en el uso de distintas herramientas conceptuales que permiten el desarrollo de productos con tecnologías de punta.

8.7 Red programa de Ingeniería Mecatrónica

Figura D.19

Red semántica con categoría central Programa de Ingeniería Mecatrónica, obtenida en software Atlas.Ti.



El programa de Ingeniería Mecatrónica está relacionado principalmente como una profesión de la rama de la ingeniería, es un programa académico de aplicación de saberes científicos mediante soluciones heurísticas, caracterizado por la formación en las áreas profesionales, básicas, específicas desde un currículo por competencias, que tiene en cuenta a estudiantes, docentes, egresados y el contexto desde la proyección social y la investigación, lo que conlleva al desarrollo de distintos niveles de formación tanto a nivel técnico, tecnológico, profesional y posgradual soportados en procesos de investigación que se enfocan en el desarrollo de productos mecatrónicos.

ANEXO E. FICHA DE ENTREVISTADOS PROGRAMAS DE INGENIERÍA MECATRÓNICA EN COLOMBIA Y DESCRIPCIÓN DE CATEGORÍAS

Las entrevistas realizadas a distintos profesores, directivos y egresados del programa de Ingeniería Mecatrónica, se realiza con el fin de recolectar información primaria que muestre aspectos de interdisciplinariedad en el programa, para ello se muestra a continuación algunas características principales de los entrevistados

1. Listado de profesionales entrevistados

1. **Álvaro León Ibarra Ordóñez**

Profesión: Ingeniero mecánico

Magíster: Energías renovables

Experiencia en mantenimiento, docencia universitaria Universidad Mariana.

2. **Fausto Andrés Escobar**

Profesión: Ingeniero electrónico

Magíster: Automática

Experiencia en control industrial, docencia universitaria Universidad del Cauca, Universidad Mariana.

3. **Carlos Armando Patiño**

Profesión: Ingeniero mecatrónico

Magíster: Tecnologías de la Información y la Comunicación (C), docente Universidad Mariana

Experiencia en diseño de productos mecatrónicos, docencia universitaria.

4. **César Hernando Valencia Miño**

Profesión: Ingeniero electrónico

Especialista: Telecomunicaciones

Magíster: Diseño de máquinas

Doctor: Robótica e inteligencia artificial.

Experiencia: Decano Ingeniería Mecatrónica Universidad Santo Tomás de Bucaramanga

5. **Cosme Mejía Echeverría**

Profesión: Ingeniero electrónico en automatización y control

Magíster: Manufactura y Diseño asistido por computador

Experiencia: Docente Ingeniería Mecatrónica, director Maestría en Mecatrónica Universidad Técnica del Norte (Ibarra - Ecuador).

6. **Jaime Durán García**

Profesión: Ingeniero civil

Especialista: Gerencia de Tecnología, Docencia universitaria, bioética

Magíster: Educación.

Doctor: Ciencias de la Educación

Experiencia: Decano Ingeniería Mecatrónica Universidad Piloto de Colombia

7. **Dagoberto Mayorca Torres**

Profesión: Ingeniero Físico

Especialista: Gerencia de proyectos

Magíster: Ingeniería Computacional

Doctor: Tecnologías de la Información y las comunicaciones (C)

Experiencia: Docencia Universitaria, Coordinador investigación estudiantil Universidad Mariana

8. **Edison Viveros Villada**

Profesión: Ingeniero electrónico, tecnólogo en Electrónica y Telecomunicaciones

Magíster: Tecnologías digitales aplicadas a la educación.

Experiencia: Edutuber, Docente Universitario Universidad Mariana.

9. **Diego Armando Mejía Bugallo**

Profesión: Ingeniero Mecatrónico

Magíster: Controles industriales

Experiencia: director programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad de Pamplona

10. **Georffrey Acevedo González**

Profesión: Ingeniero Electrónico

Experiencia: director Programa de Ingeniería Mecatrónica Escuela de Ingeniería de Antioquia EIA.

11. **Mauricio Mauledoux Monroy**

Profesión: Ingeniero Mecatrónico

Doctor: Modelado matemático, Métodos numéricos y programación compleja

Experiencia: Docente y director de programa de Ingeniería Mecatrónica Universidad Militar Nueva Granada.

12. **Jorge Andrés Chamorro Enríquez**

Profesión: Ingeniero Electrónico

Especialista: Redes y telemática, Docencia universitaria.

Magíster: Dirección estratégica en telecomunicaciones.

Experiencia: Docencia, Dirección de programa Automatización Electrónica, Mecatrónica. Universidad Mariana.

13. **Richard Geovanni Morán Perafán**

Profesión: Ingeniero mecánico

Magíster: Ingeniería mecánica

Doctor: Ingeniería. Énfasis en ingeniería mecánica.

Experiencia: Investigación, docencia universitaria. Universidad Mariana.

14**. Néstor Andrés González Vargas**

Profesión: Ingeniero Mecatrónico

Doctorado: Automatización avanzada y robótica

Experiencia: Docencia Universitaria Universidad del Cauca, Automatización industrial y robótica España.

15. **Edna Margarita Moncayo Torres**

Profesión: Ingeniera automática

Magíster: Sistemas mecatrónicos

Doctora: Sistemas Mecatrónicos

Experiencia: Docencia universitaria, directora de programa Ingeniería Mecatrónica Universidad Mariana.

16. **Ánghelo Marino López Rubio**

Profesión: Ingeniero Electrónico

Magíster: Sistemas automáticos de producción

Experiencia: Docencia universitaria, director de programa, director de laboratorios en Mecatrónica Universidad Mariana.

2. Instrumento de recolección de información

El instrumento para la recolección de información consta de una serie de preguntas semiestructuradas usadas como referencia para establecer el diálogo entre los entrevistados, buscando canalizar la información respecto a la interdisciplinariedad en el programa de Ingeniería Mecatrónica.

Preguntas Semiestructuradas:

1. Describa los procesos legales, si han favorecido o no a la flexibilidad y la interdisciplinariedad en el currículo.

1. ¿Cuál considera que es el objeto de estudio de la Ingeniería mecatrónica?

2. ¿Cómo aprende un estudiante de IM?

3. ¿Cómo enseñar a un estudiante de IM?

4. ¿Qué define a la IM?

5. ¿Qué hace que la IM no sea un enfoque de otras ingenierías?

6. ¿Por qué si el programa de IM que es de naturaleza integral, no se trabaja de esa forma en los currículos?

7. ¿Qué aspectos normativos en Colombia favorecen al programa de IM?

8. ¿Qué tensiones pueden generarse entre las disciplinas que conforman a la IM y cómo evitarlas?

9. ¿Considera que un IM puede trabajar en una disciplina en la que se forma con mayor fortaleza?

3. Descripción de categorías encontradas en la información primaria.

De acuerdo con los diferentes comentarios realizados por los docentes entrevistados se encuentran aspectos que categorizan al programa de Ingeniería Mecatrónica.

3.1 Competencias como el desarrollo a lo largo de la vida

En las entrevistas se logra identificar el concepto de competencia como el desarrollo de habilidades en un contexto que se desarrollan durante todo un proceso formativo que puede ser a largo plazo, reafirmando las tendencias actuales del Ministerio de Educación Nacional cuando hace referencia a los resultados de aprendizaje como forma de medir las competencias (Decreto 1330 MEN, 2019), lográndose esto por medio del desarrollo de proyectos integradores a lo largo del currículo del programa. Algunos comentarios relacionados a esta categoría son:

“buscamos que los chicos den cuenta que han desarrollado esas competencias porque pueden concebir un proyecto integrador no como un proyecto que tiene todos esos elementos

mecánicos, electrónicos sistemas que hay que programarlos, sino que deben responder al objetivo del producto, en ese sentido se va desarrollando en el currículo y los chicos van desarrollando las competencias" (Entrevistado 10)

Se observa cómo se evidencia el proceso de la transversalidad en el desarrollo de las competencias en Ingeniería Mecatrónica, en función del cumplimiento del objetivo final como desarrollo de un producto con diferentes disciplinas que lo conformen.

