

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**AMAZÓNICA (SAN BUENAVENTURA)**



**DISEÑO DE LABORATORIOS DIDACTICOS PARA LA**  
**FORMACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES CON EL**  
**ENFOQUE DE INDUSTRIA 4.0**

Proyecto de Grado presentado para la obtención del grado de Licenciatura en Ingeniería  
Industrial

**POR: ESMERALDA LORENA RIVAS CHUQUI**

**TUTOR: ING. FERRUFINO GUTIERREZ FREDDY FERNANDO**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**Agosto, 2024**



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERIA**



**LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.**

**LICENCIA DE USO**

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**INGENIERÍA INDUSTRIAL AMAZÓNICA**

**Proyecto de Grado:**

**DISEÑO DE LABORATORIOS DIDACTICOS PARA LA FORMACIÓN DE  
INGENIEROS INDUSTRIALES CON EL ENFOQUE DE INDUSTRIA 4.0**

**Presentado por:**

**Univ. Esmeralda Lorena Rivas Chuqui**

Para optar el grado académico de: **Licenciado en Ingeniería Industrial**

Nota Numeral: .....

Nota Literal: .....

Ha sido: .....

Director de la Carrera de Ingeniería Industrial:

M. Sc. Ing. Franz José Zenteno Benítez .....

Tutor:

Ing. Ferrufino Gutiérrez Freddy Fernando: .....

Tribunales: Ing. PhD. Mario Zenteno Benítez .....

Ing. PhD. Ahmed Amusquivar Caballero .....

Ing. PhD. Walter Flores Portal .....

Ing. PhD. Juan Pablo Fernández Rocha .....

## DEDICATORIA

*A Dios, por ser mi guía y fuente de fortaleza, por iluminar mi camino y brindarme la sabiduría y la perseverancia para alcanzar este logro. A mis padres, por su amor incondicional y apoyo constante, pilares fundamentales en mi vida. A mi familia y amigos, por su aliento y comprensión, por ser fuente de fortaleza inestimable. A mis docentes por su invaluable conocimiento, guía y paciencia. A todos aquellos que han contribuido a este logro, por su apoyo, colaboración y palabras de aliento. Dedico este proyecto, fruto del esfuerzo, la dedicación y el apoyo de muchos, con profunda gratitud.*

## AGRADECIMIENTO

*A mis padres, por ser mi fuente de amor incondicional y apoyo constante, pilares fundamentales en mi vida. A mi familia y amigos, por su aliento y comprensión, por ser fuente de fortaleza inestimable. Al ingeniero que fue mi tutor, por su invaluable conocimiento, guía y paciencia. A todos aquellos que han contribuido a este logro, por su apoyo, colaboración y palabras de aliento. Dedico este proyecto, fruto del esfuerzo, la dedicación y el apoyo de muchos, con profunda gratitud.*

*En este proyecto he puesto mi corazón y alma, y no podría haberlo logrado sin el apoyo de todos ustedes. Gracias por creer en mí, por motivarme a seguir adelante y por celebrar mis éxitos. Este logro es tan mío como de ustedes, y lo comparto con profunda alegría.*

## CONTENIDO

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1      | INTRODUCCION .....   | 1  |
| 2      | ANTECEDENTES.....  | 2  |
| 2.1    | Relevancia de la industria 4.0 para Ingeniería Industrial .....              | 2  |
| 2.2    | Contexto de Industria 4.0 en Bolivia.....                                    | 5  |
| 2.3    | Aportes a la investigación y publicaciones de Industria 4.0 de la UMSA ..... | 5  |
| 3      | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS.....                                  | 6  |
| 3.1    | Problemática .....   | 6  |
| 3.2    | Análisis de la problemática.....   | 8  |
| 3.3    | Árbol de objetivos.....  | 10 |
| 3.4    | Estructura Analítica del Proyecto .....                                      | 11 |
| 3.5    | Matriz de Marco Lógico .....   | 12 |
| 3.6    | Matriz de consistencia .....   | 16 |
| 3.7    | Planteamiento del problema .....   | 17 |
| 3.8    | Objetivos.....   | 17 |
| 3.8.1  | Objetivo general.....  | 17 |
| 3.8.2  | Objetivos específicos .....  | 17 |
| 3.9    | Alcance .....  | 18 |
| 3.9.1  | Alcance del Temático.....  | 18 |
| 3.9.2  | Alcance Espacial.....  | 18 |
| 3.9.3  | Alcance Temporal.....  | 19 |
| 3.10   | Justificación .....  | 19 |
| 3.10.1 | Justificación de proyecto de grado.....                                      | 19 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 3.10.2 | Justificación académica.....  | 20 |
| 3.10.3 | Justificación Legal .....   | 21 |
| 4      | MARCO TEORICO.....  | 23 |
| 4.1    | Industria 4.0 .....   | 23 |
| 4.1.1  | Definición.....   | 23 |
| 4.1.2  | Características clave de la Industria 4.0.....                              | 23 |
| 4.1.3  | Adaptación de la educación superior a las demandas de industria 4.0 .....   | 24 |
| 4.1.4  | Impacto de la industria 4.0 en la formación de ingenieros industriales..... | 24 |
| 4.2    | Tecnologías Emergentes en la industria 4.0 .....                            | 24 |
| 4.2.1  | Descripción de Tecnologías Emergentes .....                                 | 25 |
| 4.3    | La industrialización virtual.....   | 26 |
| 4.4    | Festo Didactic .....  | 27 |
| 4.4.1  | Planta Festo MPS.....   | 27 |
| 4.5    | Estaciones MPS.....   | 27 |
| 5      | METODOLOGÍA .....   | 27 |
| 5.1    | Diseño de la investigación.....   | 28 |
| 5.1.1  | Tipo de investigación .....   | 28 |
| 5.1.2  | Justificación.....  | 28 |
| 5.2    | Obtención de información .....  | 29 |
| 5.2.1  | Selección de la muestra.....  | 29 |
| 5.2.2  | Criterios de inclusión y exclusión.....                                     | 30 |
| 5.3    | Recopilación de datos.....  | 30 |
| 5.3.1  | Métodos para recopilar datos.....   | 30 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 5.3.2 | Herramientas para la recopilación de datos.....                          | 31 |
| 5.4   | Análisis de datos .....  | 31 |
| 5.4.1 | Técnicas de análisis.....  | 31 |
| 5.4.2 | Herramientas para el análisis de datos .....                             | 31 |
| 5.5   | Garantía de la validez de la recopilación de los datos.....              | 32 |
| 5.5.1 | Anonimato y Confidencialidad.....  | 32 |
| 6     | IDENTIFICACION DE REQUERIMIENTOS.....                                    | 33 |
| 6.1   | Definición de brechas y factores.....                                    | 33 |
| 6.2   | Análisis de brechas y factores.....                                      | 33 |
| 6.2.1 | Competencias del ingeniero industrial en la Industria 4.0 .....          | 33 |
| 6.2.2 | Análisis del plan de estudios de ingeniería industrial (UMSA) .....      | 35 |
| 6.2.3 | Análisis del sector estudiantil.....                                     | 38 |
| 6.2.4 | Análisis del Sector Docente .....  | 55 |
| 6.2.5 | Identificación de las brechas en la formación actual .....               | 63 |
| 6.2.6 | Factores que afectan a la formación.....                                 | 63 |
| 6.3   | Competencias y Tecnologías clave para la ingeniería industrial 4.0 ..... | 64 |
| 6.3.1 | Competencias.....  | 64 |
| 6.3.2 | Tecnologías.....   | 66 |
| 7     | DISEÑO CONCEPTUAL DEL LABORATORIO DIDACTICO .....                        | 67 |
| 7.1   | Descripción general del diseño .....                                     | 67 |
| 7.2   | Descripción del Proceso para la Realización del Manual Didáctico.....    | 68 |
| 7.2.1 | Definición de los objetivos del laboratorio .....                        | 68 |
| 7.2.2 | Enfoque pedagógico.....  | 70 |



|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 7.2.3 | Diseño del Manual Didáctico .....                                  | 71  |
| 7.2.4 | Diseño de actividades de aprendizaje (Laboratorios) .....          | 72  |
| 7.3   | Requerimiento de equipamiento y tecnología .....                   | 75  |
| 7.4   | Flexibilidad y adaptabilidad del manual.....                       | 77  |
| 7.5   | Materiales didácticos proporcionados .....                         | 78  |
| 7.6   | Colaboración con la industria .....                                | 79  |
| 7.7   | Visión a largo plazo.....  | 80  |
| 8     | VALIDACIÓN Y RETROALIMENTACIÓN.....                                | 80  |
| 8.1   | Diseño de la Validación.....                                       | 80  |
| 8.2   | Definición de Evaluación Heurística.....                           | 80  |
| 8.2.1 | Definición del Feedback.....                                       | 81  |
| 8.2.2 | Justificación del método de evaluación Heurística y Feedback ..... | 81  |
| 8.3   | Metodología de validación .....                                    | 82  |
| 8.3.1 | Selección del grupo de validación .....                            | 82  |
| 8.3.2 | Instrumento de recolección de datos.....                           | 83  |
| 8.4   | Tabulación de datos de la validación .....                         | 88  |
| 8.4.1 | Evaluación por docentes.....                                       | 88  |
| 8.4.2 | Evaluación por expertos .....                                      | 93  |
| 8.4.3 | Evaluación por estudiantes.....                                    | 98  |
| 8.5   | Análisis de datos .....  | 102 |
| 8.6   | Conclusiones .....   | 106 |
| 9     | ANALISIS FINANCIERO .....  | 108 |
| 9.1   | Horizontes del proyecto.....                                       | 108 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 9.2   | Inversiones del proyecto.....                              | 108 |
| 9.2.1 | Inversión en activos fijos.....                            | 108 |
| 9.2.2 | Inversión en activos diferidos.....                        | 109 |
| 9.2.3 | Inversión en Capital de trabajo.....                       | 109 |
| 9.3   | Depreciación de activos fijos.....                         | 110 |
| 9.4   | Amortización de activos diferidos .....                    | 110 |
| 9.5   | Costos operativos del proyecto .....                       | 111 |
| 9.5.1 | Costos operativos fijos .....                              | 111 |
| 9.5.2 | Costos operativos variables .....                          | 113 |
| 9.6   | Ingresos del proyecto.....                                 | 114 |
| 9.7   | Estado de resultados del proyecto sin financiamiento ..... | 116 |
| 9.8   | Flujo de fondos sin financiamiento .....                   | 117 |
| 10    | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                       | 118 |
| 10.1  | Conclusiones.....  | 118 |
| 10.2  | Recomendaciones.....                                       | 119 |
| 11    | BIBLIOGRAFIA .....   | 120 |

## INDICE DE ILUSTRACIONES

|  |    |
|--|----|
| Ilustración 2-1: Emprendimientos con tecnologías digitales ..... | 5  |
| Ilustración 6-1: Competencias del ingeniero industrial .....     | 34 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|  |     |
|--|-----|
| Cuadro 3-1:Matriz de Marco Lógico .....  | 12  |
| Cuadro 3-2:Matriz de Consistencia de Análisis de la falta de enfoque en la educación para adaptarse a la Industria 4.0 ..... | 16  |
| Cuadro 6-1:Integración de competencias.....  | 37  |
| Cuadro 6-2: Segmentación de muestreo .....   | 38  |
| Cuadro 6-3: Encuesta a Estudiantes (1ra parte) .....   | 39  |
| Cuadro 6-4: Encuesta a Estudiantes (2da parte).....  | 40  |
| Cuadro 6-5: Segmento de muestreo del área Docente .....  | 56  |
| Cuadro 6-6: Encuesta a Docentes .....  | 57  |
| Cuadro 6-7: Materias encuestadas .....   | 58  |
| Cuadro 6-8: Tema para el laboratorio Didáctico de este proyecto .....  | 66  |
| Cuadro 7-1:Especificaciones técnicas para instalación por programas .....  | 75  |
| Cuadro 8-1:Grupo de Estudio.....   | 83  |
| Cuadro 9-1: Inversión en acondicionamiento de infraestructura .....  | 108 |
| Cuadro 9-2: Inversión en herramientas y equipos tecnológicos.....  | 109 |
| Cuadro 9-3:Inversión en activos diferidos .....  | 109 |
| Cuadro 9-4: Inversión Capital de trabajo .....   | 110 |
| Cuadro 9-5: Depreciación de Activos Fijos .....  | 110 |

|   |     |
|---|-----|
| Cuadro 9-6: Amortización de Activos Diferidos.....                      | 111 |
| Cuadro 9-7: Costos de sueldos y salarios.....                           | 111 |
| Cuadro 9-8:Costos de publicidad .....                                   | 112 |
| Cuadro 9-9: Costos de mantenimiento.....                                | 112 |
| Cuadro 9-10: Costos de conexión.....                                    | 113 |
| Cuadro 9-11: Costos de Energía Eléctrica .....                          | 113 |
| Cuadro 9-12: Costos de Energía Eléctrica en los años 2025 al 2029 ..... | 113 |
| Cuadro 9-13: Costos de Materiales y consumibles.....                    | 113 |
| Cuadro 9-14: Materiales y consumibles en los años 2025 al 2029 .....    | 114 |
| Cuadro 9-15: Costos fijos y variables por estudiante .....              | 114 |
| Cuadro 9-16: Ingresos por ventas del curso .....                        | 115 |
| Cuadro 9-17: Estado de resultados del proyecto sin financiamiento.....  | 116 |
| Cuadro 9-18: Flujo de fondos sin financiamiento .....                   | 117 |

### **INDICE DE GRÁFICAS**

|   |    |
|---|----|
| Gráfica 3-1: Árbol de problemas en la educación de los ingenieros industriales para adaptarse a la Industria 4.0.....               | 9  |
| Gráfica 3-2:Árbol de objetivos en la educación de los ingenieros industriales para adaptarse a la Industria 4.0.....                | 10 |
| Gráfica 3-3:Estructura Analítica del Proyecto en la educación de los ingenieros industriales para adaptarse a la Industria 4.0..... | 11 |
| Gráfica 6-1:Edades de los estudiantes encuestados.....  | 43 |
| Gráfica 6-2: Semestre de formación de los estudiantes encuestados .....   | 44 |

|   |    |
|---|----|
| Gráfica 6-3: Consideración de habilidades prácticas sobre el manejo de herramientas digitales .....                                   | 44 |
| Gráfica 6-4: Habilidad de uso de herramientas de planeación, programación y control de la producción.....                             | 45 |
| Gráfica 6-5: Nivel de uso de herramientas de simulación .....   | 46 |
| Gráfica 6-6: Habilidad de uso de herramientas de simulación de procesos y su evaluación.....  | 47 |
| Gráfica 6-7: Relación de las habilidades que se desarrolla en la malla académica y las habilidades mencionadas en la pregunta 4 ..... | 48 |
| Gráfica 6-8: Identificación de brechas o dificultades en la formación .....   | 49 |
| Gráfica 6-9: Familiaridad con el concepto de Industria 4.0.....   | 50 |
| Gráfica 6-10: Número de asignaturas con relación a la industria 4.0.....  | 51 |
| Gráfica 6-11: Proporción de conocimientos teóricos acerca de la industria 4.0 .....   | 52 |
| Gráfica 6-12: Factores que afectan a la formación de ingenieros industriales.....   | 53 |
| Gráfica 6-13: Ventaja competitiva en el mercado laboral gracias a la formación de industria 4.0.....                                  | 54 |
| Gráfica 6-14: Consideración a recibir oportunidades gracias a la industria 4.0.....   | 55 |
| Gráfica 6-15: Años de experiencia en la docencia .....  | 59 |
| Gráfica 6-16: Capacitación de los docentes en industria 4.0 .....   | 59 |
| Gráfica 6-17: Conocimiento de temas en industria 4.0 por los docentes.....  | 60 |
| Gráfica 6-18: Abordo de temas en la preparación de los estudiantes .....  | 61 |
| Gráfica 6-19: Factores influyentes en la efectividad de la enseñanza .....  | 61 |
| Gráfica 6-20: Brechas percibidas en la educación por los docentes.....  | 62 |
| Gráfica 6-21: Sugerencia de cambios en la educación para la mejora .....  | 62 |

|   |    |
|---|----|
| Gráfica 8-1: Validación de principio 1 - pregunta 1 (Docentes).....     | 89 |
| Gráfica 8-2: Validación de principio 1 - pregunta 2 (Docentes).....     | 89 |
| Gráfica 8-3: Validación de principio 2 - pregunta 3 (Docentes).....     | 89 |
| Gráfica 8-4: Validación de principio 2 - pregunta 4 (Docentes).....     | 90 |
| Gráfica 8-5: Validación de principio 3 - pregunta 5 (Docentes).....     | 90 |
| Gráfica 8-6: Validación de principio 3 - pregunta 6 (Docentes).....     | 90 |
| Gráfica 8-7: Validación de principio 4 - pregunta 7 (Docentes).....     | 91 |
| Gráfica 8-8: Validación de principio 4 - pregunta 8 (Docentes).....     | 91 |
| Gráfica 8-9: Validación de principio 5 - pregunta 9 (Docentes).....     | 91 |
| Gráfica 8-10: Validación de principio 5 - pregunta 10 (Docentes).....   | 92 |
| Gráfica 8-11: Validación de principio 1 - pregunta 1 (Expertos).....    | 93 |
| Gráfica 8-12: Validación de principio 1 - pregunta 2 (Expertos).....    | 94 |
| Gráfica 8-13: Validación de principio 2 - pregunta 3 (Expertos).....    | 94 |
| Gráfica 8-14: Validación de principio 2 - pregunta 4 (Expertos).....    | 94 |
| Gráfica 8-15: Validación de principio 3 - pregunta 5 (Expertos).....    | 95 |
| Gráfica 8-16: Validación de principio 3 - pregunta 6 (Expertos).....    | 95 |
| Gráfica 8-17: Validación de principio 4 - pregunta 7 (Expertos).....    | 95 |
| Gráfica 8-18: Validación de principio 4 - pregunta 8 (Expertos).....    | 96 |
| Gráfica 8-19: Validación de principio 5 - pregunta 9 (Expertos).....    | 96 |
| Gráfica 8-20: Validación de principio 5 - pregunta 10 (Expertos).....   | 96 |
| Gráfica 8-21: Validación de principio 1 - pregunta 1 (Estudiantes)..... | 98 |
| Gráfica 8-22: Validación de principio 1 - pregunta 2 (Estudiantes)..... | 98 |
| Gráfica 8-23: Validación de principio 2 - pregunta 3 (Estudiantes)..... | 99 |

|  |     |
|--|-----|
| Gráfica 8-24: Validación de principio 2 - pregunta 4 (Estudiantes).....  | 99  |
| Gráfica 8-25: Validación de principio 3 - pregunta 5 (Estudiantes).....  | 99  |
| Gráfica 8-26: Validación de principio 3 - pregunta 6 (Estudiantes).....  | 100 |
| Gráfica 8-27: Validación de principio 4 - pregunta 7 (Estudiantes).....  | 100 |
| Gráfica 8-28: Validación de principio 4 - pregunta 8 (Estudiantes).....  | 100 |
| Gráfica 8-29: Validación de principio 5 - pregunta 9 (Estudiantes).....  | 101 |
| Gráfica 8-30: Validación de principio 5 - pregunta 10 (Estudiantes)..... | 101 |

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

|  |     |
|--|-----|
| Anexo A-1: Diagrama de flujo de la metodología a emplear en la investigación.....  | 132 |
| Anexo A-2: Muestra de anonimato y confidencialidad de sus respuestas en la encuesta<br>.....   | 133 |
| Anexo A-3: Proceso de validación de datos en Google Forms.....   | 133 |
| Anexo B-1: Formato de encuesta online por Google Forms.....  | 135 |
| Anexo B-2: Encuesta a docentes de Ingeniería Industrial UMSA .....   | 139 |
| Anexo B-3: Probabilidad de la percepción del usuario sobre la relevancia de tener más<br>oportunidades de aprendizaje relacionadas con la industria 4.0..... | 141 |
| Anexo B-4: Objetivos propuestos para cada materia en el plan de estudios (1ra Parte)   | 141 |
| Anexo B-5: Posibles temas a abordar en laboratorios didácticos por materias (1ra parte)<br>.....   | 143 |
| Anexo B-6: Datos de la pregunta 1 de la encuesta a estudiantes 2023.....   | 143 |
| Anexo B-7: Datos de la pregunta 2 de la encuesta a estudiantes 2023.....   | 144 |
| Anexo B-8: Datos de la pregunta 3 de la encuesta a estudiantes 2023.....   | 144 |
| Anexo B-9: Datos de la pregunta 4 de la encuesta a estudiantes 2023.....   | 144 |

|  |     |
|--|-----|
| Anexo B-10: Datos de la pregunta 5 de la encuesta a estudiantes 2023.....  | 144 |
| Anexo B-11: Datos de la pregunta 6 de la encuesta a estudiantes 2023.....  | 145 |
| Anexo B-12: Datos de la pregunta 7 de la encuesta a estudiantes 2023.....  | 145 |
| Anexo B-13: Datos de la pregunta 8 de la encuesta a estudiantes 2023.....  | 145 |
| Anexo B-14: Datos de la pregunta 1 (Formación en industria 4.0) de la encuesta a estudiantes 2023.....                   | 145 |
| Anexo B-15: Datos de la pregunta 2 (Formación en industria 4.0) de la encuesta a estudiantes 2023.....                   | 146 |
| Anexo B-16: Datos de la pregunta 3 (Formación en industria 4.0) de la encuesta a estudiantes 2023.....                   | 146 |
| Anexo B-17: Datos de la pregunta 4 (Formación en industria 4.0) de la encuesta a estudiantes 2023.....                   | 146 |
| Anexo B-18: Datos de la pregunta 5 (Formación en industria 4.0) de la encuesta a estudiantes 2023.....                   | 146 |
| Anexo B-19: Datos de la pregunta 6 (Formación en industria 4.0) de la encuesta a estudiantes 2023.....                   | 147 |
| Anexo B-20: Datos de la pregunta 2 de la encuesta a docentes 2024. ....  | 147 |
| Anexo B-21: Datos de la pregunta 3 de la encuesta a docentes 2024. ....  | 147 |
| Anexo B-22: Datos de la pregunta 4 de la encuesta a docentes 2024. ....  | 147 |
| Anexo B-23: Datos de la pregunta 1 (Opinión sobre la preparación de los estudiantes) de la encuesta a docentes 2024..... | 147 |
| Anexo B-24: Datos de la pregunta 2 (Opinión sobre la preparación de los estudiantes) de la encuesta a docentes 2024..... | 148 |
| Anexo B-25: Datos de la pregunta 3 (Opinión sobre la preparación de los estudiantes) de la encuesta a docentes 2024..... | 148 |



|  |     |
|--|-----|
| Anexo B-26: Datos de la pregunta 4 (Opinión sobre la preparación de los estudiantes) de la encuesta a docentes 2024..... | 148 |
| Anexo C-1: Cuestionario de Validación Docentes .....   | 150 |
| Anexo C-2:Cuestionario de Validación Expertos .....  | 153 |
| Anexo C-3: Cuestionario de Validación Estudiantes .....  | 157 |
| Anexo D-1: Manual de laboratorio.....  | 158 |

## RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO

Este proyecto responde a la necesidad de actualizar la formación en ingeniería industrial frente a los avances tecnológicos y las exigencias del mercado laboral actual. Su objetivo es mejorar las habilidades de los estudiantes en tecnologías emergentes mediante el diseño de laboratorios y prácticas didácticas que integren los principios de la Industria 4.0. Para ello, se identificaron brechas significativas en la formación actual a través de encuestas a estudiantes y docentes de la UMSA, destacándose la falta de prácticas aplicadas y la escasa integración tecnológica como problemas críticos.

La propuesta plantea actualizar el currículo e incorporar tecnología relevante, resaltando la importancia de la capacitación continua de los docentes y la inversión en recursos tecnológicos para mantener la motivación estudiantil. Se seleccionaron tecnologías clave para la Industria 4.0. Como parte de este esfuerzo, se desarrolló un manual detallado para la conexión y obtención de datos en estaciones MPS utilizando el software CIROS de Festo Didactic, con el propósito de proporcionar a los estudiantes una experiencia práctica que complemente los conceptos teóricos impartidos en clase.

El proyecto ha contado con la colaboración de DIDACTECH SRL, que brindó asesoramiento técnico y tecnología avanzada, asegurando que las prácticas estén alineadas con las metodologías más actuales de la industria 4.0. La validación del manual, realizada a través de listas de verificación heurísticas y formularios de evaluación, reveló que este se ajusta a las necesidades de la Industria 4.0. Además, se destacó la capacidad del manual para fomentar la participación activa y el aprendizaje colaborativo. En términos financieros, el análisis muestra que el proyecto es viable y rentable para su implementación en un curso universitario. En resumen, este proyecto no solo se alinea con las demandas actuales de la industria, sino que también representa una inversión sólida y justificada en la formación de futuros ingenieros industriales.

**Palabras claves:** Ingeniería industrial, Industria 4.0., Tecnologías emergentes, CIROS, Festo Didactic, Brechas educativas.

## EXECUTIVE SUMMARY OF THE PROJECT

This project addresses the need to update industrial engineering education in response to technological advancements and the demands of the current job market. Its objective is to enhance students' skills in emerging technologies through the design of laboratories and didactic practices that integrate the principles of Industry 4.0. To achieve this, significant gaps in the current training were identified through surveys of students and faculty at UMSA, highlighting the lack of applied practices and poor technological integration as critical issues.

The proposal suggests updating the curriculum and incorporating relevant technology, emphasizing the importance of continuous teacher training and investment in technological resources to maintain student motivation. Key technologies for Industry 4.0 were selected. As part of this effort, a detailed manual was developed for connecting and obtaining data from MPS stations using CIROS software from Festo Didactic, aimed at providing students with practical experience to complement the theoretical concepts taught in class.

The project has benefited from the collaboration of DIDACTECH SRL, which provided technical advice and advanced technology, ensuring that the practices are aligned with the most current methodologies of Industry 4.0. The validation of the manual, conducted through heuristic checklists and evaluation forms, revealed that it meets the needs of Industry 4.0. Additionally, the manual's ability to promote active participation and collaborative learning was highlighted. Financially, the analysis shows that the project is viable and profitable for implementation in a university course. In summary, this project not only aligns with the current demands of the industry but also represents a solid and justified investment in the training of future industrial engineers.

**Keywords:** Industrial engineering, Industry 4.0, Emerging technologies, CIROS, Festo Didactic, Educational gaps.

## **1 INTRODUCCION**

En el contexto de la evolución industrial y tecnológica, la formación de ingenieros industriales juega un papel crucial en la preparación de profesionales capaces de enfrentar los desafíos y aprovechar las oportunidades que ofrece la Industria 4.0. En este sentido, el presente documento aborda el diseño de laboratorios didácticos enfocados en la formación de ingenieros industriales con un enfoque integral en la Industria 4.0.

El proyecto surge como una respuesta a la necesidad de adaptar la educación en ingeniería industrial a los cambios tecnológicos y las demandas del mercado laboral actual. Con el objetivo principal de mejorar la preparación y las habilidades de los estudiantes en tecnologías emergentes, se propone el diseño de laboratorios y prácticas didácticas que integren de manera efectiva los principios y aplicaciones de la Industria 4.0. Para lograr este objetivo, se han establecido una serie de objetivos específicos que incluyen la identificación de brechas en la formación actual de ingenieros industriales, la investigación de tecnologías clave asociadas con la Industria 4.0, la selección de tecnologías adecuadas para la realización de los laboratorios, y la validación de los cursos y prácticas con un grupo de estudiantes.

El laboratorio didáctico propuesto se centra en la automatización de procesos de producción mediante robótica industrial y el uso de la Computación en la Nube para el almacenamiento y procesamiento de datos de automatización. Se presenta como un manual de conexión y obtención de datos de estaciones MPS en CIROS de Festo Didactic, diseñado para brindar a los estudiantes una experiencia práctica y concreta de los conceptos teóricos impartidos en el aula.

A lo largo de este documento, se detalla el diseño conceptual del laboratorio didáctico, que incluye la descripción de las actividades de aprendizaje, los materiales didácticos utilizados y la colaboración con la industria para garantizar la relevancia y actualización del contenido. Asimismo, se abordan las recomendaciones para la implementación y mejora continua del laboratorio, con el objetivo de asegurar su efectividad en la formación de ingenieros industriales preparados para enfrentar los desafíos de la Industria 4.0.

## **2 ANTECEDENTES**

La ingeniería industrial según (Rodriguez Hernandez & Sanchez Mejia Valenzuela, 2020) integra los recursos humanos, materiales, económicos, de información y energía para diseñar, planear mantener, innovar, mejorar, dirigir, controlar y operar los sistemas productivos en la industria y los sistemas operativos en las empresas.

La expresión Industria 4.0, fue acuñada en Alemania en el año 2011 para describir a la fábrica inteligente, (...) representa una etapa trascendental en la evolución de la industria, donde la clave es la fusión de la fábrica con el Internet a través del diseño y la implantación de componentes inteligentes dotados de identidades digitales propias, con miras a facilitar su manejo y reparación a distancia. (Tapia , 2017)

Entonces lo que quiere decir que la Industria 4.0 está íntimamente relacionada con la ingeniería industrial, ya que Industria 4.0 es un concepto que implica la aplicación de tecnologías digitales avanzadas en los procesos de producción y gestión industrial, mientras que la ingeniería industrial es la disciplina encargada de diseñar, mejorar y optimizar los sistemas productivos y los negocios en diversos sectores industriales.

### **2.1 Relevancia de la industria 4.0 para Ingeniería Industrial**

Giustozzi, Saunier & Zanni-Merk, (como se citó en (Caimán, Sanchez, Gilede, & Castillo Giraldo, 2018)) Nos dice que:

La ingeniería Industrial es una disciplina relativamente reciente que adopta un enfoque sistémico para resolver diferentes problemas ya sea en relación con la fabricación o servicios. Por otro lado, la Industria 4.0 combina el mundo real de la producción con el mundo virtual de tecnología de la información y la comunicación; por lo tanto, procesos industriales tradicionales son complementados y optimizados por el mundo digital. Esto crea la base para la fabricación de la serie de productos con un alto nivel de calidad y con un alto nivel de personalización. (p.160)

Así también, según (Flores Fernandez, 2022) .“La llamada “industria 4.0” es un nuevo estadio en la tendencia a la automatización que reúne una amplia batería de tecnologías, desde las conocidas formas de inteligencia artificial y la robótica hasta la impresión 3D”.

En resumen, la ingeniería industrial proporciona el conocimiento y las herramientas necesarias para diseñar y optimizar los sistemas de producción, mientras que la Industria 4.0 proporciona tecnologías digitales que pueden crear fábricas inteligentes y mejorar los procesos industriales. Juntos, promueven la eficiencia, la competitividad y la innovación en el sector industrial.

Dentro de las tendencias en la industria 4.0 nos dice, según Telukdarie, Buhulaiga, Bag, Gupta, & Luo, 2018 (como se citó en (Caimán, Sanchez, Gilede, & Castillo Giraldo, 2018)). “La Simulación y puesta en marcha virtual ahorran tiempo y dinero durante la construcción de los procesos productivos y ofrecen una herramienta de configuración de sistemas productivos”. Entonces de esta manera tomamos en cuenta la principal característica potencial de las fábricas inteligentes en industria 4.0.

El término "industrialización virtual" se refiere al uso de tecnologías digitales y virtuales en los procesos industriales, donde se utiliza la simulación. La industrialización virtual juega un papel importante en la adquisición de conocimientos y habilidades prácticas en el contexto de la formación de estudiantes de ingeniería. Por lo tanto, para los estudiantes, se refiere a la aplicación de herramientas y tecnologías virtuales para enseñar y desarrollar habilidades. Deben entender cómo estas tecnologías están cambiando la forma en que funciona la industria y cómo se pueden usar para mejorar la eficiencia y la toma de decisiones. Como resultado, los estudiantes pueden experimentar y comprender cómo funcionan los procesos de producción en un entorno virtual mediante el uso de simulaciones y modelos digitales.

Según (González Hernández & Granillo Macías, 2020). “El contexto actual de la Industria 4.0 está cambiando la formación de los ingenieros, de tal forma que las universidades implementan estrategias y acciones para adaptar los planes de estudio a los requisitos de la nueva revolución industrial”. Es decir que, en un mundo de cambio constante y

acelerado, los programas y la educación de la carrera de Ingeniería Industrial necesitan actualizarse, renovarse y orientarse a los nuevos sistemas de la cuarta revolución industrial.

En este contexto, la Industria 4.0 busca que las tareas a realizar sean aún más exigentes en términos de tecnología y organización. Esto permite a los ingenieros industriales desarrollar modelos de competencia hacia la integración de estas tecnologías y ayudar a proyectos de implementación en el proceso de gestión industrial 4.0. De esta manera, ajustar la educación de la ingeniería industrial a la Industria 4.0 implica complementar los planes de estudio y los enfoques pedagógicos para satisfacer las necesidades y demandas específicas de la industria actual.

Algunas consideraciones clave incluyen:

- La actualización de los contenidos curriculares
- Enfoque en habilidades técnicas y digitales
- Aprendizaje práctico y experiencia en el mundo real
- Fomento de habilidades interdisciplinarias y colaborativas
- Desarrollo de habilidades de liderazgo y gestión del cambio
- Aprendizaje continuo y adaptabilidad

Dada la creciente importancia de la Industria 4.0, la carrera de Ingeniería Industrial tiene el desafío de integrar este nuevo enfoque en su plan de estudios, preparando a los estudiantes para enfrentar los retos y oportunidades que presenta la Cuarta Revolución Industrial. Este proyecto de grado se enfoca en la integración de la Industria 4.0 en la enseñanza de la ingeniería industrial, centrándose en el diseño de laboratorios didácticos dirigidos hacia la Industria 4.0 y a través de ello ver la necesidad de implementar esta nueva área en el plan de estudios de la carrera de ingeniería industrial de la universidad mayor de San Andrés.

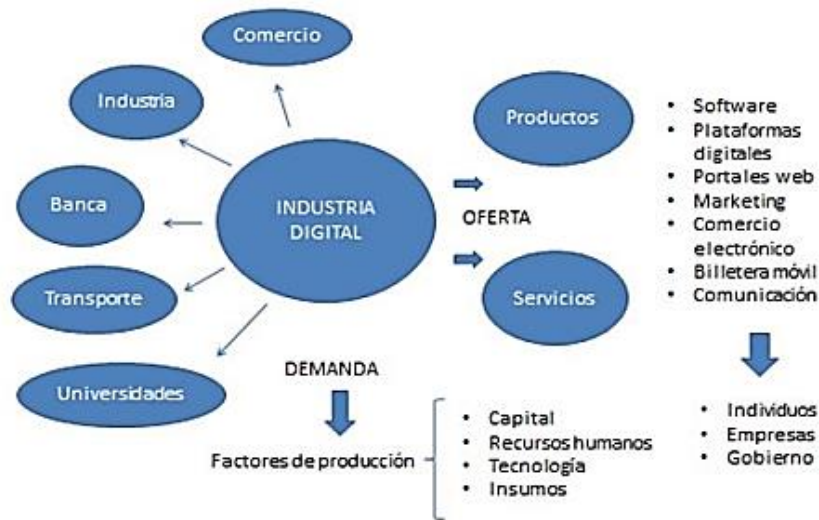
La iniciativa cuenta con el apoyo de la empresa DIDACTECH SRL, reconocida por su experiencia en el desarrollo de soluciones educativas innovadoras, la cual brinda soporte técnico y experiencia en la implementación de tecnologías avanzadas. De esta manera se

desarrollaron once laboratorios dentro de un manual con el apoyo de la empresa, que proporcionó los programas y recursos necesarios para llevarlos a cabo. Debido a razones de privacidad y acuerdos previamente realizados, la empresa conservará la mayoría de los laboratorios, dejando solo tres como muestra representativa para el proyecto.

## 2.2 Contexto de Industria 4.0 en Bolivia

Como se menciona en (Fernandez, 2022), vale la pena señalar que la mayoría de las empresas en Bolivia aún tienen un bajo nivel de automatización y no todas las empresas tienen la capacidad de invertir en tecnología, por lo que la subcontratación es la opción correcta. Esta es una de las conclusiones del primer estudio GS1 Bolivia sobre el estado de la cadena de suministro.

**Ilustración A-1: Emprendimientos con tecnologías digitales**



Fuente: Ilustración extraída de (Fernandez, 2022)

## 2.3 Aportes a la investigación y publicaciones de Industria 4.0 de la UMSA

El programa de ingeniería industrial de la UMSA ha brindado educación e investigación de primer nivel en ingeniería industrial durante mucho tiempo. Su objetivo es formar profesionales capaces de ayudar al crecimiento económico y social del país. Por lo tanto, a través de sus proyectos de investigación y publicaciones, la carrera de Ingeniería Industrial ha contribuido significativamente a la investigación sobre la Industria 4.0.



La revista Industria 4.0 de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) en Bolivia ha sido líder en el desarrollo de investigaciones y publicaciones sobre la Industria 4.0. Por lo que podemos comprender mejor la importancia de las instituciones académicas en la configuración del futuro de la Industria 4.0 al analizar los efectos en el desarrollo de esta industria en Bolivia y más allá. Por ejemplo, la investigación sobre cómo implementar tecnologías de la Industria 4.0 en la industria minera ha llevado a la creación de nuevas técnicas para optimizar las operaciones mineras. Además, el título ha colaborado con socios industriales y otras instituciones académicas para investigar temas relacionados con Industria 4.0, como la fabricación inteligente, los sistemas ciberfísicos y el Internet de las cosas. Esta investigación tiene un impacto significativo en el crecimiento de la Industria 4.0 en Bolivia y más allá porque ayuda a identificar los principales desafíos y oportunidades en el uso de la Industria 4.0.

Muchos de sus miembros de la facultad han escrito sobre la Industria 4.0 en libros, revistas y ponencias en conferencias. Uno de ellos escribió un libro sobre cómo la tecnología Industria 4.0 se puede utilizar en la industria minera, que es muy citado en el campo. Y otros, han escrito sobre el uso de la inteligencia artificial en la gestión de la cadena de suministro como se citó anteriormente. La contribución de un título en el campo de las publicaciones de Industria 4.0 es muy significativa, ya que ayuda a avanzar en la comprensión de conceptos y aplicaciones clave de las tecnologías de Industria 4.0.

### **3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS**

#### **3.1 Problemática**

El mundo está experimentando una importante transformación industrial impulsada por la digitalización, la automatización, la inteligencia artificial y la conectividad, conocida como Industria 4.0. Esta es una revolución tecnológica que está cambiando la forma en que las empresas operan y compiten. La educación es un factor clave para preparar a los estudiantes para el mundo laboral y, en particular, para la industria 4.0. Sin embargo, uno de los principales desafíos que enfrenta la educación en este campo es el enfoque limitado en la enseñanza de las habilidades necesarias para adaptarse a la industria 4.0. En este

contexto, la formación de ingenieros industriales enfrenta importantes desafíos, la educación superior debe adaptarse a la visión de la misma, por lo que es fundamental incorporar este concepto al plan de estudios de la ingeniería industrial. Es importante que los ingenieros industriales adquieran las habilidades necesarias para liderar en la identificación y desarrollo de ideas y proyectos en el ámbito profesional y social a través de los nuevos conceptos.

En resumen, el problema radica en la necesidad de adaptar la educación superior a la visión de la Industria 4.0 y en la falta de énfasis en la educación para adaptarse a esta nueva era industrial. A raíz de ello se llega a la conclusión que la problemática principal del proyecto, es el limitado enfoque en la educación para adaptarse a la industria 4.0, la cual puede desglosarse en los siguientes problemas:

**Insuficiente experiencia práctica:** Muchos programas educativos carecen de recursos y tecnologías, como software especializado y acceso a Internet de alta velocidad, lo que limita las oportunidades de los estudiantes de adquirir experiencia práctica y familiarizarse con herramientas y tecnologías relevantes.

**Enfoque tradicional de la educación:** Muchos programas de ingeniería industrial todavía siguen un enfoque tradicional basado en clases teóricas y prácticas convencionales, tanto los docentes como los estudiantes pueden mostrar resistencia al cambio y a la adopción de nuevas tecnologías en la educación.

**Falla en la colaboración de la academia y la industria:** La Industria 4.0 requiere una estrecha colaboración entre instituciones educativas y empresas para garantizar que la formación de ingenieros industriales esté alineada con las necesidades y demandas del sector industrial.

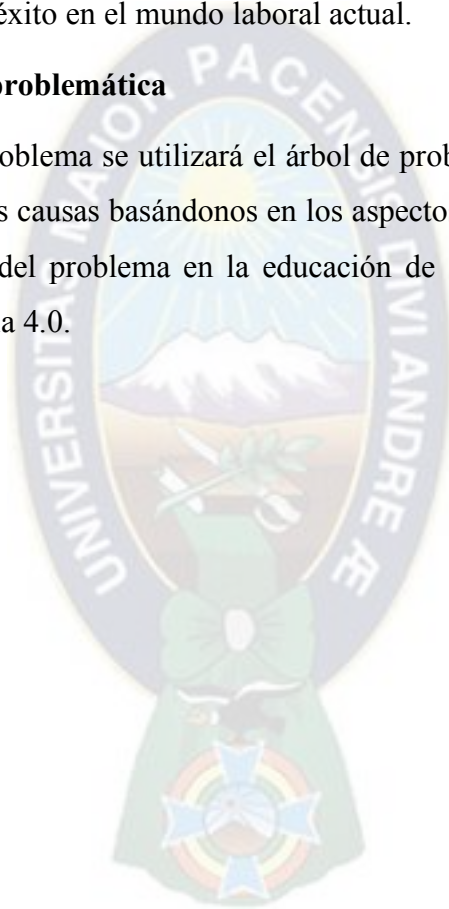
**Insuficiente especialización en tecnologías emergentes:** Las tecnologías clave de la industria 4.0, como la robótica, la realidad aumentada, la impresión 3D y la ciberseguridad, pueden no ser familiares para algunos de los estudiantes.