> Lo vemos como una motivación porque es un reto pensar en términos de resultados de aprendizaje y el concepto va evolucionando desde la competencia de saber hacer en contexto, luego suma las actitudes los valores y van perfeccionando ese concepto ampliándolo y el reto de los resultado es muy especial porque viene de la metodología de las certificadoras internacionales, nos enseña a definir unos objetivos de aprendizaje y de programa que se traducen en unos resultados y pone al profesor en el reto de: ejemplo de diseñar primero la evaluación y después la clase, en el sentido que, qué quieres que al final sepan los estudiantes, qué van a ser capaces de hacer, entonces te ponen ese reto, cuál va a ser el final. (Entrevistado 10).

"Según las orientaciones concretas que puede tener un docente actual que la competencia se logra a lo largo del tiempo, ejemplo la lectura desde niño repite un código, luego entiende y pule y en la medida que avanza se vuelve más específica y nosotros como docentes profundizamos en nuestras áreas". (Entrevistado 12).

3.2 Convenios externos

La categoría de convenios en los programas de Ingeniería mecatrónica se presentan en gran medida y concurrencia debido a que permiten la flexibilidad curricular y la relación de los proyectos y productos desde la empresa y hacia ella, además de generar movilidad de estudiantes y docentes para lograr interacción en el desarrollo de una propuesta de ingeniería interdisciplinaria, en ese sentido los convenios evidencian la interdisciplinariedad del programa al tener al sector empresarial inmerso como generador de retos y problemas reales y como evaluador del profesional tanto en formación como el egresado.

Como estrategias para la vinculación del sector externo tanto académico como empresarial es por medio de congresos, seminarios y talleres, evidenciando principalmente que la interacción

personal es de gran importancia en el desarrollo de convenios y participación en distintos proyectos integradores que la empresa demanda.

> Nosotros de los programas que más envía a estudiantes al exterior es el de nosotros: ingeniería mecatrónica. Tenemos un congreso en donde traemos un grupo de ponentes del exterior y hacemos un vínculo, no solo en las charlas sino empezamos a ver esas interacciones que podemos tener con ellos desde el punto de vista investigativo, y muchos de nuestros estudiantes charlan con ellos. (Entrevistado 9).
>
> Entendemos que mecatrónica no es una carrera pura, sí o sí es interdisciplinar, y nos vemos obligados a interactuar con los demás, y un claro reflejo son las investigaciones que no son únicamente por ingenieros mecatrónicos, sino que nos involucramos con otras áreas como veterinaria, medicina, e inclusive con otras ingenierías electrónica, eléctrica. (Entrevistado 9).

"Recordar además que en la época de los 90 inicia los procesos de neo liberalización con César Gaviria, entonces aterrizaron toda una serie de empresas en el país y este perfil en el país tuvo una buena acogida porque las empresas demandaban mucho de estos profesionales". (Entrevistado 14).

3.3 Desarrollo de proyectos interdisciplinarios

En el programa de ingeniería mecatrónica el que hacer está enfocado en el diseño y desarrollo de productos mecatrónicos, incluso de acuerdo con aportes de la red de ingeniería mecatrónica y automática RIMA forma parte del objeto de estudio del programa (RIMA, 2018) y para lograr esto las metodologías identificadas son trabajo por proyectos que desde la formación inicial se procede bajo distintas denominaciones como problemas, proyectos, talleres, entre otras, sin embargo forman parte de las estrategias de formación y trabajo concurrente y transversal en la búsqueda de la integralidad de las disciplinas. Ejemplos de esta categoría son los comentarios siguientes:

"Tenemos experiencia, en las otras profesiones, somos más multidisciplinarios y podemos trabajar en campo desde la componente agrícola, biomédico, agroindustrial y en la parte educativa. Tenemos esa ventaja, ya que tomamos todo lo bueno de otras carreras y las adaptamos a las necesidades de la región". (Entrevistado 3.)

Para fortalecer y lograr el desarrollo de proyectos interdisciplinarios, los currículos de las universidades en general presentan estrategias a lo largo de toda la formación como lo indican los comentarios de sus decanos:

> Hay 3 momentos en la carrera en la que el estudiante participa. En los primeros semestres el estudiante explora, se equivoca y se enamora de algunos temas, luego viene una etapa realmente de iniciación donde ya se tiene unos temas definidos y se encarreta a lo largo de los semestres y para algunos se convierte en trabajo de grado en 6 semestres trabajados. La etapa de finalización es la de trabajo de grado. La iniciación se encuentra que se da en los primeros 7 semestres y en octavo ya salen a hacer sus prácticas con muy buena aceptación ya que en taller ya tienen un bagaje alto. Se consolida en séptimo semestre y en octavo ya solo es afianzamiento profesional y lo que denominamos el desarrollo de trabajo de grado. (Entrevistado 6).

En el comentario anterior el docente indica que existe una estrategia de trabajo por proyectos por niveles en temas propuestos por la misma universidad, el sector externo o los mismos deseos de los estudiantes.

“Pero en las asignaturas integradoras sí son mecatrónicos. Por lo menos en mi clase particularmente cuando vamos a calificar proyectos no los califico yo solo, invito a mis compañeros para que den su punto de vista,” (Entrevistado 9)

En la evaluación de proyectos, generalmente de cursos de diseño mecatrónico, en general los docentes líderes de estos cursos son de profesión ingenieros mecatrónicos, sin embargo, es común que las evaluaciones de dichos proyectos interdisciplinarios los realicen diferentes profesionales, incluidos empresarios.

> En el siguiente semestre tienen el curso de proyecto más enfocado al diseño mecatrónico ya con mayor profundidad en lo que se derivó ya que ellos vienen haciendo una infografía digital con las etapas de concebir, desarrollar e implementar y operar y van adaptando su mente en lo que es un proyecto de ingeniería acercándose al problema como acercarse a la necesidad, concertar esas necesidades en una lista de variables, unidades y medidas, y van descubriendo

> cómo enfrentar ese proyecto dividiéndolo en partes en una metodología observando cómo el usuario se imagina algo. (Entrevistado 10).

Se identifica además que la integralidad se logra por medio del trabajo interdisciplinario y multidisciplinario

"Pero en octavo semestre armamos un equipo para enfrentar un reto con administrativa y financiera, mecánica, mecatrónica y sistemas, nos unimos en un proyecto con 4 profesores en ese curso". (Entrevistado 10).

> Por eso el muchacho debe saber cosas desde abajo que hace con las señales, que pasa con la mecánica, todo es de bajo nivel, no podemos pretender que alguien no se vaya a untar las manos en algún momento, por ello hemos llegado a la conclusión que toca hacer y pues el modelo de enseñanza de la Universidad es constructivista, que nace del saber y del saber haciendo y el aprender haciendo y hemos llegado a la conclusión de lo que se adapta en ingeniería mecatrónica en el país y es eso el aprender haciendo y el aprender a comprender del hacer, entones son esencialmente 4 fases. La parte abstracta teórica, fundamentación teórica, la parte de laboratorio, la parte del informe de laboratorio y así funcionan todas nuestras materias y es la manera adecuada cómo funciona la ingeniería mecatrónica que apunta a las necesidades del país, porque así no funcionan las ingenierías en Europa, etc. (Entrevistado 11).

"Trabajar en proyectos en los que tienen conocimientos un tanto superficiales no profundizan mucho, pero esa base de conocimientos tan amplios les permite integración.". (Entrevistado 14).