**Desactualización curricular:** Muchos programas de ingeniería industrial en muchas instituciones educativas pueden no tener actualizados sus planes de estudio para abordar los conceptos y tecnologías clave de la Industria 4.0.

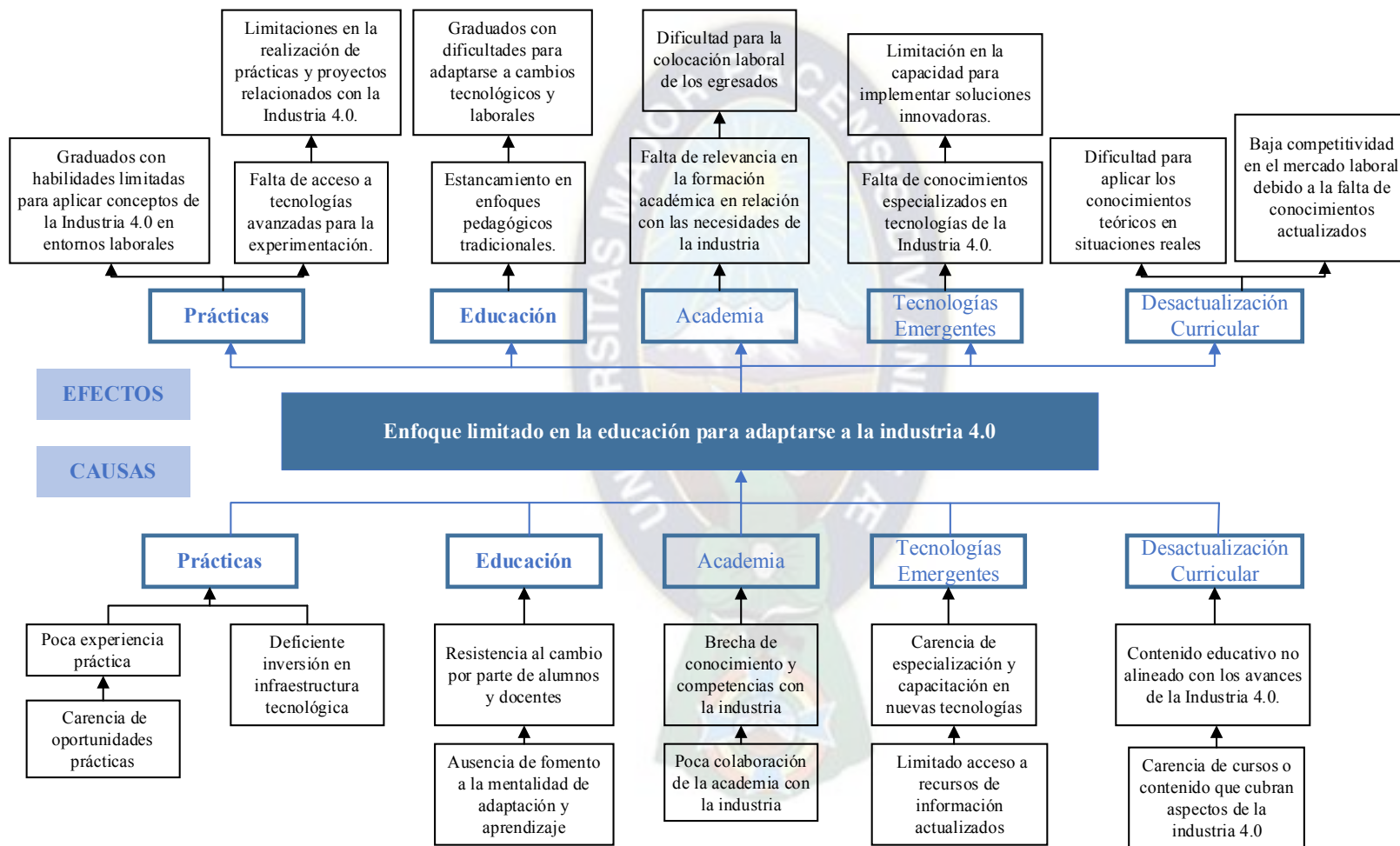
Para abordar este desafío, se requiere una revisión exhaustiva del plan de estudios y una actualización continua para garantizar que los estudiantes tengan las habilidades necesarias para tener éxito en el mundo laboral actual.

### **3.2 Análisis de la problemática**

Para el análisis del problema se utilizará el árbol de problemas la cual utilizaremos para identificar las posibles causas basándonos en los aspectos del análisis de la problemática en el punto anterior del problema en la educación de los ingenieros industriales para adaptarse a la Industria 4.0.



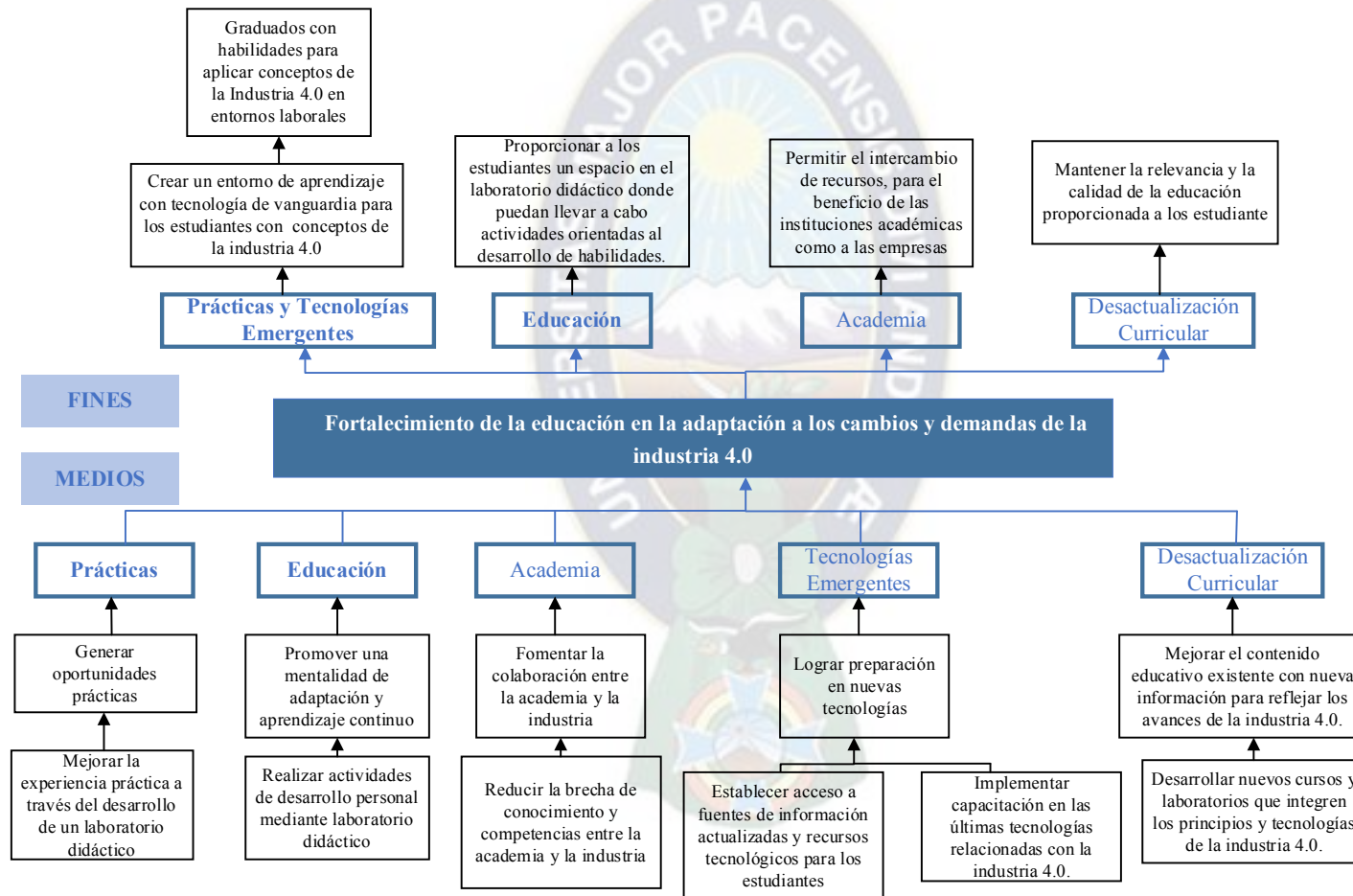
**Gráfica 3-1: Árbol de problemas en la educación de los ingenieros industriales para adaptarse a la Industria 4.0.**



**Fuente:** Elaboración en base de investigación del proyecto.

### 3.3 Árbol de objetivos

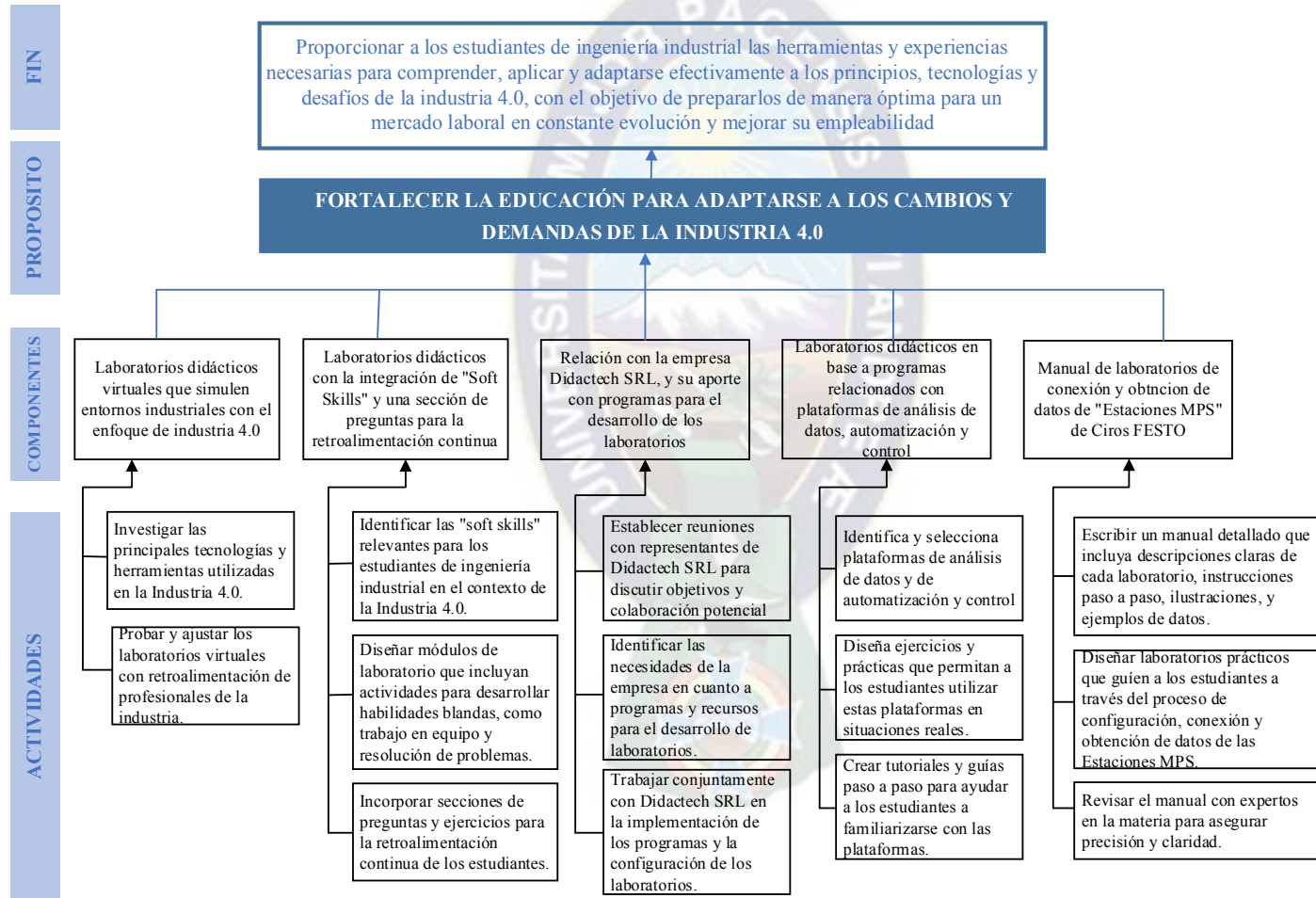
Gráfica 3-2:Árbol de objetivos en la educación de los ingenieros industriales para adaptarse a la Industria 4.0



Fuente: Elaboración en base de investigación del proyecto.

### 3.4 Estructura Analítica del Proyecto

Gráfica 3-3: Estructura Analítica del Proyecto en la educación de los ingenieros industriales para adaptarse a la Industria 4.0



Fuente: Elaboración en base de investigación del proyecto.

### 3.5 Matriz de Marco Lógico

**Cuadro 3-1: Matriz de Marco Lógico**

| <b>Finalidad</b>  | <b>Indicadores</b>   | <b>Medio de Verificación</b>  | <b>Supuestos</b>  |
|---|--|---|---|
| Proporcionar a los estudiantes de ingeniería industrial las herramientas y experiencias necesarias para comprender, aplicar y adaptarse efectivamente a los principios, tecnologías y desafíos de la industria 4.0, con el objetivo de prepararlos de manera óptima para un mercado laboral en constante evolución y mejorar su empleabilidad | Porcentaje de estudiantes de ingeniería industrial de la UMSA que participan activamente en los laboratorios didácticos de la industria 4.0                  | Registros de asistencia y participación en laboratorios                         | Mejora en la comprensión de los principios de la industria 4.0.   |
| <b>Propósito</b>  | <b>Indicadores</b>   | <b>Medio de Verificación</b>  | <b>Supuestos</b>  |
| FORTALECER LA EDUCACIÓN PARA ADAPTARSE A LOS CAMBIOS Y DEMANDAS DE LA INDUSTRIA 4.0   | Número de laboratorios didácticos que han sido diseñados para incluir contenidos y competencias de la industria 4.0  | Informe de diseño de laboratorios   | Se cumplirán con los estándares educativos y tecnológicos necesarios para brindar una formación efectiva en la industria 4.0.                         |
| <b>Componentes</b>  | <b>Indicadores</b>   | <b>Medio de Verificación</b>  | <b>Supuestos</b>  |
| Laboratorios didácticos virtuales que simulen entornos industriales con el enfoque de industria 4.0   | Número de laboratorios didácticos desarrollados e implementados en el proyecto   | Informe de desarrollo de los laboratorios.                                      | Los recursos tecnológicos necesarios estarán disponibles para desarrollar e implementar los laboratorios.   |
| Laboratorios didácticos con la integración de "Soft Skills" y una sección de preguntas para la retroalimentación continua   | Porcentaje de laboratorios didácticos que incluyen módulos de desarrollo de "Soft Skills" y secciones de retroalimentación continua al finalizar el proyecto | Evaluaciones de contenido de los laboratorios y registros de retroalimentación. | Participantes estarán capacitados y comprometidos con la integración de "Soft Skills" y la implementación de secciones de retroalimentación continua. |

**Fuente:** Elaboración con base en Gráfica 3 – 3

**Cuadro 3 – 1: Matriz de Marco Lógico (Continuación)**

| <b>Componentes</b>  | <b>Indicadores</b>   | <b>Medio de Verificación</b>  | <b>Supuestos</b>  |
|---|--|---|---|
| Relación con la empresa Didactech SRL, y su aporte con programas para el desarrollo de los laboratorios                 | Cantidad de programas y recursos proporcionados por Didactech SRL para el desarrollo de los laboratorios     | Entrevistas con la empresa, inventarios de programas y recursos recibidos, y reportes de utilización de dichos recursos.  | Didactech SRL mantendrá su compromiso y colaboración activa con el proyecto, proveyendo los programas y recursos acordados en el tiempo previsto. |
| Laboratorios didácticos en base a programas relacionados con plataformas de análisis de datos, automatización y control | Número de laboratorios implementados que utilizan plataformas de análisis de datos, automatización y control | Listado de laboratorios implementados, con actividades en las plataformas de análisis de datos, automatización y control. | Las plataformas de análisis de datos, automatización y control estarán operativas y accesibles para los estudiantes y docentes.                   |
| Manual de laboratorios de conexión y obtención de datos de "Estaciones MPS" de Ciro's FESTO                             | Publicación del manual de laboratorios   | Registro de publicación del manual.   | Los contenidos y manuales serán elaborados y revisados a tiempo, y habrá suficientes recursos para su impresión y distribución efectiva.          |
| <b>Actividades</b>  | <b>Indicadores</b>   | <b>Medio de Verificación</b>  | <b>Supuestos</b>  |
| Investigar las principales tecnologías y herramientas utilizadas en la Industria 4.0.                                   | Número de tecnologías y herramientas de la Industria 4.0 investigadas y documentadas en el proyecto          | Proyecto de grado con investigación, listas de tecnologías y herramientas documentadas.                                   | Acceso a fuentes de información actualizadas y relevantes sobre la Industria 4.0.   |
| Probar y ajustar los laboratorios virtuales con retroalimentación de profesionales de la industria.                     | Cantidad de pruebas realizadas y ajustes implementados en los laboratorios.                                  | Registros de retroalimentación.   | Disponibilidad y colaboración activa de profesionales de la industria para proporcionar retroalimentación.  |

**Fuente:** Elaboración con base en Gráfica 3 – 3



**Cuadro 3 – 1: Matriz de Marco Lógico (Continuación)**

| Actividades   | Indicadores   | Medio de Verificación   | Supuestos   |
|---|---|---|---|
| Identificar las "soft skills" relevantes para los estudiantes de ingeniería industrial en el contexto de la Industria 4.0.                      | Número de "soft skills" identificadas y documentadas  | Listas y descripciones de "soft skills" relevantes.   | Acceso a estudios y literatura sobre habilidades blandas en la Industria 4.0  |
| Diseñar módulos de laboratorio que incluyan actividades para desarrollar habilidades blandas, como trabajo en equipo y resolución de problemas. | Número de módulos de laboratorio diseñados que incorporan actividades de desarrollo de habilidades blandas en el proyecto | Documentación de módulos de laboratorio, descripciones de actividades y objetivos de desarrollo de habilidades blandas. | Colaboración de expertos en diseño educativo y habilidades blandas para la elaboración de módulos efectivos.                    |
| Incorporar secciones de preguntas y ejercicios para la retroalimentación continua de los estudiantes.   | Porcentaje de laboratorios que incluyen secciones de preguntas y ejercicios de retroalimentación continua.                | Registros de implementación   | Disponibilidad de herramientas y recursos para crear y evaluar secciones de retroalimentación continua.                         |
| Establecer reuniones con representante de Didactech SRL para discutir objetivos y colaboración potencial  | Número de reuniones realizadas con representante de Didactech SRL   | Documentación de desarrollo de cursos y laboratorios  | Disponibilidad y disposición de los representantes de Didactech SRL para participar en reuniones y discusiones de colaboración. |
| Identificar las necesidades de la empresa Didactech SRL en cuanto a programas y recursos para el desarrollo de laboratorios.                    | Número de necesidades y requisitos de Didactech SRL identificados   | Documentación de desarrollo de cursos y laboratorios  | Comunicación clara y abierta con Didactech SRL para identificar sus necesidades y requisitos.                                   |
| Trabajar conjuntamente con Didactech SRL en la implementación de los programas y la configuración de los laboratorios.                          | Número de programas implementados y laboratorios configurados con la colaboración de Didactech SRL                        | Documentación de desarrollo de cursos y laboratorios  | Compromiso y apoyo continuo de Didactech SRL en la implementación y configuración de programas y laboratorios.                  |

**Fuente:** Elaboración con base en Gráfica 3 – 3

**Cuadro 3 – 1: Matriz de Marco Lógico (Continuación)**

| Actividades  | Indicadores   | Medio de Verificación  | Supuestos  |
|--|---|--|--|
| Identifica y selecciona plataformas de análisis de datos y de automatización y control   | Número de plataformas identificadas y seleccionadas para análisis de datos y automatización y control | Listas de plataformas identificadas, informes de selección                           | Acceso a información sobre plataformas disponibles y colaboración con expertos en la materia para la selección adecuada.   |
| Diseña ejercicios y prácticas que permitan a los estudiantes utilizar estas plataformas en situaciones reales.   | Cantidad de ejercicios y prácticas diseñados  | Documentos de diseño de ejercicios, descripciones de prácticas                       | Retroalimentación de profesionales de la industria para validar la utilidad de los ejercicios.                             |
| Crear tutoriales y guías paso a paso para ayudar a los estudiantes a familiarizarse con las plataformas.   | Número de guías paso a paso creados   | Documentos de tutoriales   | Disponibilidad de recursos y tiempo para la creación de materiales didácticos.   |
| Escribir un manual detallado que incluya descripciones claras de cada laboratorio, instrucciones paso a paso, ilustraciones, y ejemplos de datos.      | Manual elaborado y completado con descripciones, instrucciones, ilustraciones y ejemplos de datos     | Manual finalizado  | Acceso a recursos y colaboración con expertos para la redacción y revisión del manual.                                     |
| Diseñar laboratorios prácticos que guíen a los estudiantes a través del proceso de configuración, conexión y obtención de datos de las Estaciones MPS. | Número de laboratorios diseñados y documentados   | Documentación de laboratorios, registros de diseño y evaluaciones de su efectividad. | Acceso a las Estaciones MPS y colaboración con profesionales para el diseño y la validación de los laboratorios prácticos. |
| Revisar el manual con expertos en la materia para asegurar precisión y claridad.   | Manual revisado y aprobado por expertos   | Actas de revisión, comentarios de expertos   | Disponibilidad de expertos en la materia para revisar y proporcionar retroalimentación sobre el manual.                    |

**Fuente:** Elaboración con base en Gráfica 3 – 3

### 3.6 Matriz de consistencia

La matriz de consistencia es un instrumento metodológico de gran utilidad que nos permitirá analizar, evaluar el grado de coherencia y conexión lógica entre el título, y las interrogantes, objetivos y la hipótesis que tiene el proyecto para realizar la muestra de estudio con las interrogantes para la presentación del proyecto de grado.