El trabajo desde la práctica es de gran importancia puesto que permite resolver problemas del contexto y el ingeniero mecatrónico está formado en y para el liderazgo mediante una perspectiva global de las áreas o las disciplinas que aborda. Esto le permite integrar el desarrollo de proyectos.

3.4 Docentes con formación diversa

Un elemento importante que se menciona por parte de los entrevistados es la formación de los docentes, en Colombia el programa de Ingeniería Mecatrónica nace desde la iniciativa de otros programas base como la ingeniería mecánica, la ingeniería electrónica, la ingeniería de sistemas y

otros; en los que los docentes tienen distintas profesiones pero que se han formado desde posgrados nacionales e internacionales en áreas de automatización, robótica, electrónica industrial, mecatrónica, entre otras afines directamente al programa de Ingeniería Mecatrónica. Esto hace que la visión sobre el programa y su desarrollo evite tensiones y fortalezca la interdisciplinariedad.

> Tenemos profesionales de todas las áreas, electrónicos mecánicos, sistemas, electricista etc. Además, la formación posgradual es relacionada, es decir tengo un profesional que se formó en robótica, un electricista en biomédica, electrónico en comunicaciones, tengo una diversidad muy grande en el perfil de los docentes, ej. tengo una ingeniera mecatrónica con especialización en automatización industrial y ayuda con las practicas. (Entrevistado 4)

Tenemos docentes mecatrónicos y otras profesiones, pero con maestría y doctorado relacionados. maestría en robótica en automatización, … que soportan las áreas básicas y también las específicas. (Entrevistado 5).

3.5 Especificidad

La ingeniería Mecatrónica, como una profesión que aborda desde lo general de las disciplinas, actualmente se observa que se ha convertido como una tendencia mundial, principalmente en Europa y Norte América en una formación particular y específica que atiende a la tecnología de productos y diseños autónomos e inteligentes (Yavuz y Mistikoğlu, 2009), tanto que es estos países no se habla de ingenierías base sino específicas, y una de estas ingenierías es la mecatrónica.

“En Rusia tiene cosas parecidas y otras que cambian mucho, en Rusia no existe la ingeniería mecánica, la electrónica, no existen como las conocemos acá, en vez de ingeniero mecánico hay ingeniero en diseño mecánico, en diseño naval, en máquinas y motores en vez de un eléctrico hay un diseño de hidroeléctricas, hay un ingeniero en robótica y en mecatrónica.” (Entrevistado 11).

3.6 Estabilidad

Esta categoría se refiere a como el programa de Ingeniería Mecatrónica ha logrado encontrar unas bases que la constituyan como una profesión sólida que aporta al contexto con desarrollo de productos, sistemas y procesos de alta tecnología caracterizados principalmente por la integralidad de muchas áreas de conocimiento y ha dejado de ser solo una tecnología y

metodología de diseño convirtiéndose en un ejemplo de éxito de desarrollo y gestión multidisciplinario y sinérgico de la ciencia de la ingeniería sin límites en la mecánica, eléctrica, electrónica, informática y sistemas inteligentes, sistemas de control y modelado avanzado, óptica, ingeniería de sistemas, inteligencia artificial, control inteligente de computadoras, ingeniería de precisión, virtualización y entornos virtuales en un marco unificado que mejora el diseño de productos y la fabricación de procesos (Habib, 2013), logrado principalmente por la cualificación y permanencia de docentes en el programa.

"Las mismas materias de automatización, y realmente ha sido constante el trabajo en las materias y el micro currículo ha ido evolucionando bastante desde que se inició con la tecnología y luego la ingeniería, así desde el perfil de la parte tecnológica, lo que se hizo fue una profundización". (Entrevistado 8).

> Al principio cuando inicia cualquier programa hay, y lo cuentan los profesores. Que había una resistencia de punta y punta y como estudiante lo notaba enfrentada la ingeniería mecatrónica, entonces los mecánicos no querían ceder una materia y los electrónicos no querían ceder y en conclusión el estudiante terminaba viendo las dos carreras, pero ahora debido a una alta permanencia de los docentes, como es una universidad pública, y esa alta permanencia hace que esos docentes ya hayan madurado porque tienen más de 20 años en el proceso y han logrado entender que el ingeniero mecatrónico, es flexible, no es 100% mecánico ni 100% electrónico, ni 100% de control ni 100% de programación, sino que ya todas las partes han cedido pero se debe a una madurez. (Entrevistado 11).

3.7 Estrategias

Respecto de estrategias en función de lograr la interdisciplinariedad en el programa, los docentes indican una gran cantidad de formas, basadas principalmente en el desarrollo de proyectos y diálogo entre las partes tanto internas (Docentes, directivos, grupos de investigación, etc.) y externas (políticas gubernamentales, empresas, proyectos sociales). Ejemplos de esto son los comentarios realizados por los expertos.

"Lo que yo he contado y que ha sido un valor agregado bastante fuerte es proyectos, yo funde una estrategia específica con dos orientaciones una que es estrategia didáctica y otra como formación que la he denominado Taller Mecatrónico". (Entrevistado 6).

Una estrategia en proyectos de ingeniería se refleja en la importancia del manejo de máquinas y herramientas como base de motivación para la creación de prototipos en todos los niveles de formación.

> En diseño mecatrónico hacemos reuniones para ver cómo se logra la integración de saberes, el taller mecatrónico permite que el ingeniero mecánico no diga que esto es lo más importante, lo importante es el diseño mecatrónico donde usted tiene una parte y el ingeniero de sistemas tiene otra, pero se rompe dando el concepto que somos profesores de ingeniería y para ello tenemos que hacer integración de saberes. (Entrevistado 6).
>
> De cierta forma cuando se imponen conocimientos hay temor al conocimiento, lo mejor es llegar al debate porque ya hay estudiantes que llegan con formación. Ejemplo, técnicos, es importante sin perder el respeto hacia el área temática y tener confianza para debatir, como ejemplo plantear objetivos en metodología de la investigación. La mejor forma de enseñar es mostrar con estudio de casos, demostración justificación, se debe indicar con el ejemplo una coherencia entre lo que se enseña y lo que se está indicando, por eso si no se muestra con el ejemplo no hay confianza en el docente. (Entrevistado 7).

Se resalta la labor del docente como principal agente en el desarrollo de la formación de los ingenieros, para lo cual se requiere fortalecer el diálogo entre docentes y la confianza hacia el estudiante fortaleciendo el estudio de casos y ejemplos de aplicación.

> En la presencialidad con ayuda de tutoriales, lo que hago yo es tomar material practico que lo resumo a 10 o 15 minutos, que permita que el estudiante no se pierda en la materia y los uso como complemento, no necesito llevarme 2 o 3 horas en el tablero, me apoyo en el video como una herramienta pedagógica introductoria y entonces les digo a los muchachos que deben haber visto el video y yo complemento con otras cosas en clase porque el video no puede ser muy largo, los muchachos actuales no ven el video de una hora o dos horas. (Entrevistado 8).
>
> Pero eso no da fundamentos para que los estudiantes tengan una motivación, en lo que yo me he dado cuenta es que en primer semestre ponerlos a hacer proyectos, ponerlos a demostrar para que sirve algún componente, comportamiento en un

> experimento sencillo, en un montaje sencillo ellos hacen que automáticamente ellos puedan solamente con practicar sin necesidad de meterles tanta teoría, puedan saber para qué hacer cada cosa. (Entrevistado 8).

En una entrevista a un docente, se encuentra que en su labor implementa y hace uso de diferentes herramientas tecnológicas para la enseñanza y que principalmente se enfocan a la motivación del estudiante, para ello recurre a talleres prácticos en laboratorios complementados con video tutoriales que el mismo desarrolla, esto permite el encuentro cercano y la formación autónoma.