**Cuadro 3-2:**Matriz de Consistencia de Análisis de la falta de enfoque en la educación para adaptarse a la Industria 4.0

| Interrogante   | Objetivo  | Objetivos específicos  |
|--|---|--|
| ¿De qué manera se pueden abordar los problemas por el limitado enfoque en la educación para adaptarse a industria 4.0, mediante un estudio para ajustar la educación en ingeniería industrial desde el desarrollo de laboratorios didácticos para la formación de ingenieros industriales? | Diseñar laboratorios y practicas didácticas enfocadas en la formación del ingeniero industrial para adaptarse a la Industria 4.0, con el fin de mejorar la preparación y las habilidades de los estudiantes en tecnologías emergentes | Identificar las brechas existentes entre la formación actual de ingenieros industriales y las habilidades requeridas en el contexto de la Industria 4.0.                 |
|  |   | Investigar las causas y los factores que contribuyen a la falta de enfoque en la educación para adaptarse a la Industria 4.0.  |
|  |   | Investigar las tecnologías y competencias clave asociadas con la Industria 4.0.  |
|  |   | Seleccionar tecnología a utilizar para realizar los laboratorios y cursos necesarios   |
|  |   | Diseñar laboratorios que integre de manera efectiva las tecnologías y competencias de la Industria 4.0.  |
|  |   | Validar los cursos y laboratorios con un grupo de estudiantes como parte del estudio   |
|  |   | Proponer recomendaciones y directrices para la mejora continua del desarrollo curricular y el laboratorio, teniendo en cuenta los avances y cambios en la Industria 4.0. |
| <b>Variable Independiente</b>  | <b>Variable Dependiente</b>   |  |
| Diseño de laboratorios y prácticas didácticas enfocadas en la formación del ingeniero industrial para adaptarse a la industria 4.0.  | Preparación y habilidades de los estudiantes en tecnologías emergentes.   |  |

**Fuente:** Elaboración en base de investigación del proyecto.

El proyecto a realizar será en el departamento de La Paz con ayuda de la empresa Didactech SRL. en la gestión 2023 – 2024 que tiene como objetivo el diseño de laboratorios y practicas didácticas enfocadas en la formación del ingeniero industrial de la Universidad Mayor de San Andrés para adaptarse a la Industria 4.0, con el fin de mejorar la preparación y las habilidades de los estudiantes en tecnologías emergentes.

### **3.7 Planteamiento del problema**

¿De qué manera se pueden abordar los problemas por el limitado enfoque en la educación para adaptarse a industria 4.0, mediante un estudio para ajustar la educación en ingeniería industrial desde el desarrollo de laboratorios didácticos para la formación de ingenieros industriales?

### **3.8 Objetivos**

#### **3.8.1 Objetivo general**

Diseñar laboratorios y practicas didácticas enfocadas en la formación del ingeniero industrial para adaptarse a la Industria 4.0, con el fin de mejorar la preparación y las habilidades de los estudiantes en tecnologías emergentes.

#### **3.8.2 Objetivos específicos**

- Identificar las brechas existentes entre la formación actual de ingenieros industriales y las habilidades requeridas en el contexto de la Industria 4.0.
- Investigar las causas y los factores que contribuyen a la falta de enfoque en la educación para adaptarse a la Industria 4.0.
- Investigar las tecnologías y competencias clave asociadas con la Industria 4.0.
- Seleccionar tecnología a utilizar para realizar los laboratorios y cursos necesarios.
- Diseñar laboratorios que integre de manera efectiva las tecnologías y competencias de la Industria 4.0.
- Validar los cursos y laboratorios con un grupo de estudiantes como parte del estudio.
- Realizar la evaluación económica del proyecto.

- Proponer recomendaciones y directrices para la mejora continua del desarrollo curricular y el laboratorio, teniendo en cuenta los avances y cambios en la Industria 4.0.

### **3.9 Alcance**

#### **3.9.1 Alcance del Temático**

La sostenibilidad del proyecto de grado de diseño de laboratorios didácticos para la formación de ingenieros industriales con un enfoque de industria 4.0, abordaría una variedad de temas relacionados con la aplicación de tecnologías avanzadas en el ámbito industrial, a continuación, se muestran algunos temas a elegir:

- Fundamentos de la industria 4.0: El proyecto podría comenzar con una introducción a los conceptos fundamentales de la industria. 4.0.
- Automatización y robótica: Se podrían diseñar laboratorios para que los estudiantes aprendan sobre los sistemas de automatización y robótica utilizados en la industria 4.0.
- Big Data y análisis de datos: Se podrían incluir laboratorios que enseñen a los estudiantes cómo recopilar, almacenar y analizar grandes cantidades de datos generados en entornos industriales.
- Internet de las cosas (IoT) aplicado a la industria: Los laboratorios podrían enfocarse en la implementación y configuración de dispositivos IoT en entornos industriales, la recopilación de datos en tiempo real y su análisis para mejorar la eficiencia y la toma de decisiones.

#### **3.9.2 Alcance Espacial**

El alcance espacial del proyecto de grado estará enfocado hacia la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Mayor de San Andrés, con la colaboración de la empresa DIDACTECH SRL en el diseño de los laboratorios, los mismos podrían ser replicables y adaptables, ya sea en la misma región o en lugares diferentes.

### **3.9.3 Alcance Temporal**

Ya que el alcance temporal de un proyecto de grado es la duración prevista del proyecto este mismo está diseñado con una duración de 5 años.

Así también el diseño del laboratorio didáctico desde el inicio hasta la entrega del resultado final generalmente consta de varias etapas, que pueden incluir:

Planificación y análisis de requisitos, Diseño conceptual, Diseño detallado, Pruebas y puesta en marcha. En este caso todo este proceso de ejecución puede tener un tiempo de seis meses a un año.

### **3.10 Justificación**

#### **3.10.1 Justificación de proyecto de grado**

Debido al creciente uso de la tecnología digital en la Industria 4.0, el entorno laboral está cambiando los perfiles de trabajo para que los graduados en ingeniería industrial tengan diferentes habilidades, por lo que la educación se debe adaptar a estos cambios para poder cumplir con los requerimientos.

En la ciudad de Santa Cruz – Bolivia, se encuentra la empresa DIDACTECH S.R.L., una empresa especializada en la educación técnica, ingeniería y ejecución de proyectos de laboratorios y métodos de enseñanza, brindando asesoramiento técnico permanente enfocado a docentes, estudiantes y personal que trabaja en las industrias cuenta con personal altamente calificado con experiencia en el área de la docencia y el sector de la didáctica técnica e industrial, así como también realiza la provisión de tecnología para laboratorios como materiales, elementos, equipamiento y sistemas de automatización, control y movimiento, basados en elementos que comúnmente se utilizan en la industria nacional guiados por la tecnología de punta y alta calidad, adecuándose a las necesidades específicas de la capacitación técnica e ingenieril de Bolivia y conforme a los requerimientos académicos específicos de cada carrera o institución. De acuerdo a lo mencionado anteriormente aprovechando toda la tecnología y conocimientos la empresa

también se dedica a desarrollar sistemas de una industria 4.0 propias y así también se adapta a sistemas de industria 4.0 que ya vienen de fábrica.

De esta manera en conjunto con la empresa se tiene como objetivo presentar una propuesta como estrategia genérica para adaptar la educación en ingeniería industrial a los requisitos de la Industria 4.0 que describen los cambios y mejoras en cuanto al desarrollo curricular, basado en la educación y laboratorio.

### **3.10.2 Justificación académica**

El presente proyecto desarrolla un resumen del Plan de Estudios Ingeniería Industrial Amazónica Sede en San Buenaventura para obtener el título profesional de ingeniería industrial, el cual nos va a ayudar a realizar el presente proyecto de grado de diseño de laboratorios didácticos para la formación de ingenieros industriales con el enfoque de industria 4.0

**Cálculo de probabilidades:** Proporciona información sobre el tamaño de la muestra, la aceptación del producto, la media, la mediana, la moda, la variación y la desviación estándar para que la toma de decisiones pueda pasar como la probabilidad de un evento que genera una muestra y se pueden realizar cálculos a partir de los datos obtenidos.

**Informática para la Ingeniería y Laboratorio:** Permite conocer el sistema operativo de cada proceso, la red de computadora, el internet y las herramientas de comunicación, sistemas operativos mono y multiusuario, formas de representar algoritmos (algoritmos de la vida real en pseudocódigo, diagramas de flujo y lenguaje de programación), el orden de entradas y salidas en el formato general del lenguaje C.

**Estadística Inferencial:** Permitirá conocer las hipótesis y los contrastes de hipótesis, las reglas de la toma de decisiones, el análisis e interpretación de datos del estudio de mercado, la realización de decisiones y análisis de varianza utilizando las variables de moda, media y desviación estándar, y la prueba normalidad de la homogeneidad de varianza.

**Metodología de la investigación científica:** permite comprender la definición y formulación de hipótesis y variables, la elaboración de informes de diseño de investigación, el procesamiento e interpretación de la investigación, ya sea teórica o mediante la experimentación, y el uso del método científico para tratar de comprender y explicar la investigación.

**Control estadístico de la calidad laboratorio:** Permite introducir conocimientos de los factores que integran la calidad de un producto, así como las técnicas, procedimientos y sistemas que permiten el análisis y planificación de la calidad basada en los métodos de la ciencia estadística para el manejo y gestión de los recursos empresariales para la toma de decisiones en condiciones de certidumbre.

**Planificación control de la producción I y II:** Permite aplicar conceptos, técnicas y métodos de los procesos de gestión estratégica de la producción en la industria fabril y manufacturera, para incrementar la productividad y la capacidad de competir con un enfoque sistémico, para elaborar planes de desarrollo industrial y empresarial, con criterio sistémico y trabajo en equipo. Diseñando, calculando y argumentando la construcción y aplicación de sistemas interconectados, utilizando programas informáticos de simulación de procesos, con desarrollo proactivo.

**Elementos para procesos agroindustriales:** Permite desarrollar capacidades sobre el tipo de herramientas, maquinaria, equipos de uso en la agroindustria. Los elementos mecánicos y de automatización de la producción agroindustrial.

### **3.10.3 Justificación Legal**

En el análisis de la justificación legal, podemos analizar lo que podemos rescatar para la participación del proyecto, como la ley de normas sociales objetivas que convierte lo que es injusto y no se ajusta a un criterio de justicia de normas o de verdad.

- **La constitución política del estado Plurinacional de Bolivia**

En el artículo capítulo sexto, artículo 78 nos dice que: “El sistema educativo se fundamenta en una educación abierta, humanista, científica, técnica y tecnológica,



productiva, territorial, teórica y práctica, liberadora y revolucionaria, crítica y solidaria.”  
(CPE, Art. 78, 2009)

Así también en la sección cuarta, en el artículo 103 nos dice que:

El Estado garantizará el desarrollo de la ciencia y la investigación científica, técnica y tecnológica en beneficio del interés general. También asumirá como política la implementación de estrategias para incorporar el conocimiento y aplicación de nuevas tecnologías de información y comunicación. Menciona que las universidades, las empresas productivas y de servicio públicas y privadas, desarrollarán y coordinarán procesos de investigación, innovación, promoción, divulgación, aplicación y transferencia de ciencia y tecnología para fortalecer la base productiva e impulsar el desarrollo integral de la sociedad, de acuerdo con la ley. (CPE, Art. 90, 2009)

- **Ley de Fomento de la Ciencia, Tecnología e Innovación**

Esta ley en su capítulo tres Plan Nacional de ciencia tecnología e innovación tiene como objetivos:

- Incorporar los avances científicos y tecnológicos para satisfacer las necesidades de la población, mejorar la calidad de vida y los niveles de seguridad humana.
- Incorporar las actividades científicas, tecnológicas y de innovación, en los planes regionales, departamentales, sectoriales e institucionales de desarrollo económico, social y de medio ambiente.
- Modernizar la estructura productiva, desarrollar las capacidades innovadoras y elevar los niveles de competitividad de la economía nacional.
- Desarrollar y fortalecer las capacidades de recursos humanos para la investigación y la innovación, en particular a nivel de post grado. (SUAREZ, 2001)

## **4 MARCO TEORICO**

### **4.1 Industria 4.0**

#### **4.1.1 Definición**

La Industria 4.0 se refiere a la transformación de la manufactura en digital mediante la integración de sistemas ciberfísicos, IoT y desarrollos industriales, con el fin de optimizar la cadena de valor y personalizar la producción en tiempo real. (Shi, y otros, 2020).

Según (Vaidya, Ambad, & Bhosle, 2016) la Industria 4.0 representa la cuarta revolución industrial, enfocada en la digitalización y personalización de la manufactura, centrándose en actividades de valor agregado y reduciendo el desperdicio.

De esta forma vemos que la Industria 4.0 se refiere a la integración de tecnologías digitales y físicas en los procesos industriales para mejorar la eficiencia, la productividad y la toma de decisiones. Esto implica el uso de tecnologías como Internet de las cosas (IoT), inteligencia artificial, analítica de datos en las operaciones industriales entre otros.

#### **4.1.2 Características clave de la Industria 4.0**

Los productos inteligentes y conectados cambian la competencia en el mercado. (Bahrin, Othman, Azli, & Talib, 2016) nos dice que la robótica y la tecnología de automatización son impulsores clave de la Industria 4.0, transformando la fabricación industrial y preparando a los estudiantes de ingeniería para un futuro mejor.

Otra de las características clave de la industria 4.0 según (Ghobakhloo, 2020) es que esta ofrece beneficios inmediatos de sostenibilidad económica, lo que conduce a beneficios socioambientales más lejanos como la sostenibilidad energética, la reducción de emisiones nocivas y la mejora del bienestar social.

En cuanto a la sostenibilidad de las tecnologías de la industria 4.0 (Bai, Dallasega, Orzes, Sarkis, & Sarkis, 2020) nos dice que la industria 4.0 utiliza tecnologías emergentes para mejorar la eficiencia de producción y contribuir al desarrollo sostenible. Se recomienda adoptar tecnologías de Industria 4.0 con una evaluación cuidadosa para optimizar su impacto sostenible y priorizar inversiones adecuadamente.

De esta forma entendemos que los productos inteligentes y conectados están transformando el mercado, con la robótica y la automatización como impulsores clave de la Industria 4.0. Esta revolución proporciona beneficios económicos inmediatos y beneficios socioambientales a largo plazo, como la sostenibilidad energética y la reducción de emisiones.

#### **4.1.3 Adaptación de la educación superior a las demandas de industria 4.0**

Según (Mian, Salah, Ameen, Moiduddin, & Alkhalefah, 2020) nos dice que las universidades deben adaptarse a la Industria 4.0 mediante la implementación de tecnologías digitales, personal calificado, mayores asociaciones industriales y planificación estratégica para preparar a los estudiantes para los desafíos y oportunidades de la cuarta revolución industrial.

De esta manera podemos ver la importancia de la adaptación de la educación superior a las demandas de la industria 4.0, para tener una buena comunicación con la industria.

#### **4.1.4 Impacto de la industria 4.0 en la formación de ingenieros industriales**

Según (Wang, Wan, Zhang, Li, & Zhang, 2016) La Industria 4.0 está cambiando la forma de operar y producir de las empresas, impactando así en la formación de los ingenieros industriales. De esta forma, los ingenieros industriales deben estar preparados para adaptarse a los cambios de la industria utilizando tecnologías avanzadas y sistemas ciber físicos.

Así también (Fuertes, y otros, 2021) aseguran que la formación en Industria 4.0 requiere el desarrollo de herramientas educativas que permitan a los estudiantes interactuar con equipos reales y aprender sobre nuevas tecnologías habilitadoras, como la conectividad, el almacenamiento y la ciberseguridad.

#### **4.2 Tecnologías Emergentes en la industria 4.0**

Según (Xu, Xu, & Li, 2018) la Industria 4.0, que combina sistemas ciberfísicos, IoT, computación en la nube e integración industrial, está preparada para una Cuarta Revolución Industrial, pero se necesitan herramientas poderosas para explotar al máximo

su potencial. Así también en referencia a la ingeniería industrial (Bueno, Filho, & Frank, 2020) no dicen que en la planificación y el control de la producción inteligente de la Industria 4.0 están influenciados por cinco tecnologías básicas (Internet de las cosas, sistemas ciberfísicos, Big Data, análisis y fabricación aditiva) e impactan en los indicadores de rendimiento de fabricación y los factores ambientales.

#### **4.2.1 Descripción de Tecnologías Emergentes**

##### **4.2.1.1 Internet de las Cosas (IoT)**

El Internet de las cosas (IoT) es un sistema de dispositivos interconectados que utilizan sensores y redes inalámbricas para recopilar y transmitir información.

Según (Lu, Papagiannidis, & Alamanos, 2018) dice que el Internet de las cosas tiene como objetivo conectar cualquier cosa y cualquier persona en cualquier momento y en cualquier lugar, lo que resulta en nuevas aplicaciones y servicios innovadores.

##### **4.2.1.2 Big Data y Análisis de Datos**

Big data se refiere a grandes conjuntos de datos que son demasiado complejos para procesarlos con herramientas tradicionales de análisis de datos.

Según (Labrinidis & Jagadish, 2017) los Big Data son conjuntos de datos grandes y complicados que son difíciles de procesar con herramientas tradicionales de gestión de datos o aplicaciones de procesamiento debido a factores como la heterogeneidad, la escala, la puntualidad, la complejidad y los problemas de privacidad.

##### **4.2.1.3 Computación en la Nube**

La computación en la nube es un modelo de prestación de servicios de tecnología de la información basado en Internet.

Según (Bisong, 2019) la computación en la nube ofrece a los usuarios una variedad de servicios informáticos, como almacenamiento, procesamiento y redes, a través de Internet, con varios modelos de precios y términos de uso.

#### **4.2.1.4 Automatización industrial**

Según (Nitzan & Rosen, 1976) los sistemas de automatización programables incluyen el control numérico de máquinas herramienta, el diseño y la fabricación asistidos por ordenador, la información y el control de la producción y los robots industriales.

Así también en cuanto a las tendencias de desarrollo y perspectivas de la automatización industrial (Shi, 2023) nos dice que la automatización industrial influye en la eficiencia, la calidad y las capacidades de innovación de la industria manufacturera, influenciada por tecnologías como IoT, big data e IA.

#### **4.2.1.5 Simulación de PLC**

En una investigación sobre el sistema de control PLC basado en la simulación virtual (Wu H. , 2023) nos dice que la simulación PLC es una tecnología que utiliza software de simulación, modelos virtuales 3D y software de puerta de enlace virtual para permitir el aprendizaje autónomo en industrias como el control de manipuladores industriales.

### **4.3 La industrialización virtual**

Según (Smith, Virtual Industrialization: a New Paradigm for Manufacturing, 2021), la industrialización virtual es un proceso que se basa en la integración de la tecnología de la información y la comunicación (TIC) en los sistemas de producción, con el objetivo de mejorar la eficiencia y la calidad de los productos, así como reducir los costos de producción.

En la transformación digital de la fabricación a través de servicios de la nube y visualización de recursos (Borangi, Trentesaux, Thomas, Leitão, & Barata, 2019) nos dice que los servicios en la nube y la virtualización de recursos aceleran la transformación digital de la fabricación, habilitando los sistemas de producción ciberfísicos y el Internet Industrial de las Cosas en la Industria 4.0.