Otro tipo de estrategia didáctica es el acercamiento del docente con el sector industrial, lo que permite llevar los conceptos de la ingeniería a la realidad del contexto y la problemática de la industria junto con las alternativas de solución implementadas y con carencia.

"Tengo la ventaja o todos tenemos la ventaja más bien de que han ido a la industria y como docentes. Yo afortunadamente sí cumplo con ese requisito para al estudiante llevarlo siempre a la práctica, a que ellos tengan ese contacto también con la realidad". (Entrevistado 9).

Las prácticas y convenios empresariales y de investigación juegan un papel importante en la enseñanza y aprendizaje de la Ingeniería Mecatrónica además de fortalecer habilidades comunicativas, de emprendimiento, liderazgo y trabajo en equipo.

> Requieren de nuestros estudiantes gracias a la buena imagen que dejo otro en ese caso, y sin embargo desde lo curricular las asignaturas de diseño mecatrónico las manejamos con proyectos integradores y trabajo en equipo no solo nos enmarcamos en el desarrollo del proyecto sino en cómo mostrarlo el proyecto, entonces allí es donde tocamos esas otras habilidades blandas como expresión oral, escrita y donde acá son muy buenos y excelentes en el hacer, pero se quedan en esos otros detallitos. Como es el caso de las pruebas saber pro donde sacamos conclusiones que son muy buenos en el hacer y con falencias en esas habilidades orales y escritas. (Entrevistado 9).
>
> Apoyamos con el sector empresarial, sino que nos estamos vinculando bajo el marco de la vicerrectoría de investigaciones, normalmente manejamos unos grupos de semilleros de investigación, afortunadamente nuestros grupos son fuertes y tenemos varios proyectos tanto internos como externos, ejemplo yo estoy haciendo

> un proyecto de agro trónica y aprovecho para vincular estudiantes y llevarlos a campo y vamos a ver que se puede hacer, como podemos solucionar algún tipo de problema que se presenta. (Entrevistado 9).

El uso de herramientas para maquinado y equipo electrónico permite fortalecer el aprendizaje de las competencias del hacer, propias de los requerimientos del sector industrial.

> En el primer semestre tenemos el de introducción a la ingeniería enlazado con metalmecánica para aprender a manejar herramientas desde lo básico, taladro, motor-tool, dobladora, cizalla, cortadora, tornos, taladros de banco, cortadoras laser e impresión 3d hasta allí. Ya lo que es centro de mecanizado y soldadura mic y tic en conjunto sí son en procesos de transformación industrial. Pero ese primer semestre ese curso integrado con introducción a ingeniería en realidad no son las mismas horas, es paralelo con todas las normas de seguridad, nos permite que ellos transformen la materia y que comiencen a explorar con sus manos y se introduzcan a los proyectos. (Entrevistado 10).

La vinculación directa del sector empresarial enriquece el programa de Ingeniería Mecatrónica puesto que permite al estudiante acercarse a casos reales de la industria, permitiendo la vinculación laboral y de emprendimiento de los estudiantes de mecatrónica, en esto se recalca que es de vital importancia los contactos directos desde las habilidades personales de los docentes apoyados por la institucionalidad.

> El comité asesor de programa tiene un almuerzo cada mes con las empresas ejemplo EPM el gerente indica que tecnologías va a adquirir, el asesor de metro de Medellín, compañía de empaques, grupo Nutresa, compañía de empaques, jefe de mantenimiento egresado de mecatrónica del aeropuerto, transporte, gerencia de Navitrans, fotón, fuerza aérea, ruta N, innovación y desarrollo, centro de la cuarta revolución industrial. Tenemos un Súper equipo que nos ayuda a pensar el programa. Tenemos robots AGB que están en Sofasa y los empresarios terminan dirigiendo tesis de grado, prácticas y terminan muchos vinculados en la empresa". (Entrevistado 10).
>
> Por eso el muchacho debe saber cosas desde abajo que hace con las señales, que pasa con la mecánica, todo es de bajo nivel, no podemos pretender que alguien no

> se vaya a untar las manos en algún momento, por ello hemos llegado a la conclusión que toca hacer y pues el modelo de enseñanza de la Universidad es constructivista, que nace del saber y del saber haciendo y el aprender haciendo y hemos llegado a la conclusión de lo que se adapta en ingeniería mecatrónica en el país y es eso el aprender haciendo y el aprender a comprender del hacer, entones son esencialmente 4 fases. La parte abstracta teórica fundamentación teórica, la parte de laboratorio, la parte del informe de laboratorio y así funcionan todas nuestras materias y es la manera adecuada cómo funciona la ingeniería mecatrónica que apunta a las necesidades del país, porque así no funcionan las ingenierías en Europa, etc. (Entrevistado 11).

En la formación básica, los docentes indican que las estrategias tradicionales como la clase magistral, talleres y ejercicios son fundamentales en el aprendizaje.

> Hay estudiantes que estudian para ganar otros no le importa la nota sino aprender y apropiarse, creo que se inicia con saberes previos, luego los saberes específicos por medio de catedra magistral que creo que es fundamental, el tablero, copia, el curso relación entre la visión y motricidad de lo que el profesor hacen el tablero, también los ejemplos y en simultanea debe estar los ejercicios para que se participe individual y colectiva con solución o preguntas del nuevo saber para que se involucre a todos los compañeros, luego gracias a que la ingeniería mecatrónica es bastante práctica, se puede llevar a la práctica los conceptos aprendidos. (Entrevistado 12).

El aprendizaje autónomo hace parte de la formación de ingenieros mecatrónicos, esto les permite la actualización profesional y la habilidad progresiva en la solución de problemas del contexto en el tiempo.

> No solo sea el protagonista sino el estudiante también tome posición activa en el aprendizaje y construyan su conocimiento, particularmente en las materias que son muy conceptuales y teóricas yo creo que lo magistral, lecturas, ejercicios y talleres son muy importantes. En materias más avanzadas el trabajo con proyectos o desarrollo de proyectos y problemas pueden ser más significativas, enfrentar a los estudiantes a algo más realista es más significativo, que ellos desarrollen y

> propongan un desarrollo de un prototipo con todas las variables no solo del curso sino enfrentarse con costos, limitaciones espaciales. (Entrevistado 13).

También es importante tanto para el docente, el directivo, el estudiante tener en cuenta el desarrollo de las competencias por medio de los resultados de aprendizaje enlazados al perfil del ingeniero mecatrónico como respuesta a los requerimientos del contexto regional, nacional y mundial.

"Creo que es a través de lo que son proyectos y una formación basada en esos resultados de aprendizaje, cuando se establece el perfil de egreso estamos viendo que es lo que la sociedad necesita de ese profesional". (Entrevistado 16).

3.8 Flexibilidad

Como estrategias para lograr la flexibilidad en la formación integral e interdisciplinar de los ingenieros mecatrónicos, se encuentra que en los programas se ha evolucionado en registro de notas evitando los cortes temporales, sin embargo, se evidencia la persistencia de evaluaciones sumativas.

"Se logra ver tendencias que van por otro lado y atados a cierta burocracia lo malo son las formas como se hace el currículo, como el caso de los cortes que limita el mejoramiento del estudiante, aunque la U debe ajustar." (Entrevistado 7)

Por otra parte, se indica que existen criterios de flexibilidad dados por la motivación en el buen uso de laboratorios en el aprendizaje autónomo para la construcción de proyectos y prototipos.

"No tenía nota sino era una actividad extracurricular voluntaria donde los estudiantes hacían buen uso de los laboratorios de la Universidad y buen uso del concepto de laboratorio". (Entrevistado 6).

El currículo para Ingeniería Mecatrónica debe ser una estructura abierta a las posibilidades de interactuar con otras disciplinas, puesto que actualmente la mecatrónica no solo involucra a sus 4 disciplinas básicas, sino que se abre campo a muchas otras tecnologías y aplicaciones en medicina, nanotecnología, control inteligente, cuarta revolución industrial, aplicaciones inteligentes, entre otras. (Habib, 2013).

"Que mecatrónica no es una carrera pura, sí o sí es interdisciplinar, y nos vemos obligados a interactuar con los demás, y un claro reflejo son las investigaciones que no son únicamente por

ingenieros mecatrónicos, sino que nos involucramos con otras áreas como veterinaria, medicina, e inclusive con otras ingenierías electrónica, eléctrica". (Entrevistado 9).

Los cursos electivos, en el común de los programas permiten flexibilizar el currículo, esto anclado con posgrados y con el sector externo, nacional e internacional.

> Queremos tener unas optativas trasversales y abrir una ventana a los posgrados, acá es una formación más práctica, si ya el estudiante opta por la ingeniería entonces simplemente hacen una homologación de créditos, las asignaturas iguales, también se tienen ciencias básicas que se ven en Colombia se ven en España, física, calculo, yo pienso que el nivel educativo en Colombia no está mal, pero precisamente hace falta que en Colombia se invierta más en la parte práctica. (Entrevistado 10).

"Hay mucha movilidad a nivel entrando y a nivel internacional, por ejemplo, la mayoría de estudiantes, ellos van a hacer sus prácticas, sus materias a otros países y hay esa ventaja". (Entrevistado 15).

3.9 Habilidades blandas

Docentes, directivos, estudiantes y egresados coinciden en que las habilidades comunicativas tanto oral como escrita y en distinto idioma son fundamentales, así mismo el emprendimiento, liderazgo, trabajo en equipo, cuidado del medio ambiente, solución de problemas, desarrollo de competencias emocionales, solución de conflictos y la formación en valores. Todo esto complementa el buen desarrollo y aporte del ingeniero mecatrónico en la sociedad con éxito y laboriosidad.

"Yo creo que le hace falta ver el impacto hacia la sociedad, ver si en verdad sirve o no el proyecto en la sociedad". (Entrevistado 3).

"No solo de las asignaturas sino también las habilidades blandas que se proponen como son el liderazgo, forma de trabajar en equipo, y cómo solucionan un problema planteado". (Entrevistado 5).

"Pero eso se logró con la formación de los estudiantes sobre todo en la capacidad de resolver los problemas". (Entrevistado 5).

"En tiempo libre donde fomentan actividades colaboración ética, trabajo en equipo, diálogo y se convirtió en toda una institución para Ing. mecatrónica". (Entrevistado 6).

> Antes no eran muy fuertes y nos hemos obligado a hacer una reestructuración en el plan de estudios ahora con el tema de resultados de aprendizaje mejor aún porque nos han permitido cómo ahondar un poco más en ese tema y no dejarlo de lado, ya que en un análisis que hicimos si estamos débiles en esas habilidades blandas como el trabajo en equipo, expresión, tanto escrita como oral. (Entrevistado 9).

"Hablar de las competencias emocionales en el aula". (Entrevistado 14).

"Preparar al ingeniero con la inteligencia emocional que permita tener una capacidad de negociación, unas habilidades sociales y comunicativas para trabajar en equipos multidisciplinarios". (Entrevistado 14).

La categoría de "habilidades blandas" cobra gran importancia en el perfil profesional del Ingeniero Mecatrónico como una competencia transversal que permite el desempeño integro considerado tanto a nivel internacional por el proyecto Tuning en lo que respecta a competencias genéricas, la Comisión Superior Universitaria de Centro América, Mercosur, el compromiso de Brasilia con la cultura de integración, entre otras institucionalidades que concluyen en la movilidad estudiantil y docente para alcanzar las diferentes competencias, para lo cual el ingeniero mecatrónico requiere de preparación en habilidades comunicativas, de convivencia, cívicas, liderazgo, trabajo en equipo, creatividad, entre otras que se logran de manera transversal a lo largo de su formación activa y participativa. (Hawes B y Corvalán, 2005).

Esto reafirma que la fortaleza del diálogo entre los actores académicos y las tensiones en las disciplinas construyen y permiten con ello en el programa de Ingeniería Mecatrónica la búsqueda de desarrollo de productos y procesos óptimos y eficientes para el ser humano en la medida en que dichos productos y procesos no pueden ser únicamente desarrollados por una sola disciplina sino por múltiples de ellas, enriqueciendo así la diversidad de herramientas conceptuales.

3.10 Integrador Tecnológico

En la categoría de integrador tecnológico, se hace referencia a la capacidad de los ingenieros mecatrónicos para el desarrollo de proyectos y procesos mecatrónicos enmarcados en el liderazgo para la gestión de la tecnología que se involucra en dichos proyectos y procesos. Esta habilidad se logra por la formación acumulativa de múltiples disciplinas que dan plasticidad a la mente de los profesionales de mecatrónica, además que para el contexto tanto docenes como egresados coinciden en la fortaleza de una formación técnica.

> Hay un modelo que está adoptando la facultad y el programa en debates largos y llegamos a la conclusión que la ingeniería en Colombia debe ser diferente a la de Rusia, Brasil, Francia, porque allá necesitan un ingeniero acá para ser honesto no se requieren muchos ingenieros, se necesita un integrador tecnológico. (Entrevistado 11).
>
> Si bien es cierto que la mecatrónica surgió el siglo pasado y bajo este contexto es necesario reformarla y actualizarla para que atienda al contexto de postpandemia, igual al contexto de conflicto armado, inestabilidad política no solo en Colombia sino en el planeta, viendo las experiencias internacionales, como ejemplo, haber trabajado en España me permite no solo conocer la mecatrónica en España sino también en Alemania que han sabido aprovechar el potencial de esta carrera. La mecatrónica se podría complementar con una formación de base netamente técnica (Entrevistado 14).

3.11 Aspectos Contribuidores de la Interdisciplinariedad

Existen varios elementos que aportan a la formación interdisciplinaria de un ingeniero mecatrónico, algunos mencionados por los entrevistados son:

"Se necesita, o el tema es tener expertos, por ejemplo, cuando llegué a Nariño había carencia de ingenieros mecánicos y no me entendían o no me hacía entender, a veces otras profesiones hacían el trabajo de mantenimiento, y como experto en ingeniería mecánica pude hacerlo de mejor manera". (Entrevistado 1).

La experticia de la ingeniería hace posible que exista mejor comunicación al desarrollar e implementar procesos y productos mecatrónicos en el contexto, de allí son importantes las habilidades blandas y la experiencia en gestión de la tecnología.

El sector empresarial, también es agente fundamental en el desarrollo de las competencias del ingeniero al brindar la posibilidad de poner en marcha proyectos de automatización y gestión tecnológica que mejoren y den eficiencia a las industrias.

"Me di cuenta de que cada materia tiene su razón de ser y se integran en la parte laboral". (Entrevistado 3).

"Me parece interesante desde primer semestre cuando se entrega un proyecto en el que se desarrolla y se ve cómo interactuarán las partes en un concepto integrado, yo nunca estudié mecatrónica, estudié los componentes por aparte y a mí me las entregaron las áreas por aparte, me

tocó a mí personalmente integrarlas y la gran fortaleza de la mecatrónica es la capacidad de integrar esos conceptos". (Entrevistado 4).

"El proyecto integrador en lo que el equipo docente al inicio plantea las competencias y la hoja de ruta del proyecto para que los estudiantes la validen y presenten. Aquí se unen los conceptos previos y el proyecto nos perite de manera colectiva llevar el proceso". (Entrevistado 4).