#### **4.4 Festo Didactic**

Festo Didactic es una empresa alemana que se dedica a la fabricación y venta de equipos y sistemas de formación técnica y didáctica, con el objetivo de proporcionar soluciones de formación en ingeniería y tecnología a nivel mundial.

Según (García A. , Festo Didactic, 2021), "Festo Didactic es líder en el mercado de la formación técnica, y ofrece una amplia gama de soluciones de formación, desde equipos y sistemas de formación hasta software y servicios de consultoría."

##### **4.4.1 Planta Festo MPS**

Según (Festo Didactic, 2012) La Planta Festo MPS es un sistema modular de producción diseñado para la enseñanza y entrenamiento en automatización industrial. Este sistema permite la simulación de procesos de producción industriales y la enseñanza de conceptos como la programación de sistemas de control, la integración de sensores y actuadores, la comunicación en redes industriales, y la optimización de procesos.

#### **4.5 Estaciones MPS**

Los Diseños de Estación de Procesamiento de MPS basado en PLC son plataformas de operación análogas que realizan funciones como alimentación, manipulación, procesamiento, instalación y clasificación en un sistema de producción automatizado. (Qin Hu, 2014)

Según (Festo Didactic, 2012) las Estaciones MPS son módulos de producción diseñados para el entrenamiento y la enseñanza en automatización industrial. Cada estación representa un proceso de producción específico, y permite a los estudiantes y técnicos experimentar con sensores, actuadores, controladores y otros componentes industriales.

## **5 METODOLOGÍA**

En este apartado se detalla la metodología de investigación utilizada para desarrollar este proyecto. Se describen los métodos de obtención y recopilación de información, así como el análisis de los datos recopilados. Esta metodología permite una estructuración

sistemática y rigurosa del proceso de investigación, asegurando la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos y facilitando la implementación efectiva de los laboratorios didácticos propuestos.

Para dicho apartado se ha realizado un diagrama de flujo con los pasos a realizar para la metodología a utilizar. Ver Anexo A – 1.

## **5.1 Diseño de la investigación**

### **5.1.1 Tipo de investigación**

Para este proyecto, sería beneficioso utilizar una combinación de Investigación Exploratoria e Investigación Mixta.

**Investigación Exploratoria:** Dado que el proyecto propone un enfoque relativamente nuevo para la educación de ingenieros industriales (Industria 4.0), es crucial realizar una investigación exploratoria para obtener una comprensión más profunda del contexto y los desafíos específicos asociados con la adaptación de la educación a la Industria 4.0.

**Investigación Mixta:** Dado que este proyecto implica el diseño real de un laboratorio didáctico, se pueden combinar métodos cualitativos (comprensión del contexto, necesidades y mejores prácticas) con métodos cuantitativos (como encuestas o análisis estadísticos) para recopilar información sobre la eficacia y la satisfacción de los participantes. estudiantes con laboratorios desarrollados.

### **5.1.2 Justificación**

**Investigación Exploratoria:** La elección de métodos de investigación exploratoria es crucial para abordar el enfoque educativo limitado en la adaptación a la Industria 4.0 y la adaptación de la educación en ingeniería industrial mediante el desarrollo de laboratorios de enseñanza. Aquí está la justificación de cómo la metodología exploratoria es crucial para responder a este problema:

1. Explorar territorios desconocidos: La Industria 4.0 es un campo en evolución.
2. Identificar lagunas de conocimiento: La investigación exploratoria ayuda a identificar lagunas de conocimiento en la educación sobre Industria 4.0.

3. Obtener perspectivas diversas: El empleo de métodos cualitativos, como entrevistas y grupos focales, puede proporcionar una visión rica de las necesidades y los desafíos, lo cual es fundamental para el diseño eficaz de un laboratorio de enseñanza.
4. Promover la innovación Pedagógica: La innovación Pedagógica se puede promover explorando métodos educativos innovadores y tecnologías emergentes

**Investigación Mixta:** La elección de métodos de investigación mixtos es crucial para abordar el problema de la limitada atención educativa a la adaptación a la Industria 4.0 y la adaptación de la educación en ingeniería industrial mediante el desarrollo de laboratorios de enseñanza. Aquí está la justificación de cómo la metodología mixta es esencial para responder a este problema:

1. Identificar soluciones innovadoras: combinando datos cuantitativos y cualitativos, se pueden identificar soluciones innovadoras y específicas a los problemas identificados.
2. Generar recomendaciones respaldadas: un enfoque híbrido le permite generar recomendaciones prácticas respaldadas para adaptar la educación en ingeniería industrial.
3. Proporcione una perspectiva completa: al utilizar métodos mixtos, puede proporcionar una perspectiva completa del problema. Esto incluye no sólo números y estadísticas, sino también las voces y experiencias de los involucrados, lo que enriquece la comprensión de los problemas y las soluciones propuestas.

## **5.2 Obtención de información**

### **5.2.1 Selección de la muestra**

- **Proceso de selección**

El proceso de selección de muestras para proyectos de investigación exploratoria y mixta puede seguir estos pasos:



1. Definición de objetivos: esto identificará los objetivos de su investigación y qué tipo de información necesita recopilar de su muestra.
2. Identificación de la multitud: Identifique la multitud objetivo.
3. Tamaño de la muestra: Se determinará un tamaño de muestra apropiado.
4. Muestreo aleatorio: se utilizarán técnicas de muestreo aleatorio para seleccionar participantes representativos de la población objetivo.

### **5.2.2 Criterios de inclusión y exclusión**

Los criterios de inclusión y exclusión son fundamentales para definir quién formará parte de la muestra de nuestro proyecto. Los criterios de inclusión y exclusión podrán ser los siguientes:

#### **Criterios de inclusión:**

1. Estudiantes de ingeniería industrial: Se incluirá a estudiantes de la carrera de ingeniería industrial de la Universidad Mayor de San Andrés.
2. Posibilidad de participación: Los participantes deben estar dispuestos a cooperar con entrevistas, encuestas u otras actividades de investigación.

#### **Criterio de exclusión:**

1. No relevante para el tema: Se excluirán personas no relacionadas con la ingeniería industrial o la Industria 4.0.
2. Falta de consentimiento: No se incluirán las personas que no estén dispuestas a dar su consentimiento para participar en el estudio.

## **5.3 Recopilación de datos**

### **5.3.1 Métodos para recopilar datos**

Para este proyecto de grado de diseño de laboratorios didácticos con enfoque en industria 4.0, se eligió el método de encuestas, por la capacidad de recolección de un gran número de datos de manera eficiente y la posibilidad de obtener respuestas estructuradas y cuantitativas, con la facilidad de comparar y analizar datos.

### **5.3.2 Herramientas para la recopilación de datos**

Se utilizarán diferentes herramientas y tecnologías según las necesidades durante la investigación:

1. Plataformas de encuestas en línea:
  - Google Forms: Es una herramienta gratuita que permite crear encuestas personalizadas y recopilar respuestas en línea. Además, ofrece opciones para el análisis de datos.
2. Programas para el análisis de datos:
  - Microsoft Excel: Para analizar los datos recopilados a través de encuestas, puede utilizar Microsoft Excel u otro software estadístico.
3. Entrevistas en persona: Las encuestas se pueden realizar en persona a través de entrevistas estructuradas con cuestionarios impresos.

## **5.4 Análisis de datos**

### **5.4.1 Técnicas de análisis**

Se pueden considerar varias técnicas de análisis de datos para analizar los datos recopilados a través de las encuestas en la investigación. A continuación, se enumeran algunas técnicas comunes que podría utilizar:

1. Análisis descriptivo: este método permitirá resumir y presentar los datos de manera descriptiva.
2. Análisis de tendencias: Este método permitirá encontrar patrones o tendencias en los datos y mostrar los resultados de las encuestas en gráficos y visualizaciones.

### **5.4.2 Herramientas para el análisis de datos**

Para el análisis de datos se utilizará el software Microsoft Excel ya que permitirá analizar de manera descriptiva los datos percibidos de las encuestas, así también ofrece una

variedad de herramientas para crear gráficos y visualizaciones que ayudarán a representar los datos de manera efectiva.

También cabe recalcar la flexibilidad y personalización de Excel para adaptarse a las necesidades específicas, ya que puedes crear fórmulas personalizadas y realizar análisis más avanzados si es necesario. Y con la experiencia previa en el uso de Excel para análisis de datos, ayudará a realizar un análisis eficiente.

## **5.5 Garantía de la validez de la recopilación de los datos**

Para la recopilación de datos para el punto de identificación de requerimientos en cuanto al análisis de brechas y factores que influyen en la formación de estudiantes de ingeniería industrial en el contexto de la Industria 4.0, se utilizara la herramienta el Google Forms para el envío de las encuestas, ya que con esta herramienta se tiene bastante accesibilidad para la participación de los estudiantes que hacen parte de esta investigación.

### **5.5.1 Anonimato y Confidencialidad**

Para este estudio se tomó la decisión de no solicitar datos personales para proteger la identidad de los participantes, fomentando la sinceridad en sus respuestas al eliminar preocupaciones sobre la privacidad. De esta manera en la encuesta se enfatiza el anonimato de sus respuestas ver Anexo A-2.

Para la garantía de que las respuestas no sean duplicadas, ni que el mismo usuario realice una doble contestación se tomó medidas de restricción que la misma plataforma ofrece ya que esta cuenta con una funcionalidad integrada llamada "Restricción de respuestas" que permite limitar la cantidad de respuestas que un participante puede enviar, la cual está integrada al diseño de la encuesta ver Anexo A-3. Esta configuración utiliza cookies y registros de Google para rastrear las respuestas, evitando que un participante complete la encuesta más de una vez desde el mismo dispositivo.

## 6 IDENTIFICACION DE REQUERIMIENTOS

El objetivo es evaluar las diferencias entre la educación actual y las habilidades y competencias reales para afrontar los retos de la Industria 4.0. Este análisis proporciona información valiosa sobre las brechas en la educación de los estudiantes y los factores que influyen en ellas. Al identificar estas diferencias, el proyecto pudo diseñar laboratorios de aprendizaje que se centran específicamente en áreas donde los estudiantes más necesitan preparación, utilizando enfoques y tecnologías relacionados con la Industria 4.0. La incorporación de este análisis al proyecto garantiza que los laboratorios de aprendizaje estén diseñados de manera efectiva para cerrar brechas y preparar a los estudiantes para carreras exitosas en la Industria 4.0.

### 6.1 Definición de brechas y factores

**Brechas:** En el contexto de la tecnología y la educación, la palabra brecha se utiliza para referirse a la diferencia en el acceso y uso de las tecnologías digitales entre diferentes grupos de personas, lo que se conoce como brecha digital. (Bouza, 2003)

**Factores:** Se refieren a las variables o condiciones que influyen en un proceso o resultado particular. En el ámbito de la educación, los factores pueden influir en el rendimiento académico de los estudiantes. (UNESCO, 2017)

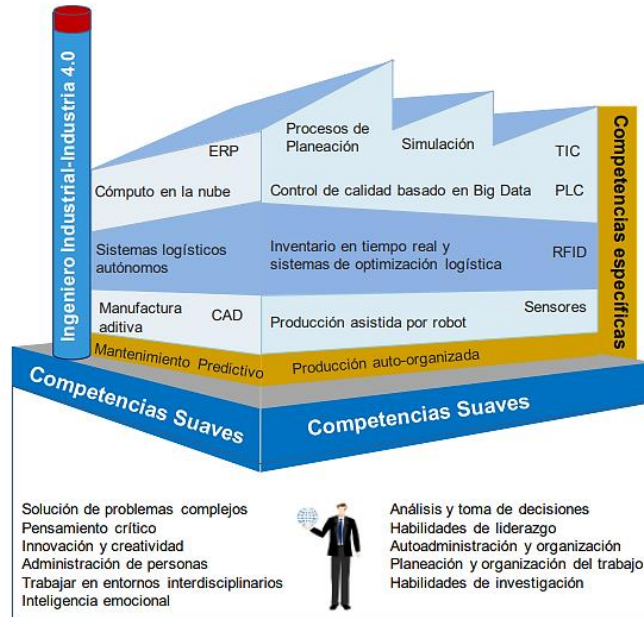
### 6.2 Análisis de brechas y factores

#### 6.2.1 Competencias del ingeniero industrial en la Industria 4.0

Desde la perspectiva de la industria 4.0 esta requiere conjuntos de habilidades especiales, y un marco de desarrollo de habilidades la cual puede ayudar a cerrar la brecha entre los requisitos actuales y futuros. (Gaikwad & Pandey, 2022)

Según (González Hernández & Granillo Macías, 2018) con base en algunos trabajos publicados sobre la Industria 4.0, en la Ilustración 6-1 se presentan las principales competencias del ingeniero industrial, requeridas para enfrentar los desafíos de la industria 4.0 en el contexto de los sistemas de manufactura inteligentes.

### Ilustración A-1: Competencias del ingeniero industrial



**Fuente:** Coskun et al. (2019); Foro Económico Mundial (2018a); Frank et al. (2019); Karre et al. (2017); Sackey y Bester (2016); Sackey et al. (2017); Zhong et al. (2017 Ilustración extraída de (González Hernández & Granillo Macías, 2018)

Bajo este panorama las competencias genéricas del ingeniero industrial para enfrentar a la Industria 4.0 sería:

Solución de problemas complejos, Pensamiento crítico, Innovación y creatividad, Administración de personas, Trabajar en entornos interdisciplinarios e Inteligencia emocional, así como también Análisis y toma de decisiones, Habilidades de liderazgo, Autoadministración y organización, Planeación y organización del trabajo y Habilidades de investigación.

Y las competencias específicas del ingeniero industrial para enfrentar a la Industria 4.0 sería:

Inteligencia Artificial y Robótica, Internet de las Cosas, Realidad Virtual y Aumentada, Manufactura Aditiva, Cadena de Bloques, Big data y Análisis de Datos, Simulación, Integración Horizontal y Vertical del sistema, Seguridad Cibernética, La nube, Sistemas Ciber-Físicos, Comunicación M2M.

## 6.2.2 Análisis del plan de estudios de ingeniería industrial (UMSA)

De esta manera en el ámbito de formación según el libro blanco de ingeniería presenta el perfil de ejercicio profesional de un ingeniero industrial, la cual busca mejorar las competencias genéricas y específicas de los profesionales, utilizando el diseño curricular basado en competencias. Donde:

- Las competencias generales más importantes son:
- Asumir valores, principios éticos y responsabilidad para la toma de decisiones
- Tener responsabilidad social y compromiso con el entorno
- Manejar un segundo idioma
- Generar nuevas ideas y ser creativo
- Tener liderazgo y adaptarse a cambios
- Identificar, plantear y solucionar problemas
- Trabajar bajo presión
- Comunicación adecuada escrita y oral
- Planificar y utilizar el tiempo de manera efectiva
- Tener disposición para el aprendizaje continuo.

Las competencias específicas más importantes son:

- Planificar estrategias que conlleven a la obtención de objetivos
- Desarrollar un pensamiento proyectivo para la permanencia y sostenibilidad de la organización
- Innovar en la creación de nuevos productos, bienes y servicios en la organización, impulsando a la competitividad
- Distribuir y asignar adecuadamente los recursos para la obtención de logros
- Evaluar y concluir a partir de mediciones y seguimientos estableciendo disposiciones de mejoramiento
- Diseñar modelos tendientes a la optimización de recursos claves en la organización
- Manejar el riesgo y la incertidumbre

- Establecer procesos de conciliación dentro y fuera de la organización
- Sensibilizarse, comprometerse frente a los problemas sociales y ambientales
- Realizar investigaciones en el campo de la ingeniería industrial
- Gestionar sistemas de Seguridad Industrial.

Para poder adaptar la educación del plan de estudios a las necesidades específicas de la industria 4.0, se va a proceder a realizar una integración de ambas competencias Específicas y Generales, tanto de la industria 4.0 para la ingeniería industrial como del actual plan de estudios de la carrera de ingeniería industrial de la UMSA.

Para la integración de las habilidades tanto generales como específicas, se deben tomar en cuenta algunos puntos. Las consideraciones clave incluyen:

- La actualización de los contenidos curriculares: Los contenidos curriculares deben revisarse y actualizarse para incluir conceptos y tecnologías relacionados con la Industria 4.0.
- Enfoque en habilidades técnicas y digitales: Para la Industria 4.0, además de los fundamentos de la ingeniería industrial, se deben desarrollar habilidades técnicas y digitales relevantes.
- Aprendizaje práctico y experiencia en el mundo real: Es fundamental que los estudiantes tengan oportunidades de aprender y adquirir experiencias en el mundo real.
- Fomento de habilidades interdisciplinarias y colaborativas: es fundamental que los estudiantes desarrollen habilidades interdisciplinarias y colaborativas.
- Desarrollo de habilidades de liderazgo y gestión del cambio: Los ingenieros industriales deben desarrollar habilidades para liderar y administrar el cambio.
- Aprendizaje continuo y adaptabilidad: Es fundamental que los ingenieros industriales desarrollen una mentalidad de aprendizaje continuo.

Para ello procedemos a realizar el siguiente Cuadro 6-1, donde procedemos a ver la lista de competencias generales y específicas ya integradas para la adaptación de la educación actual con la industria 4.0.

**Cuadro 6-1: Integración de competencias**

| Universidad Mayor de San Andrés   | Industria 4.0   | Integración  |
|---|---|--|
| <b>Competencias Generales</b>   | <b>Competencias Generales</b>                                     | <b>Competencias Generales</b>  |
| Asumir valores, principios éticos y responsabilidad para la toma de decisiones                                    | Solución de problemas complejos                                   | - Tener responsabilidad social y compromiso con el entorno.  |
| Tener responsabilidad social y compromiso con el entorno  | Pensamiento crítico   | - Generar nuevas ideas y ser creativo para la innovación.  |
| Manejar un segundo idioma   | Innovación y creatividad  | - Trabajar bajo presión y gestionar el estrés.   |
| Generar nuevas ideas y ser creativo   | Administración de personas  | - Desarrollar inteligencia emocional para gestionar relaciones interpersonales y trabajar en equipo. |
| Tener liderazgo y adaptarse a cambios   | Trabajar en entornos interdisciplinarios e Inteligencia emocional | - Desarrollar pensamiento crítico para analizar situaciones complejas.                               |
| Identificar, plantear y solucionar problemas  | Análisis y toma de decisiones                                     | - Analizar y tomar decisiones basadas en datos y análisis.   |
| Trabajar bajo presión   | Habilidades de liderazgo  | - Desarrollar habilidades de investigación para obtener información relevante                        |
| Comunicación adecuada escrita y oral  | Autoadministración y organización                                 | - Autoadministración y organización para optimizar el rendimiento personal.                          |
| Planificar y utilizar el tiempo de manera efectiva  | Planeación y organización del trabajo                             |  |
| <b>Competencias Específicas</b>   | <b>Competencias Específicas</b>                                   | <b>Competencias Específicas</b>  |
| Planificar estrategias que conlleven a la obtención de objetivos  | Inteligencia Artificial y Robótica                                | - Implementar sistemas de Inteligencia Artificial y Robótica en entornos industriales.               |
| Desarrollar un pensamiento proyectivo para la permanencia y sostenibilidad de la organización                     | Internet de las Cosas   | - Utilizar tecnologías del Internet de las Cosas para mejorar la eficiencia operativa                |
| Innovar en la creación de nuevos productos, bienes y servicios en la organización, impulsando a la competitividad | Realidad Virtual y Aumentada                                      | - Aplicar Realidad Virtual y Aumentada para simulación y entrenamiento                               |
| Distribuir y asignar adecuadamente los recursos para la obtención de logros                                       | Manufactura Aditiva   | - Integrar Manufactura Aditiva en procesos de producción para prototipos y productos personalizados. |
| Evaluar y concluir a partir de mediciones y seguimientos estableciendo disposiciones de mejoramiento              | Cadena de Bloques   | - Utilizar tecnologías de Cadena de Bloques para asegurar la integridad de la cadena de suministro   |
| Diseñar modelos tendientes a la optimización de recursos claves en la organización                                | Big data y Análisis de Datos                                      | - Analizar grandes volúmenes de datos utilizando Big Data y técnicas avanzadas de análisis           |
| Manejar el riesgo y la incertidumbre  | Computo en la nube  | - Implementar herramientas de Computación en la Nube para almacenamiento y procesamiento de datos    |
| Establecer procesos de conciliación dentro y fuera de la organización   |   |  |
| Realizar investigaciones en el campo de la ingeniería industrial  |   |  |

**Fuente:** Datos extraídos de investigación propia



## 6.2.3 Análisis del sector estudiantil

### 6.2.3.1 Metodología

En primera instancia se establece la información relevante y necesaria para establecer las características del estudiante beneficiario del diseño del laboratorio didáctico, se tomará en cuenta información primaria y secundaria.

Inicialmente mediante la información secundaria se identifica datos (brechas y factores de los estudiantes según la malla curricular de estudios) y las necesidades para adaptarse a la industria 4.0, para posteriormente iniciar con la recolección de datos primarios que se obtendrán directamente de los estudiantes.

### 6.2.3.2 Determinación del tamaño muestral aplicado al sector estudiantil

Para este punto tomaremos en cuenta a la facultad de ingeniería específicamente la carrera de ingeniería industrial tanto en la ciudad de La Paz de la provincia de Murillo y las Sedes de San Buenaventura y Caranavi de la provincia de Abel Iturralde. Considerando que los estudiantes son los principales beneficiarios para determinar la necesidad para el uso del laboratorio didáctico con enfoque en industria 4.0.

- Para este estudio se tomará en cuenta a todos estudiantes inscritos o matriculados de la carrera de ingeniería industrial de la Universidad Mayor de San Andrés.

Datos obtenidos de la carrera de ingeniería industrial:

**Cuadro 6-2: Segmentación de muestreo**

| <b>POBLACION</b>                                | <b>HABITANTES</b> |
|---|-------------------|
| Matriculados de ingeniería industrial           | 1784              |
| Matriculados de ingeniería industrial amazónica | 134               |
| <b>TOTAL</b>                                    | <b>1918</b>       |

**Fuente:** Elaboración con base en datos de división de sistemas de información y estadística al año 2022

### 6.2.3.3 Formato de encuesta

Para obtener los datos necesarios se realizará mediante la investigación descriptiva, el cual se hace el uso de encuestas. Las encuestas se realizarán en línea vía Plataformas de

encuestas ver Anexo B-1, el siguiente cuadro muestra las preguntas a realizar y su objetivo.

**Cuadro 6-3: Encuesta a Estudiantes (1ra parte)**

| Pregunta   | Objetivo   |
|--|--|
| 3. ¿En su formación, la carrera de Ingeniería Industrial le ha proporcionado las habilidades prácticas para la planeación, programación y control de la producción por medio de diferentes herramientas digitales (Excel, Microsoft Project, Flexim u otro software de simulación para modelar el comportamiento de un sistema de producción, etc.)? | Evaluar si la carrera de Ingeniería Industrial ha proporcionado al individuo las habilidades prácticas necesarias para utilizar herramientas digitales. Las respuestas posibles permiten al encuestado expresar su nivel de conocimiento y experiencia, o si está de acuerdo o en desacuerdo en general con la declaración planteada en la pregunta. |
| 4. ¿Qué habilidades tiene para usar herramientas de planeación, programación y control de la producción? (Selecciona todas las que apliquen)   | Evaluar las habilidades del encuestado en el uso de herramientas de planeación, programación y control de la producción. La respuesta en cada Habilidad permite al encuestado indicar su nivel de competencia en esta habilidad específica, utilizando una escala que va desde "nada" hasta "alto".  |
| 5. ¿Qué herramientas de simulación de procesos utiliza en sus estudios de ingeniería industrial? (Selecciona todas las que apliquen)   | Conocer las herramientas de simulación de procesos que el encuestado utiliza en sus estudios de ingeniería industrial. La respuesta permite al encuestado indicar si utiliza una herramienta en sus estudios, y calificar su nivel de uso en una escala que va desde "nada" hasta "alto".  |
| 6. ¿Qué habilidades tiene para usar herramientas de simulación de procesos y su evaluación? (Selecciona todas las que apliquen)  | Se busca obtener información sobre las habilidades específicas que posee el encuestado en relación con la utilización y evaluación de estas herramientas. El encuestado puede seleccionar todas las habilidades que apliquen en su caso particular, y calificar su nivel de uso en una escala que va desde "nada" hasta "alto".                      |
| 7. ¿Cuál es la relación entre las habilidades que desarrolla con su malla académica y las habilidades mencionadas en la pregunta 4, para trabajar en la planeación, programación y control de la producción?   | Comprender cómo se relacionan las habilidades desarrolladas a través de la malla académica con las habilidades necesarias para trabajar en la planeación, programación y control de la producción, y calificar su nivel de uso en una escala que va desde "muy fuerte" a "muy debil".  |
| 8. ¿Qué brechas o dificultades ha identificado en su formación? (Selecciona todas las que apliquen)  | Identificar las brechas que el encuestado ha observado en su proceso de formación académica  |

**Cuadro 6-4: Encuesta a Estudiantes (2da parte)**

| <b>Formación en Industria 4.0:</b>   |   |
|--|---|
| <b>Pregunta</b>  | <b>Objetivo</b>   |
| 1. ¿Está familiarizado con el concepto de Industria 4.0 (fabrica inteligente)?   | Determinar el nivel de conocimiento del concepto de Industria 4.0.  |
| 2. ¿Ha recibido formación específica sobre tecnologías y conceptos relacionados con Industria 4.0 (fabrica inteligente) en su programa de ingeniería industrial? Si es así, ¿En cuantas asignaturas?       | Determinar si el usuario ha recibido formación específica sobre tecnologías y conceptos relacionados con la Industria 4.0, dentro de su programa de ingeniería industrial, y en qué medida se ha abordado este tema en su plan de estudios. |
| 3. ¿Las materias que ha cursado le han proporcionado los conocimientos teóricos necesarios básicos para entender y aplicar las tecnologías de la industria 4.0 (fabrica inteligente)?                      | Evaluar si las materias que el usuario ha cursado le han proporcionado los conocimientos teóricos básicos necesarios para comprender y aplicar las tecnologías relacionadas con la Industria 4.0.   |
| 4. ¿Qué factores cree que afectan la formación de ingenieros industriales, relacionado con la simulación de procesos con su evaluación adoptando tecnologías de punta? (Selecciona todas las que apliquen) | El propósito es obtener una perspectiva del usuario sobre los posibles desafíos o influencias que pueden afectar la adopción y aplicación de estas tecnologías en la formación de ingenieros industriales.                                  |
| 5. ¿Cree que la formación en la industria 4.0 (fabrica inteligente) le dará una ventaja competitiva en el mercado laboral después de graduarte?  | La pregunta busca explorar la percepción del usuario sobre el valor y la relevancia de esta formación en relación con las oportunidades laborales y la demanda en el mercado actual.  |
| 6. ¿Le gustaría tener más oportunidades de aprendizaje relacionadas con la industria 4.0 como Inteligencia artificial, Robótica en procesos industriales, Inteligencia de datos, entre otros?              | Se busca comprender la percepción del usuario sobre la relevancia y el valor de estar bien versado en conceptos y tecnologías de la Industria 4.0 en el entorno educativo y laboral actual.   |

#### **6.2.3.4 Tamaño de la muestra**

Para la recolección de datos, se establece la cantidad de encuestas necesarias con el fin de recolectar información de la fuente primaria, se tomará en cuenta a los alumnos de la carrera de ingeniería industrial de la Universidad Mayor de San Andrés en conjunto con las sedes de San Buenaventura y Caranavi.

La población es inferior a 100.000 habitantes y para determinar el tamaño de la muestra del grupo de estudio, se utilizará el método de muestreo secuencial o de muestreo por etapas. Este método realiza una prueba inicial para determinar los valores de:

- P (Proporción de elementos de la población que tiene la característica de interés)
- Q (Proporción de la población que no tiene la característica de interés)

En este caso el interés es el de tener más oportunidades de aprendizaje relacionadas con la industria 4.0 en cuanto a la educación en estudiantes de ingeniería industrial de la UMSA, utilizados en la ecuación de muestreo simple para poblaciones finitas. Expresando la ecuación de la forma:

- Se establece una confiabilidad del 95 (%), lo que significa un nivel de confianza acorde a la distribución normal equivalente a 1,65.
- El error muestral se estima en  $e = 0,05$  por lo tanto se tendrá un desvío máximo del 5(%) de los resultados originales o reales.
- Se realizó una prueba piloto a 40 personas mediante Google Forms donde la probabilidad de la percepción del usuario sobre la relevancia de tener más oportunidades de aprendizaje relacionadas con la industria 4.0 es  $p = 0,925$  y la probabilidad de rechazo al producto es  $q = 0,075$  (ver Anexo B-3)

$$n = \frac{z^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + z^2 * p * q}$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra

N: Tamaño de la población

Z: Coeficiente de confianza de la investigación (**1,65**)

e: Error muestral (**0,05**)

p: Probabilidad de que ocurra el evento “Interés positivo de aprendizaje de industria 4.0” (**0,925**)

q: Probabilidad de que no se realice el evento “Interés negativo de aprendizaje de industria 4.0” (0,075)

Acorde a los datos de división de sistemas de información y estadística al año 2022 nuestra población de estudiantes matriculados en la carrera de de ingeniería industrial es de 1918 estudiantes.

para determinar la aleatoriedad de las muestras dividiremos las encuestas en dos secciones:

- Matriculados en ingeniería industrial La Paz = 1784 Estudiantes
- Matriculados en ingeniería industrial Amazónica (Car y SBV) =134 Estudiantes.

Realizando la sustitución de datos en la ecuación de muestreo finito se determina el tamaño de la muestra.

### 1. Ingeniería Industrial LP

$$n = \frac{z^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + z^2 * p * q}$$

$$n = \frac{(1,65^2) * 1784 * 0,925 * 0,075}{(0,05^2) * (1784 - 1) + (1,65^2) * 0,925 * 0,075}$$

$$n = 72,51 = 73 \text{ Encuestas}$$

El tamaño de muestra equivale a 73 personas de Ingeniería Industrial de LP.

### 2. Ingeniería Industrial Amazónica (CAR y SBV)

$$n = \frac{z^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + z^2 * p * q}$$

$$n = \frac{(1,65^2) * 134 * 0,925 * 0,075}{(0,05^2) * (134 - 1) + (1,65^2) * 0,925 * 0,075}$$

$$n = 48,54 = 49 \text{ Encuestas}$$

El tamaño de muestra equivale a 49 personas de Ingeniería Industrial Amazónica.

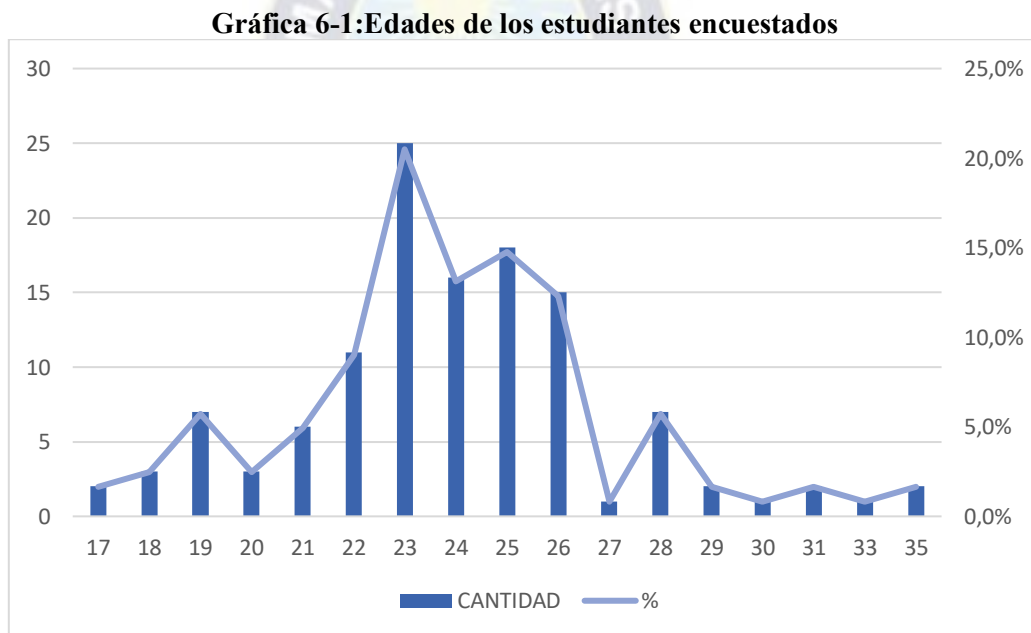
### 6.2.3.5 Tabulación y análisis de datos

El análisis de la información recaudada y su interpretación serán mediante el método Cuantitativo y Cualitativo uniendo ambas encuestas tanto de La Paz como los Amazónicos, mediante gráficos estadísticos.

A continuación, se especifican las preguntas de la encuesta.

#### 1. Edad:

Con esta pregunta veremos el rango de edad de los estudiantes de ingeniería industrial.



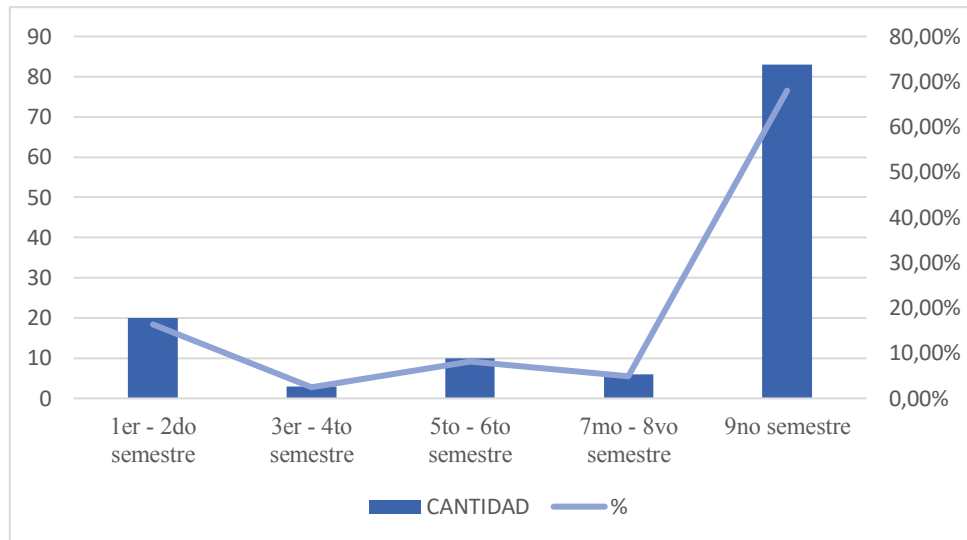
**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos del Anexo B-6.

Con este grafico podemos apreciar que el rango de edad de los estudiantes oscila entre los 17 a 35 años de edad. Y se ve que la mayoría de los estudiantes esta entre los 23 a 26 años de edad.

#### 2. Semestre de formación:

Con esta pregunta veremos la variedad de estudiantes encuestados en cuanto a los semestres que cursan.

**Gráfica 6-2: Semestre de formación de los estudiantes encuestados**

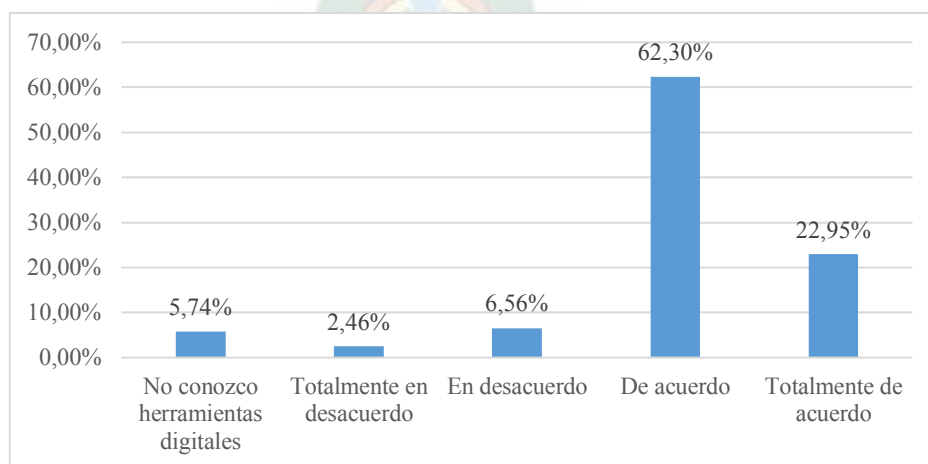


**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos del Anexo B-6: Anexo B-7.

### 3. Habilidades prácticas para la planeación, programación y control de la producción por medio de diferentes herramientas digitales:

Con esta pregunta se pretende evaluar si la carrera de Ingeniería Industrial les ha proporcionado a los estudiantes, las habilidades prácticas necesarias para utilizar herramientas digitales.

**Gráfica 6-3: Consideración de habilidades practicas sobre el manejo de herramientas digitales**



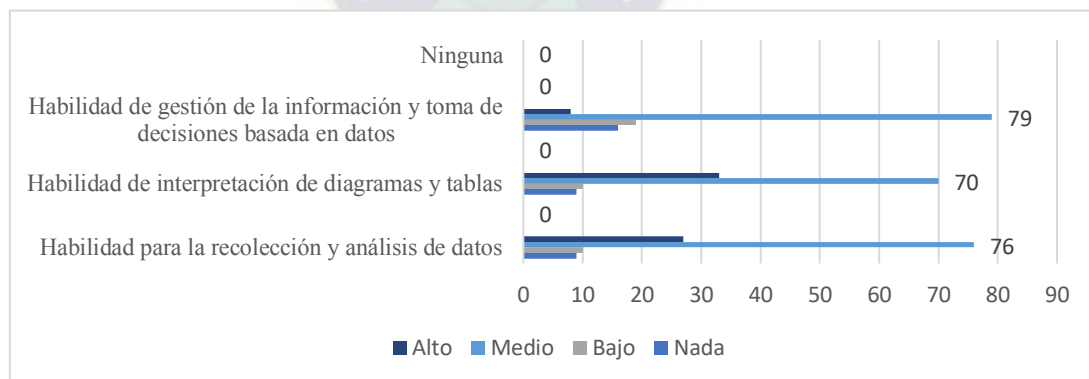
**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos del Anexo B-6: Anexo B-8.

Según los datos obtenidos de la encuesta de formación de Ingeniería Industrial, se ve que la mayoría de los encuestados, un 62,3%, que estaban de acuerdo en que la carrera les había dotado de habilidades prácticas para planificar, programar y controlar la producción utilizando herramientas digitales. Sin embargo, es importante destacar que una pequeña mayoría, concretamente el 5,74%, afirmó no conocer estas herramientas digitales. Estos resultados indican la necesidad de explorar posibles brechas en la formación en herramientas digitales en las carreras de Ingeniería Industrial, teniendo en cuenta quienes desconocen estas herramientas.

#### 4. Habilidad para usar herramientas de planeación, programación y control de la producción:

Con esta pregunta se pretende evaluar las habilidades del encuestado en el uso de herramientas de planeación, programación y control de la producción. La respuesta en cada habilidad permite al encuestado indicar su nivel de competencia en esta habilidad específica, utilizando una escala que va desde "nada" hasta "alto".

**Gráfica 6-4: Habilidad de uso de herramientas de planeación, programación y control de la producción**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos del Anexo B-9.

Los resultados de la encuesta muestran que la mayoría de los encuestados tienen habilidades significativas en la gestión de información y la toma de decisiones basada en datos, y 79 personas reportó habilidades medio bajo en esta área. Cuando se trata de interpretar diagramas y tablas, 70 personas de los encuestados tienen habilidades de

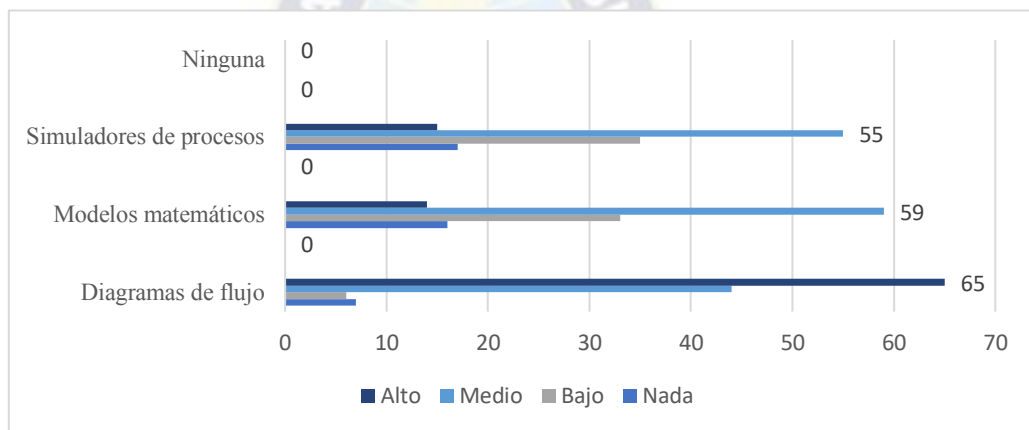


medias a altas en la interpretación visual de datos. Y 76 personas reportaron tener habilidades medias altas en el área recolección y análisis de datos. Con estos datos podemos rescatar que los estudiantes cuentan con las habilidades básicas de un ingeniero industrial de esta forma se puede potencializarlos aún más.

### 5. Utilización de herramientas de simulación:

Con esta pregunta se busca obtener información sobre las habilidades específicas que posee el encuestado en relación con la utilización y evaluación de estas herramientas.