El desarrollo de proyectos que resuelven problemas a nivel macro, permite el trabajo en equipos multidisciplinarios y enriquecen el campo de acción de la Ingeniería Mecatrónica, generando nuevas tensiones que fomentan la interdisciplinariedad.

"Este semestre se trabaja con administración de empresas agropecuarias y ellos evalúan y participan en el desarrollo del proyecto acompañando, y verificando ya que este semestre se trabajó agricultura de precisión". (Entrevistado 4).

La cátedra en el programa no debe ser exclusiva de las universidades, sino también de la participación de empresas de base tecnológica, esto permite tener otras perspectivas desde sector externo e internacional a la vanguardia de los requerimientos industriales y sociales.

"Convenios para tomar cátedras en las empresas, ejemplo cátedra Festo que me da vínculo permanente con las empresas que están en vanguardia en el desarrollo del país y del mundo". (Entrevistado 6).

Otra herramienta para la interdisciplinariedad es la transversalidad como estrategia de trabajo concurrente en distintos proyectos a gran escala, donde se observa el trabajo en equipo y el liderazgo de la mecatrónica y su capacidad integradora.

"En el plan de estudios diseño 1 está en 6to semestre y funciona como una asignatura transversal en el currículo la cual recopila los conceptos adquiridos en todos los semestres anteriores". (Entrevistado 9).

Los conceptos adquiridos en los semestres hacen referencia al desarrollo de competencias transversales, tales como la creatividad que es una de las competencias en ingeniería que se trabaja a lo largo de todos los cursos desde el desarrollo de proyectos

"Un ingeniero mecatrónico no es experto en todas las áreas, sino que es una persona que en algunos casos tiene cierta profundidad, pero es una persona que a lo largo de la carrera se forma un esquema mental y una plasticidad cerebral que le permite integrar áreas que poco o nada tienen que ver, eso es lo curioso". (Entrevistado 10).

3.12 Áreas técnicas

Dado el contexto colombiano y en general se puede decir que, de América Latina, es claro que se requiere ingenieros con una visión técnica, además de la formación profesional, esto en el marco de las necesidades de adaptación, gestión, mantenimiento y puesta en marcha de equipos tecnológicos en la industria nacional.

> Colombia es un país que tiene una línea hacia el área técnica, muy tecnológica. Por fuera no es de hacer, sino pensar y diseñar y son muy fuertes en matemáticas, en modelos y plasmar modelos matemáticos. Acá, por ejemplo, muchachos latinos que estudian ingeniería mecatrónica en Rusia nunca habían hecho un robot ni programado un plc, ni programado un arduino, un pic, o sea todo se queda en la teoría. (Entrevistado 11).
>
> Tienen opción de vincularse al mercado laboral o seguir estudiando. En España se conoce como un grado en ingeniería mecatrónica. Esto es interesante porque ese perfil de ingeniero mecatrónico no solo va a estar capacitado para realizar labores de ingeniería sino una base sólida muy fuerte, eso desde lo laboral, es atractivo porque saben que a mitad de carrera pueden entrar a la industria. (Entrevistado 14).

3.13 Metodologías concurrentes

Una estrategia para lograr la interdisciplinariedad y es propia de la ingeniería mecatrónica, es el trabajo concurrente, donde varias disciplinas pueden generar aportes significativos en un proyecto o proceso, principalmente en el diseño de productos mecatrónicos, esto se logra en función del conocimiento general de las disciplinas, el problema, el contexto y el liderazgo en la gestión de saberes tecnológicos.

“Por otra parte es articular a la realidad para tratar de corregir errores que en la parte teórica que es ideal no se perciben, entonces al poner en práctica ya se logra evidenciar otras cosas, en la implementación se replica y se implementa”. (Entrevistado 3).

“Vamos organizando todos los componentes en una metodología concurrente, donde vemos todos los componentes simultáneamente cómo se van integrando para ver la solución, esa es la mejor forma que me ha funcionado y que estudiantes alcancen las competencias, pero siempre viendo que se haga esa integración”. (Entrevistado 4).

Para lograr el trabajo concurrente, las estrategias de formación de los ingenieros mecatrónicos están en función de desarrollo de proyectos integradores y transversales en todo el proceso formativo.

> Asignatura denominada integradora que es la encargada de ejecutar los proyectos que involucra todas las áreas de conocimiento, nosotros tenemos 5 asignaturas que ejecutan proyectos integradores que tienen que ver con levantamiento de la información, análisis del estado del arte, sobre todo aterrizado e identificando sistemas mecatrónicos, luego pasamos a un proyecto integrador en donde a partir de ese estudio se desarrollan ciertas propuestas, diseños, bosquejos en temas muy básicos con prototipos básicos y sencillos, en los dos últimos niveles se realizan prototipos con el avance del conocimiento con prototipos mecánicos, actuadores, control y otros y por último en la última materia integradora es su proyecto de tesis. (Entrevistado 5).
>
> Enfoque objetual. Objetos, primero tomamos como referente el objeto de conocimiento que es la ingeniería, 2do hacemos referencia al objeto de estudio como sistemas mecatrónicos y sistemas inteligentes y 3ero objetos de aprendizaje que derivan en resultados de aprendizaje, entonces hay una taxonomía básica como objeto, objeto de estudio, aprendizaje, entonces tiene una estructura genérica en ingeniería, lo especifico es la mecatrónica en sistemas mecatrónicos, diseño mecatrónico , sistemas inteligentes y lo especifico son en lo que se quiere que se forme. (Entrevistado 6).

Las formaciones en las competencias básicas son posibles por la concurrencia de diferentes áreas del conocimiento, sin embargo, es importante que en la especificidad de la formación se direccione de manera concurrente y liderada por expertos en mecatrónica.

> En el aspecto curricular el mecatrónico tienen una gran ventaja porque pueden abordar el problema desde distintas perspectivas, pero a nivel de nosotros los electrónicos con los mecánicos los roles están bien definidos, entonces no creo que exista un roce ante la conceptualización que podamos tener ante un proyecto porque por ejemplo, yo siempre veo el proyecto desde lo electrónico, entonces por ejemplo yo digo metámosle esto a nivel electrónico, estos sensores; en cambio el mecánico

siempre está pensando como en metámosle este sistema mecánico, hagámosle esta relación, hagámosle esto. (Entrevistado 8).

ANEXO F. ENCUESTAS A DOCENTES, EGRESADOS Y ESTUDIANTES DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

En el presente anexo se presenta el instrumento para realización de encuestas a los distintos actores y las respuestas obtenidas basadas en las dimensiones y categorías de interdisciplinariedad.

1. Instrumento Versión 1.

Dimensión 1: Conocimientos Disciplinares

Cuando un experto en su materia da una explicación a una problemática, soy bueno(a) identificando si el problema podría resolverse con enfoques de otras disciplinas académicas.

Veo conexiones entre la ingeniería mecatrónica y otras áreas distintas a la mía.

Noto que cada curso tiene un objetivo particular en la formación.

Los cursos del programa de ingeniería mecatrónica aportan a un objetivo general del que hacer de la profesión.

Puedo identificar hechos, pruebas y fundamentos en los que diferentes disciplinas académicas se sustentan.

Frecuentemente me detengo a reflexionar sobre lo que estoy pensando para determinar si omito algo.

Dimensión 2: Habilidades Interdisciplinares:

Disfruto pensar cómo diferentes áreas de estudio abordan los mismos problemas siguiendo caminos distintos.

Pocas veces reflexiono en cómo mis compañeros y/o colegas pensaron y resolvieron algún problema para mejorar mis propias soluciones.

Es muy difícil usar en otros escenarios (otras clases, mi vida cotidiana, etc.) lo que aprendo en un curso y/o materia en específico.

Puedo recoger ideas de otras áreas para ayudarme a entender mejor el contenido de las clases de mi carrera.

Valoro leer sobre temas diferentes a los de mi carrera.

Dimensión 3: Actitudes Reflexivas

De mis conocimientos e ideas de diferentes áreas de estudio, puedo descubrir cuál es el apropiado para resolver un problema específico.

Cuando me cuesta trabajo desarrollar una actividad en clase o tarea, desconozco cuando mi dificultad se debe a que yo solo sé pensar de la manera “en la que me enseñan o enseñaron a pensar en mi carrera”.

Si me pidieran, podría identificar conocimientos e ideas distintivas de otros campos de estudio.

Categoría Concurrencia:

Conoce los conceptos, métodos y procedimientos del objeto de estudio de la ingeniería mecatrónica.

Se concretan espacios de investigación interdisciplinar desde los cursos del programa de ingeniería mecatrónica.

La mayoría de cursos del programa de ingeniería mecatrónica buscan relaciones de concurrencia con otras disciplinas.

Los cursos del programa de ingeniería Mecatrónica le permiten comprender los diferentes métodos que se necesitan para la resolución de problemas en su área.

Los cursos del programa de ingeniería mecatrónica le permiten comprender su disciplina como un campo de cooperación.

Su campo de estudio va más allá de los limites tradicionales de la las disciplinas

Categoría Pensamiento Crítico

La metodología utilizada en la clase está encaminada a desarrollar el conocimiento y el pensamiento reflexivo.

El profesor tiene en cuenta y apoya el perfil que ofrece el programa durante la clase.

El docente explica en clase ¿qué se aprende y para qué se aprende?

Categoría Liderazgo

Cuando resuelve un problema, identifica claramente qué es lo que se busca.

Redacta un problema creativo de una situación problemática con enfoque interdisciplinario.

Selecciona y obtiene información útil y necesaria dentro de un problema de contexto a solucionar.

Examina desde diferentes disciplinas un problema planteado, para determinar sus puntos de convergencia y de divergencia.

Define un concepto abstracto; enfrentado a un problema complejo y determina cómo puede ser separado en distintas partes.

Explica el desarrollo de un problema analizando eficazmente sus datos de forma interdisciplinaria.

Sabe justificar adecuadamente por qué considera aceptable o infundada una opinión.

Evalúa la fortaleza lógica de la creación de problemas basados a situaciones reales del contexto.

2. Instrumento interdisciplinariedad estudiantes de Ingeniería Mecatrónica Versión 2

Dimensión 1: Conocimientos Disciplinares

Cuando un experto en su materia da una explicación a una problemática, soy bueno(a) identificando si el problema podría resolverse con enfoques de otras disciplinas académicas.

Veo conexiones entre la ingeniería mecatrónica y otras áreas distintas a la mía.

El objeto de estudio de las disciplinas de la Electrónica, la mecánica y la programación se integran en un producto mecatrónico de manera que es difícil notar la función que cumple cada una de las disciplinas de forma independiente.

El currículo en Ingeniería Mecatrónica permite con libertad abordar cursos para adquirir conocimientos específicos y usarlos en la de solución de problemas.

Dimensión 2: Habilidades interdisciplinares:

Disfruto pensar cómo diferentes áreas de estudio abordan los mismos problemas siguiendo caminos distintos.

Es muy difícil usar en otros escenarios (otras clases, mi vida cotidiana, etc.) lo que aprendo y/o enseño en una materia en específico.

Puedo recoger ideas de otras áreas para ayudarme a entender mejor el contenido de las clases de mi carrera.

Trabajo mejor en proyectos mecatrónicos por etapas independientes y luego las uno (Electrónica, mecánica, programación, control).

Me apoyo en conocimientos de las distintas disciplinas para desarrollar un producto mecatrónico integrado.

Dimensión 3: Actitudes reflexivas

De mis conocimientos e ideas de diferentes áreas de estudio, puedo descubrir cuál es el apropiado para resolver un problema específico.

Si me pidieran, podría identificar conocimientos e ideas distintivas de otros campos de estudio.

Si me formara como ingeniero mecánico y como ingeniero electrónico podría desarrollar mejor los proyectos de diseño mecatrónico.

Categoría Concurrencia:

El currículo de ingeniería Mecatrónica propicia espacios de investigación y desarrollo interdisciplinar con la participación de diferentes profesionales en forma concurrente.

La mayoría de cursos del programa de ingeniería mecatrónica buscan relaciones de concurrencia con otras disciplinas.

Los cursos del programa de ingeniería Mecatrónica le permiten comprender de manera suficiente los diferentes métodos que se necesitan para la resolución de problemas en su área.

Los cursos del programa de ingeniería mecatrónica le permiten comprender su disciplina como un campo de cooperación.

Categoría Liderazgo

Cuando resuelve un problema de Ingeniería mecatrónica, Identifica claramente las funciones y los aportes de las distintas disciplinas.

Redacta un problema creativo de una situación problemática con enfoque interdisciplinario.

Examina desde diferentes disciplinas un problema planteado, para determinar sus puntos de convergencia y de divergencia.

Define un concepto abstracto; enfrentado a un problema complejo y determinas como puede ser separado en distintas partes

Sabe justificar adecuadamente por qué considera aceptable o infundada una opinión

3 Datos codificados de la información primaria por medio de encuesta en escala Likert

El proceso para procesamiento de la información consiste en vaciar las respuestas dadas por los actores encuestados (docentes, egresados y estudiantes del programa de Ingeniería Mecatrónica), para ello se codifica el instrumento en las categorías de conocimientos disciplinares (Afirmaciones de P1 a P4), Habilidades interdisciplinarias (Afirmaciones Q1 a Q5), Actitudes

reflexivas (Afirmaciones R1 a R3), Concurrencia (Afirmaciones S1 a S4) y Liderazgo (Afirmaciones T1 a T5).

La escala Likert se realiza en 5 niveles donde 1 es la valoración Totalmente en desacuerdo y el 5 es la valoración Totalmente de acuerdo. Para el análisis se realiza el conteo de las valoraciones y se halla su porcentaje en relación a cada categoría.

Tabla F.1

Vaciado de información por categorías de las respuestas de docentes del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

P1	P2	P3	P4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	R1	R2	R3	S1	S2	S3	S4	T1	T2	T3	T4	T5
5	5	4	4	5	2	5	4	4	5	5	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4
5	5	4	5	5	3	5	1	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	2	2	4	4	2	3	2	5	4	5	2	3	4	4	4	4	4	5	3	3
4	5	5	5	5	2	5	3	5	4	4	4	5	4	5	4	5	4	4	4	4
4	4	3	4	5	3	4	4	4	3	3	4	5	4	4	4	5	4	4	4	3
5	5	4	5	5	1	5	4	5	5	4	3	5	4	5	5	5	4	4	5	5
5	5	4	4	4	3	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	1	5	5	1	5	1	5	5	5	1	5	1	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	4	5	4	4	3	4	4	4	3	5	5	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	3	5	5	3	5	5	5	2	2	4	5	5	3	5	4	5	5	4
3	4	5	4	4	3	5	3	5	4	3	4	4	3	4	5	5	3	4	4	4
5	5	4	5	4	2	4	5	5	5	2	4	5	4	5	4	4	5	5	3	2
5	5	5	5	4	5	3	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5
4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4
4	5	5	5	4	5	1	5	4	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5
5	5	4	5	4	2	2	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	5	3	4	4	1	1	5	5	4	1	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5
4	4	5	5	5	1	2	5	5	5	2	5	5	3	4	5	5	5	5	5	5
5	5	5	4	5	2	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4

Tabla F.2

Conteo de valoraciones por categorías de las respuestas de docentes del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Respuestas de 19 Docentes	1	2	3	4	5
Categoría	TDD	D	N	DA	TDA
Conocimientos disciplinares	1	2	4	27	42
Habilidades Interdisciplinarias	8	10	10	26	41
Actitudes reflexivas	3	5	5	20	24
Concurrencia	1	0	4	25	46

Liderazgo	0	1	5	40	49

Tabla F.3

Porcentaje de valoraciones por categorías de las respuestas de docentes del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Respuestas porcentuales de 19 Docentes	1	2	3	4	5
Categoría	TDD	D	N	DA	TDA
Conocimientos disciplinares	1.3	2.6	5.3	35.5	55.3
Habilidades Interdisciplinarias	8.4	10.5	10.5	27.4	43.2
Actitudes reflexivas	5.3	8.8	8.8	35.1	42.1
Concurrencia	1.3	0.0	5.3	32.9	60.5
Liderazgo	0.0	1.1	5.3	42.1	51.6

Finalmente se realiza una suma de valoraciones positivas tomando las medidas de 4 y 5 de la escala Likert y valoraciones negativas su complemento.