**Gráfica 6-5: Nivel de uso de herramientas de simulación**



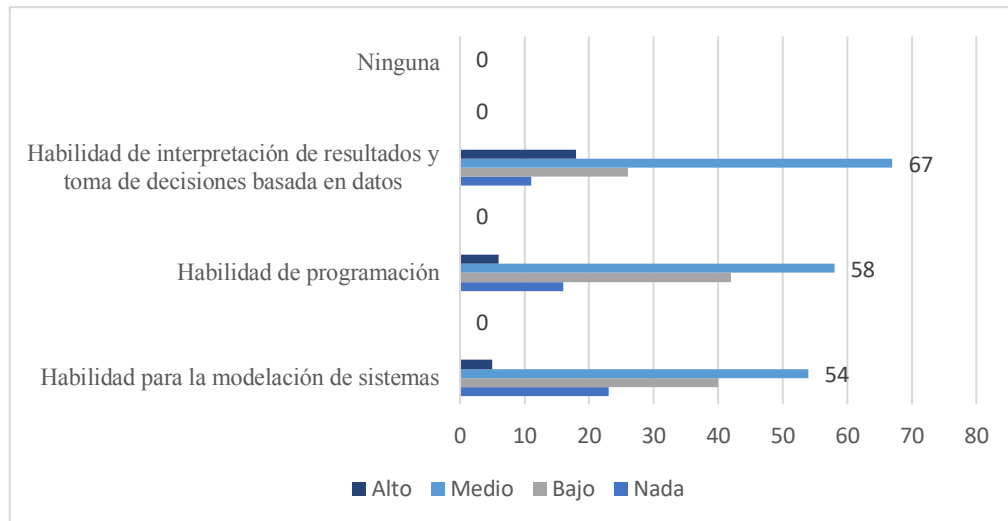
**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos del Anexo B-10.

Los resultados de la encuesta muestran que la mayoría de los encuestados 65 afirmaron tener conocimientos medios a altos en el uso diagramas de flujo. Así también 59 de los encuestados tiene un nivel medio bajo del uso de modelos matemáticos, y así también 55 de los encuestados tiene un nivel medio bajo de uso de simuladores de proceso como herramienta. Este hallazgo resalta la importancia de abordar posibles brechas en la capacitación o el acceso a recursos que pueden afectar la adquisición de habilidades de simulación de procesos.

### 6. Habilidad para usar herramientas de simulación de procesos y su evaluación:

Con esta pregunta se busca obtener información sobre las habilidades específicas que posee el encuestado en relación con la utilización y evaluación de estas herramientas.

**Gráfica 6-6: Habilidad de uso de herramientas de simulación de procesos y su evaluación**



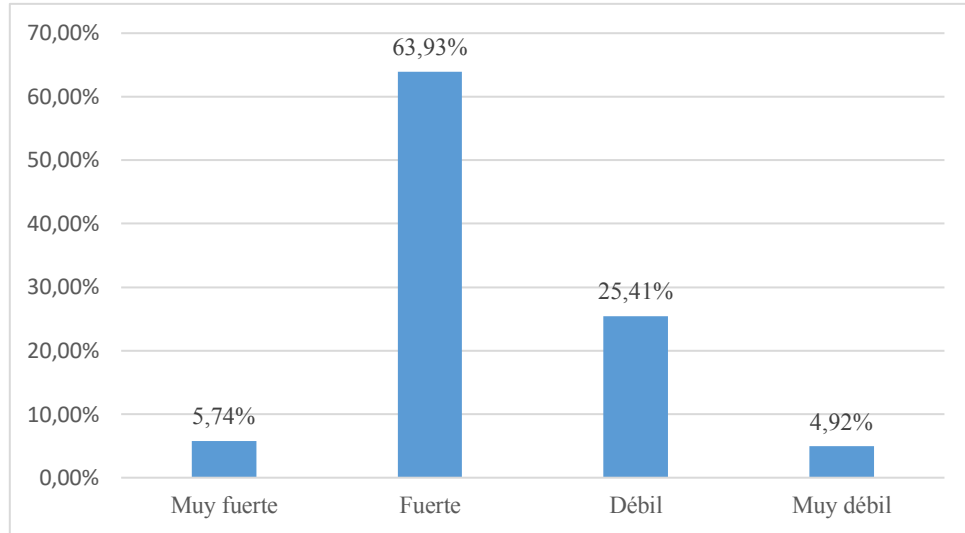
**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos del Anexo B-11.

El gráfico muestra que la mayoría de los estudiantes poseen una alta habilidad en la interpretación de resultados y toma de decisiones basada en datos 67 encuestados, mientras que las habilidades de programación 58 encuestados y modelación de sistemas presentan una competencia moderada 54 encuestados. Aunque ningún estudiante carece completamente de estas habilidades, hay margen para mejorar en programación y modelación. Se deben enfocar en fortalecer estas áreas, manteniendo al mismo tiempo el alto nivel alcanzado en la interpretación de datos para asegurar una formación integral en habilidades relacionadas con la Industria 4.0.

#### **7. Relación entre las habilidades que se desarrolla en la malla académica y las habilidades mencionadas en la pregunta 4:**

Con esta pregunta se busca comprender cómo se relacionan las habilidades desarrolladas a través de la malla académica con las habilidades necesarias para trabajar en la planeación, programación y control de la producción, y calificar su nivel de uso.

**Gráfica 6-7: Relación de las habilidades que se desarrolla en la malla académica y las habilidades mencionadas en la pregunta 4**



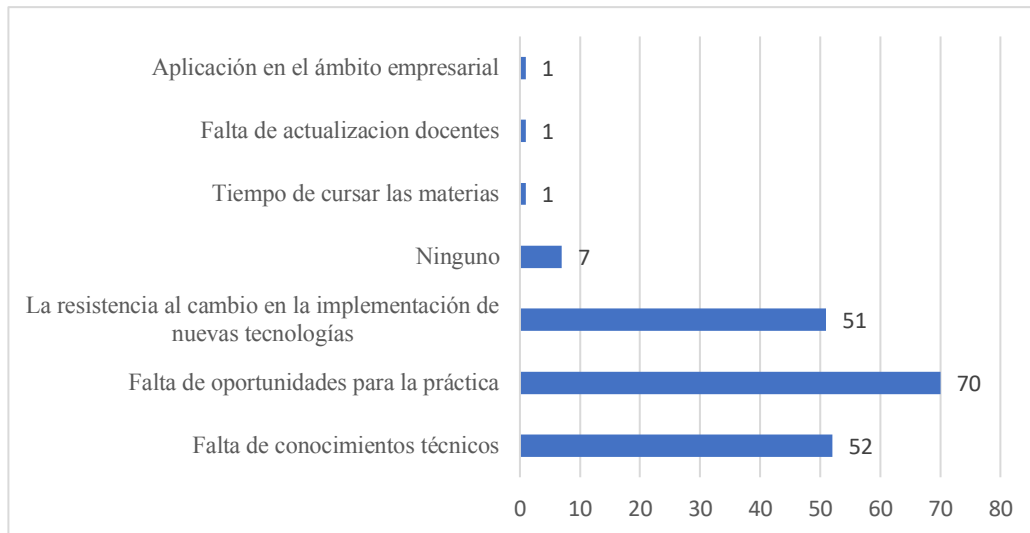
**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos del Anexo B-12.

El gráfico muestra la percepción de los estudiantes sobre la solidez de su formación en temas relacionados con la Industria 4.0. La mayoría de los estudiantes (63.93%) considera que su formación es "fuerte", mientras que un 25.41% la califica como "débil". Un pequeño porcentaje la percibe como "muy fuerte" (5.74%) o "muy débil" (4.92%). Estos resultados indican una tendencia positiva en la preparación académica, aunque todavía hay una proporción significativa de estudiantes que sienten que su formación podría mejorarse.

#### **8. Identificación de brechas o dificultades en la formación:**

Con esta pregunta se pretende identificar las brechas que el encuestado ha observado en su proceso de formación académica

**Gráfica 6-8: Identificación de brechas o dificultades en la formación**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos del Anexo B-13.

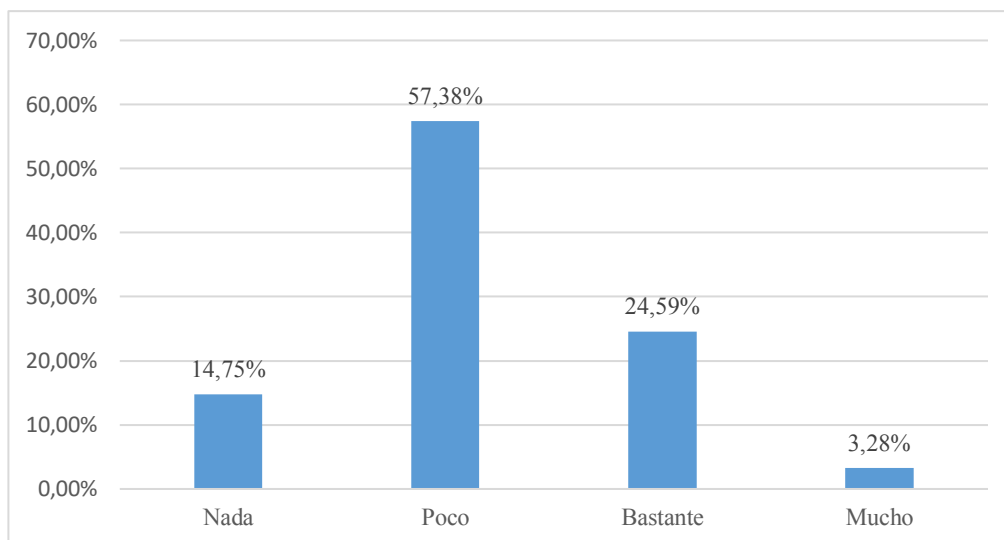
El gráfico muestra los factores que influyen en la efectividad de la enseñanza de conceptos relacionados con la Industria 4.0 según los estudiantes. La principal preocupación es la "falta de oportunidades para la práctica", mencionada por 70 encuestados, seguida de la "falta de conocimientos técnicos" con 52 respuestas y la "resistencia al cambio en la implementación de nuevas tecnologías" con 51 respuestas. Otros factores como la "falta de actualización de los docentes", "tiempo de cursar las materias", y "aplicación en el ámbito empresarial" fueron mencionados solo por una persona cada uno, mientras que 7 estudiantes indicaron "ninguno".

- **Formación en Industria 4.0**

- 1. Familiaridad del concepto de Industria 4.0:**

Con esta pregunta se pretende determinar el nivel de conocimiento del concepto de Industria 4.0.

**Gráfica 6-9: Familiaridad con el concepto de Industria 4.0**



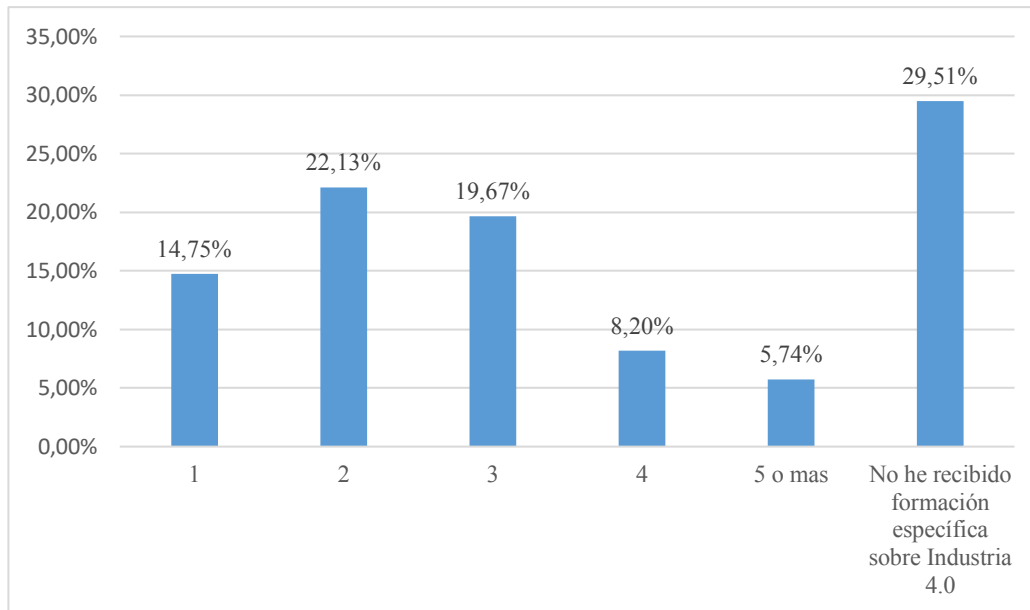
**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos del Anexo B-14.

Los resultados de la encuesta indica que el 43% de las personas están familiarizadas con el concepto, mientras que el 57% no lo están, evidenciando una brecha significativa en el conocimiento de esta revolución industrial. Detalles adicionales del gráfico muestran que el 24,59% están "bastante familiarizadas", el 14,75% "muy familiarizadas" y el 3,28% "nada familiarizadas" con el concepto. En general, se destaca la necesidad de incrementar la educación y concienciación sobre la Industria 4.0.

## **2. Asignaturas donde se recibió formación específica sobre tecnologías y conceptos relacionados con Industria 4.0:**

Con esta pregunta se pretende determinar si el estudiante encuestado ha recibido formación específica sobre tecnologías y conceptos relacionados con la Industria 4.0, dentro de su programa de ingeniería industrial, y en qué medida se ha abordado este tema en su plan de estudios.

**Gráfica 6-10: Número de asignaturas con relación a la industria 4.0**



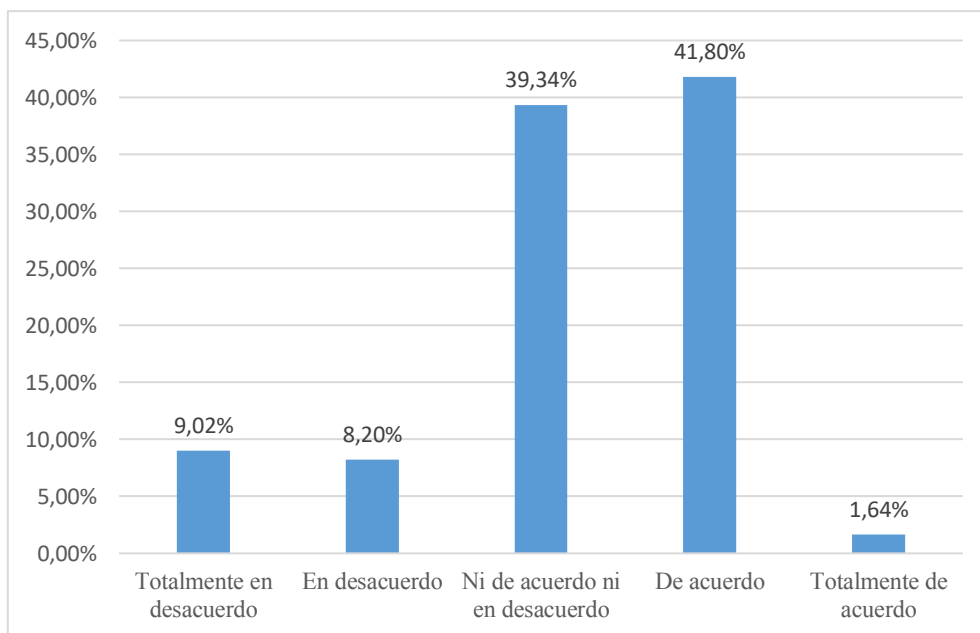
**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos del Anexo B-15.

Los resultados de la encuesta revelan que un 14,75% indica haber tenido formación en una asignatura, mientras que el 22,13% ha recibido esta capacitación en dos asignaturas. Además, un 19,67% reporta haber tenido formación en tres asignaturas, y un 8,2% en cuatro asignaturas. Destaca que un 5,74% ha recibido formación en cinco o más asignaturas, indicando una exposición más extensa a los temas de la Industria 4.0 en su plan de estudios. Pero se resalta que la mayoría de los encuestados con un 29,51%. No ha recibido formación específica sobre industria 4.0.

### **3. Proporción de los conocimientos teóricos necesarios básicos para entender y aplicar las tecnologías de la industria 4.0 (fabrica inteligente):**

Con esta pregunta se pretende evaluar si las materias que el usuario ha cursado le han proporcionado los conocimientos teóricos básicos necesarios para comprender y aplicar las tecnologías relacionadas con la Industria 4.0.

**Gráfica 6-11: Proporción de conocimientos teóricos acerca de la industria 4.0**



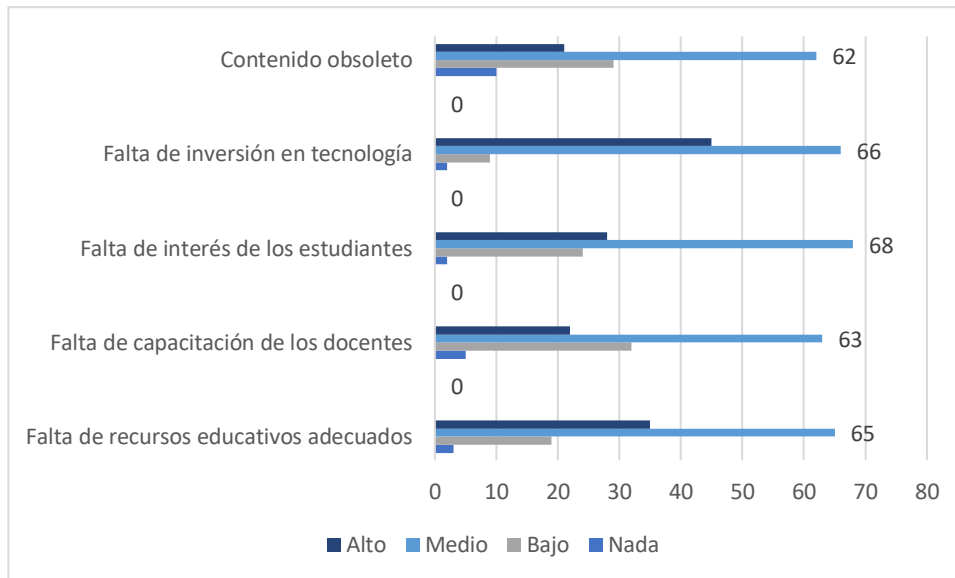
**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos del Anexo B-16.

Según los resultados recogidos, el 9,02% de los encuestados afirmó estar “totalmente en desacuerdo” con esta afirmación, mientras que el 8,2% dijo estar “en desacuerdo”. Por otro lado, el 39,34% dijo estar “ni de acuerdo ni en desacuerdo” y el 41,8% dijo estar “de acuerdo”. Sólo un pequeño porcentaje, el 1,64%, dijo estar “totalmente de acuerdo”. Estos datos sugieren que existen diferentes opiniones respecto a la eficacia de las asignaturas en la enseñanza de conocimientos teóricos básicos relacionados con la Industria 4.0, lo que quizás indica la necesidad de revisar y mejorar la inclusión de contenidos relacionados con las tecnologías de la Industria 4.0 en el plan de estudios.

#### **4. Factores que afectan la formación de ingenieros industriales, relacionado con la simulación con tecnologías de punta:**

El propósito de esta pregunta es obtener una perspectiva del usuario sobre los posibles desafíos o influencias que pueden afectar la adopción y aplicación de estas tecnologías en la formación de ingenieros industriales.

**Gráfica 6-12: Factores que afectan a la formación de ingenieros industriales**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos del Anexo B-17.

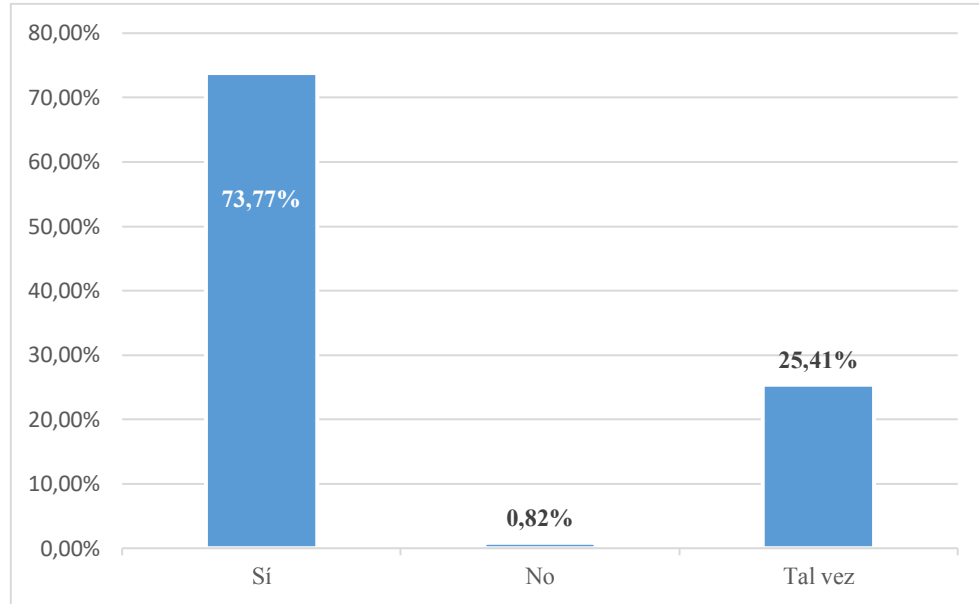
Los datos de la encuesta proporcionan una imagen detallada de cómo los encuestados ven varios factores que pueden influir en la formación de ingenieros industriales con respecto a la simulación de procesos y la aplicación de tecnologías avanzadas. En cuanto a la falta de recursos educativos adecuados, hubo una distribución significativa de las respuestas, donde el 65 de los encuestados calificó este factor en un nivel medio a alto. En cuanto a la falta de formación docente, 63 de los encuestados calificó este factor en un nivel medio a bajo. La falta de interés de los estudiantes fue considerada un factor que afecta la formación de ingenieros industriales por 68 de los participantes encuestados, mientras que la falta de inversión en tecnología fue considerada un desafío por 66 de los participantes. Por último 62 de los encuestados consideró que el contenido obsoleto era una preocupación. Estos conocimientos resaltan la importancia de abordar estos desafíos para garantizar una formación en ingeniería industrial eficaz y actualizada.