Tabla F.4

Porcentaje de respuestas positivas y negativas por categorías por parte de docentes del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Categoría	Negativas (1,2,3)	Positivas (4,5)
Conocimientos disciplinares	9.2	90.8
Habilidades Interdisciplinarias	29.5	70.5
Actitudes reflexivas	22.8	77.2
Concurrencia	6.6	93.4
Liderazgo	6.3	93.7

Tabla F.5

Vaciado de información por categorías de las respuestas de egresados de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

P1	P2	P3	P4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	R1	R2	R3	S1	S2	S3	S4	T1	T2	T3	T4	T5
4	5	3	4	4	4	5	3	4	4	4	3	4	3	3	4	5	4	4	4	4
4	4	1	2	4	3	4	5	4	4	3	5	4	4	4	5	5	4	4	4	3
4	5	2	5	3	4	2	2	5	4	4	3	5	4	5	5	5	5	3	4	4
3	5	2	5	4	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	3	4	4	2

3	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	5	5	2	5	4	4	5	5	2	2	5	3	4	3	4	4	3	3	2	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
3	5	2	5	4	3	4	4	5	3	4	2	5	4	3	4	4	3	3	4	4
4	3	2	4	5	1	5	5	5	5	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	5
5	5	4	4	5	2	5	4	4	5	5	2	4	4	4	4	5	4	4	5	5
5	5	4	5	4	4	4	3	5	4	5	3	5	3	4	4	5	5	3	4	5
4	5	1	5	5	1	5	3	5	4	4	3	4	4	4	5	5	5	4	5	3
3	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	2	2	3	3	4	2	3
3	4	2	4	3	2	4	2	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4
4	4	2	4	4	1	4	1	4	4	3	1	4	4	4	4	4	4	4	3	4
4	4	3	4	4	3	4	2	5	5	4	3	5	4	3	4	5	5	5	3	4
5	5	4	4	5	3	4	4	5	4	3	5	4	5	2	2	4	4	4	4	4

Tabla F.6

Conteo de valoraciones por categorías de las respuestas de egresados de programas de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Respuestas de 19 Docentes	1	2	3	4	5
Categoría	TDD	D	N	DA	TDA
Conocimientos disciplinares	2	8	10	26	22
Habilidades Interdisciplinarias	4	6	12	37	26
Actitudes reflexivas	1	4	9	25	12
Concurrencia	0	4	13	34	17
Liderazgo	0	3	14	46	22

Tabla F.7

Porcentaje de valoraciones por categorías de las respuestas de egresados del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Respuestas porcentuales de 19 Docentes	1	2	3	4	5
Categoría	TDD	D	N	DA	TDA
Conocimientos disciplinares	2.9	11.8	14.7	38.2	32.4
Habilidades Interdisciplinarias	4.7	7.1	14.1	43.5	30.6
Actitudes reflexivas	2.0	7.8	17.6	49.0	23.5
Concurrencia	0.0	5.9	19.1	50.0	25.0
Liderazgo	0.0	3.5	16.5	54.1	25.9

Tabla F.8

Porcentaje de respuestas positivas y negativas por categorías por parte de egresados del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Categoría	Negativas (1,2,3)	Positivas (4,5)
Conocimientos disciplinares	29.4	70.6
Habilidades Interdisciplinarias	25.9	74.1
Actitudes reflexivas	27.5	72.5
Concurrencia	25.0	75.0
Liderazgo	20.0	80.0

Tabla F.9

Vaciado de información por categorías de las respuestas de estudiantes del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

P1	P2	P3	P4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	R1	R2	R3	S1	S2	S3	S4	T1	T2	T3	T4	T5
5	5	1	5	4	1	5	5	5	5	3	1	5	5	5	5	5	5	5	3	4
4	2	3	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	2	3	2	3	2	3	4	4
4	5	4	4	5	3	4	4	4	5	4	4	5	3	5	5	4	3	3	4	4
4	4	3	4	4	3	3	3	3	4	3	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4
3	4	2	5	3	2	5	3	4	4	4	2	4	4	4	4	4	3	3	4	3
5	5	5	5	5	3	5	2	5	4	3	1	5	5	2	4	5	5	5	5	5
5	5	3	5	5	2	5	3	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	3	4
4	4	1	4	5	2	5	5	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4
3	5	1	5	4	2	4	3	4	4	3	2	5	4	4	4	4	3	3	3	4
3	1	1	1	1	4	1	3	4	4	3	2	1	1	1	1	4	4	1	4	1
4	4	2	3	3	3	5	5	5	5	4	3	4	5	5	5	5	4	4	4	4
4	4	2	2	5	3	3	4	3	4	4	5	2	4	3	3	4	3	4	3	3
4	5	2	3	5	3	4	3	4	4	3	3	2	3	3	4	4	4	4	3	3
3	5	2	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	5	5	4	4	3	4
4	5	5	5	5	5	3	5	5	4	4	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5
4	5	5	5	4	3	2	4	3	5	3	3	5	4	5	5	4	5	4	5	4
4	5	4	3	4	3	3	4	4	3	5	3	4	4	3	4	4	4	3	3	3
4	4	4	4	4	3	4	5	4	4	3	4	4	3	4	4	5	5	4	4	4
3	5	5	4	5	2	2	4	5	4	2	3	3	4	3	5	4	4	2	5	3

Tabla F.10

Conteo de valoraciones por categorías de las respuestas de estudiantes del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Respuestas de 19 Docentes	1	2	3	4	5
Categoría	TDD	D	N	DA	TDA
Conocimientos disciplinares	6	7	11	27	25
Habilidades Interdisciplinarias	3	8	26	32	26
Actitudes reflexivas	2	4	17	25	9
Concurrencia	4	5	12	30	25
Liderazgo	2	2	23	46	22

Tabla F.11

Porcentaje de valoraciones por categorías de las respuestas de estudiantes del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Respuestas porcentuales de 19 Docentes	1	2	3	4	5
Categoría	TDD	D	N	DA	TDA
Conocimientos disciplinares	7.9	9.2	14.5	35.5	32.9
Habilidades Interdisciplinarias	3.2	8.4	27.4	33.7	27.4
Actitudes reflexivas	3.5	7.0	29.8	43.9	15.8
Concurrencia	5.3	6.6	15.8	39.5	32.9
Liderazgo	2.1	2.1	24.2	48.4	23.2

Tabla F.12

Porcentaje de respuestas positivas y negativas por categorías por parte de estudiantes del programa de Ingeniería Mecatrónica en Colombia

Categoría	Negativas (1,2,3)	Positivas (4,5)
Conocimientos disciplinares	31.6	68.4
Habilidades Interdisciplinarias	38.9	61.1
Actitudes reflexivas	40.4	59.6
Concurrencia	27.6	72.4
Liderazgo	28.4	71.6