#### **5. Percepción de ventaja competitiva en el mercado laboral gracias a la formación en la industria 4.0:**

La pregunta busca explorar la percepción del usuario sobre el valor y la relevancia de esta formación en relación con las oportunidades laborales y la demanda en el mercado actual.



**Gráfica 6-13: Ventaja competitiva en el mercado laboral gracias a la formación de industria 4.0**



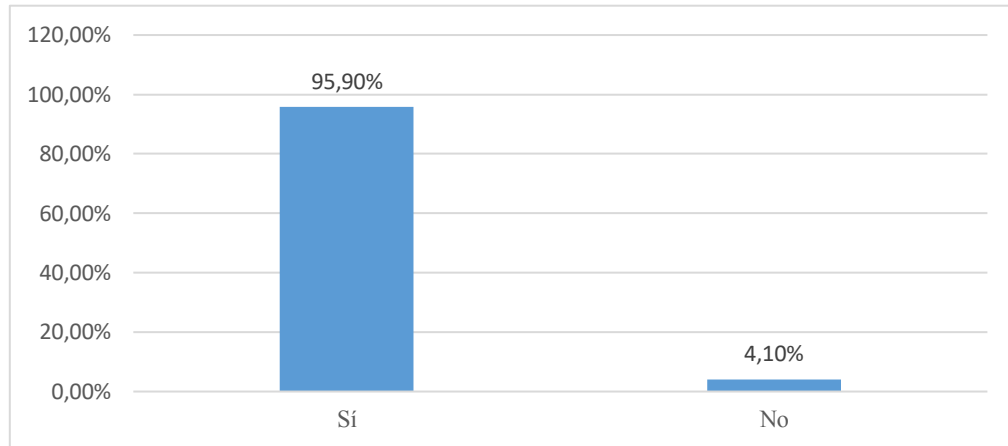
**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos del Anexo B-18.

El objetivo de la pregunta era examinar la perspectiva de los encuestados sobre si creen que la formación en Industria 4.0 les dará una ventaja competitiva en el mercado laboral después de graduarse. Los resultados muestran una tendencia mayoritariamente positiva, con un 73,77% de los participantes respondiendo "sí", lo que indica que creen que esta formación les dará una ventaja competitiva. Por otro lado, un 25,41% respondió "tal vez", lo que sugiere confusión o duda sobre la influencia directa de esta formación en sus perspectivas laborales. Sólo un pequeño porcentaje, el 0,82%, expresó una percepción negativa y afirmó que no cree que la formación en Industria 4.0 les proporcione una ventaja competitiva en el mercado laboral. Estos datos reflejan la importancia percibida de la formación en Industria 4.0 en el contexto laboral, pero también indican cierta incertidumbre entre algunos encuestados.

**6. Consideración a recibir oportunidades de aprendizaje relacionadas con la industria 4.0:**

Con esta pregunta se busca comprender la percepción del usuario sobre la relevancia y el valor de estar bien versado en conceptos y tecnologías de la Industria 4.0 en el entorno educativo y laboral actual.

**Gráfica 6-14: Consideración a recibir oportunidades gracias a la industria 4.0**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos del Anexo B-19.

La pregunta fue diseñada para obtener las opiniones de los encuestados sobre su interés en ampliar las oportunidades de aprendizaje relacionadas con la Industria 4.0. Los resultados muestran una marcada inclinación hacia el interés en ampliar las oportunidades de aprendizaje en estas áreas, con un impresionante 95,90% de los participantes respondiendo afirmativamente. Este alto porcentaje sugiere una alta demanda y reconocimiento de la importancia de adquirir conocimiento en nuevas tecnologías asociadas a la Industria 4.0. Por otro lado, un pequeño pero significativo 4,1% dijo que no estaba interesado en buscar oportunidades de formación adicionales en estas áreas. Estos resultados indican un claro apoyo de la mayoría de los encuestados a ampliar su aprendizaje en áreas clave de la Industria 4.0, destacando la necesidad percibida de conocer bien estas tecnologías en el entorno educativo y laboral actual.

## **6.2.4 Análisis del Sector Docente**

### **6.2.4.1 Metodología**

Inicialmente mediante la información secundaria se identifica datos (brechas y factores de los estudiantes según la malla curricular de estudios) y las necesidades para adaptarse a la

industria 4.0, para posteriormente iniciar con la información primaria se realizará con la recolección de datos que se obtendrán directamente de los docentes.

#### 6.2.4.2 Determinación del tamaño muestral aplicado al sector Docente

Para este punto tomaremos en cuenta a los docentes de la facultad de ingeniería industrial según la malla curricular plan académico 2015. Debido a que el Laboratorio Didáctico es para Ingenieros Industriales con enfoque de industria 4.0 de la carrera de Ingeniería Industrial se tratará de obtener los datos directamente del área de ciencias con los docentes del Cuadro 6-5. Pero para la mayor obtención de datos se tomó en cuenta a todos los docentes en nómina de la carrera Ingeniería Industrial, según los datos obtenidos se encontró un total de 49 docentes, por lo que se tomara en cuenta a todos y se utilizará los datos de los docentes que puedan colaborar en responder la encuesta.

**Cuadro 6-5: Segmento de muestreo del área Docente**

| MATERIA DICTADA  | DOCENTE                               |
|--|---------------------------------------|
| Procesos de Manufactura                                | Aguilar Mamani Abad Luis              |
|  | Kaune Sarabia Carla Lizett            |
| Operaciones Unitarias 1                                | Hernani Diaz Javier Gonzalo           |
| Operaciones Unitarias 2                                | Mobarec Clavijo Hugo Alberto          |
| Operaciones Unitarias 3                                | Parraga Andrade Boris Ignacio         |
| Control de estadística de Calidad y Laboratorio        | Teran Modregon Oswaldo<br>Fernando    |
| Métodos y Laboratorio                                  | Fernandez Rocha Juan Pablo            |
| Seguridad Industrial y Salud Ocupacional y Laboratorio | Amusquivar Caballero Ahmed<br>Ernesto |
| Diseño Industrial y Laboratorio                        | Flores Portal Walter Antonio          |
| Tecnología de Alimentos y Laboratorio                  | Torrico De Negron Gabriela Nadia      |
| Automatización y Laboratorio                           | Aguilar Mamani Abad Luis              |
| Diseño de Procesos Industriales 1                      | Yucra Rojas Miguel                    |
| Diseño de Procesos Industriales 2                      | Vargas Pacheco Aldo Felipe            |

**Fuente:** Elaboración con base en datos de división de sistemas de información y estadística al año 2024

#### 6.2.4.3 Formato de encuesta

Para obtener los datos necesarios se realizará mediante la investigación descriptiva, el cual se hace el uso de encuestas. Las encuestas se realizarán en línea vía Plataformas de

encuestas ver Anexo B-2, el siguiente cuadro muestra las preguntas a realizar y su objetivo.

**Cuadro 6-6: Encuesta a Docentes**

| <b>Pregunta</b>   | <b>Objetivo</b>  |
|---|--|
| 3. ¿Ha recibido alguna capacitación específica sobre Industria 4.0 en los últimos 3 años?   | Evaluar si los docentes han recibido formación reciente en tecnologías y conceptos de la Industria 4.0, lo que puede influir en su capacidad para enseñar estos temas de manera efectiva.                        |
| 4. ¿Cuáles de los siguientes temas relacionados con la Industria 4.0 conoce y ha trabajado con ellos? (Seleccione todas las que apliquen)   | Identificar los conocimientos específicos y la experiencia práctica que tienen los docentes en diversos aspectos de la Industria 4.0   |
| <b>Opinión sobre la preparación de los estudiantes</b>  |  |
| 1. ¿En qué nivel considera que el actual currículo de la carrera de Ingeniería Industrial aborda adecuadamente los temas relacionados con la Industria 4.0 mencionados en la anterior pregunta? | Evaluar la percepción de los docentes sobre la adecuación del currículo actual en cubrir los temas cruciales de la Industria 4.0, proporcionando una visión de las posibles deficiencias en el plan de estudios. |
| 2. ¿Qué factores considera que influyen en la efectividad de la enseñanza de estos conceptos?   | Identificar los factores que los docentes consideran que afectan la enseñanza efectiva de los conceptos de la Industria 4.0, lo que ayudará a entender los obstáculos y las áreas que necesitan mejoras.         |
| 3. ¿Cuáles son las principales brechas que observa en la educación de los estudiantes en relación con la Industria 4.0? (Seleccione todas las que apliquen)                                     | Determinar las brechas específicas que los docentes perciben en la educación de los estudiantes respecto a la Industria 4.0  |
| 4. ¿Qué cambios sugeriría para mejorar la integración de la Industria 4.0 en el programa de estudios? (Seleccione todas las que apliquen)   | Recoger sugerencias de los docentes sobre cómo mejorar la integración de la Industria 4.0 en el plan de estudios.  |

#### **6.2.4.4 Tamaño de la muestra**

Para la recolección de datos, se establece la cantidad de encuestas necesarias con el fin de recolectar información de la fuente primaria, en este caso, se tomó en cuenta a los docentes

con disponibilidad de participación del total de la nómina de esta forma el tamaño de la muestra fue de 12 docentes universitarios.

#### 6.2.4.5 Tabulación y análisis de datos

El análisis de la información recaudada y su interpretación serán mediante el método Cuantitativo y Cualitativo, mediante gráficos estadísticos como: Diagramas circulares, grafico de barras, tablas, etc.

A continuación, se especifican las preguntas de la encuesta:

##### 1. Materias encuestadas:

A continuación, se muestran las materias de los docentes que tuvieron la disponibilidad de responder la encuesta:

**Cuadro 6-7: Materias encuestadas**

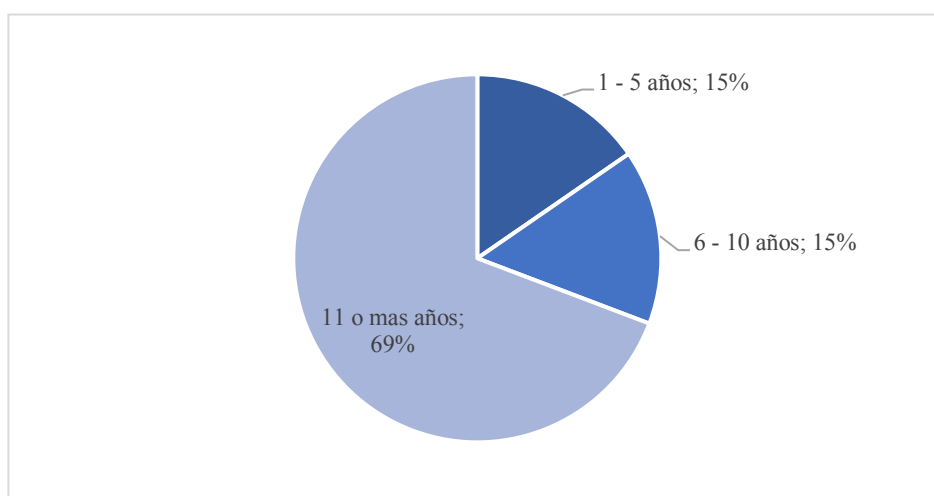
| Nº | Materias encuestadas                         |
|----|--|
| 1  | Tecnología de alimentos y gestión de calidad |
| 2  | Ingeniería de costos                         |
| 3  | Ingeniería de métodos                        |
| 4  | Administración Industrial                    |
| 5  | Química general y laboratorio                |
| 6  | —  |
| 7  | Taller de proyecto de grado                  |
| 8  | Diseño de procesos industriales              |
| 9  | Metodología de investigación                 |
| 10 | Ingeniería Económica                         |
| 11 | Marketing                                    |
| 12 | Laboratorio Fisicoquímica                    |

**Fuente:** Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2023

##### 2. Años de experiencia en la docencia de ingeniería industrial

Como se ve en la siguiente grafica dice que la mayoría de los docentes (69%) cuenta con más de 11 años de experiencia, lo que indica un cuerpo docente mayoritariamente experimentado. Un 15% tiene entre 1-5 años y otro 15% entre 6-10 años de experiencia.

**Gráfica 6-15: Años de experiencia en la docencia**

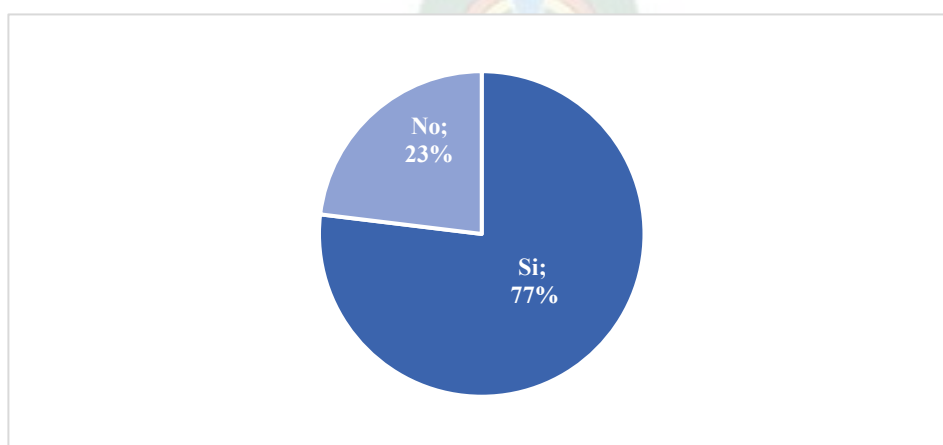


**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos del Anexo

### **3. Capacitación específica de industria 4.0**

En cuanto a la capacitación nos dice que el 77% de los docentes ha recibido capacitación en Industria 4.0 en los últimos tres años, lo que sugiere un esfuerzo significativo por mantenerse actualizados en tecnologías emergentes. El 23% no ha recibido capacitación.

**Gráfica 6-16: Capacitación de los docentes en industria 4.0**

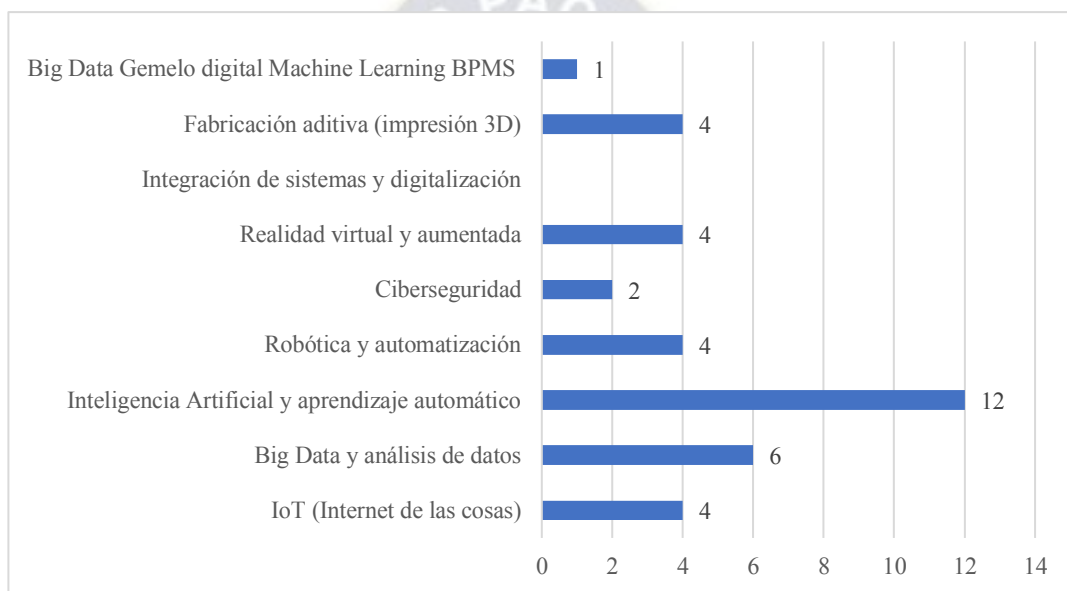


**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos del Anexo

#### 4. Conocimiento de temas en industria 4.0

Los temas más dominados por los docentes son Inteligencia Artificial (12 de 13), Big Data (6 de 13), y otros como IoT, Realidad Virtual y Aumentada, e Impresión 3D, lo que refleja una comprensión diversa, pero con mayor énfasis en IA.

**Gráfica 6-17: Conocimiento de temas en industria 4.0 por los docentes**



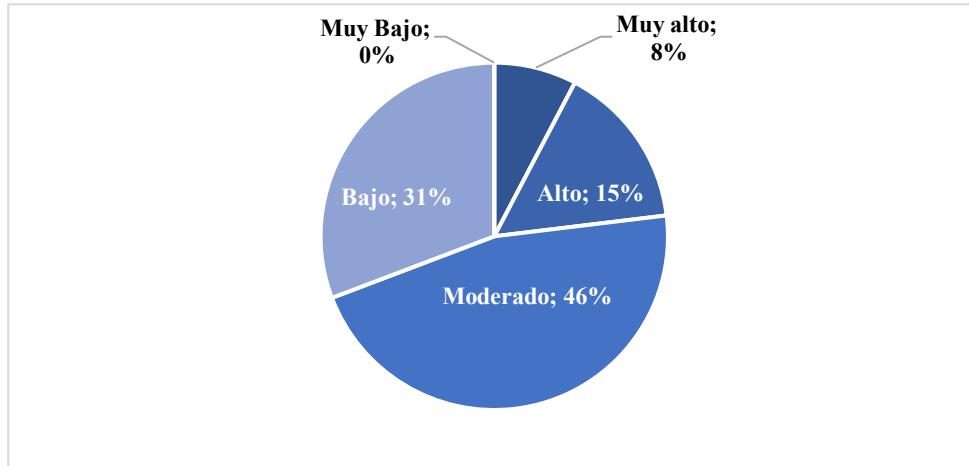
**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos del Anexo

#### Opinión sobre la preparación de los estudiantes

##### 1. A bordo de temas relacionados con industria 4.0

El 46% de los docentes cree que los temas de Industria 4.0 se abordan de manera moderada en el contenido, mientras que el 31% percibe un abordaje bajo y solo el 15% considera que se trata de manera amplia, indicando una posible necesidad de mayor integración en el currículo.

**Gráfica 6-18: Abordo de temas en la preparación de los estudiantes**

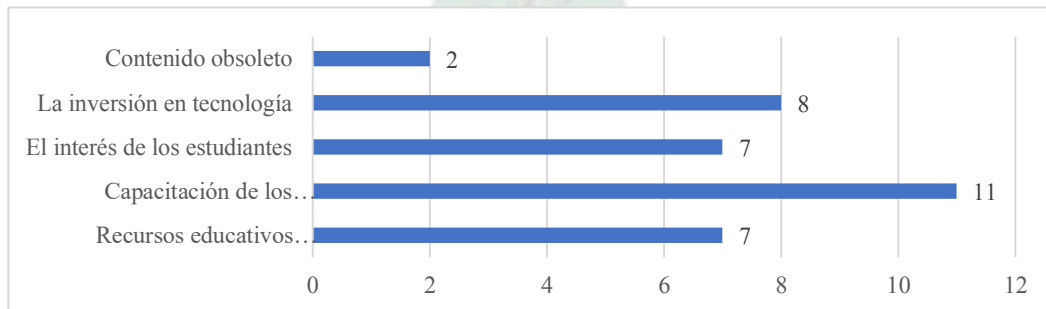


**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos del Anexo

## 2. Factores influyentes en la efectividad de la enseñanza

La mayoría de los docentes (11) considera que la capacitación docente es clave para mejorar la enseñanza. Otros factores incluyen la inversión tecnológica (8) y la adecuación de los cursos educativos (7). Solo 2 docentes mencionan el contenido obsoleto como un factor influyente.

**Gráfica 6-19: Factores influyentes en la efectividad de la enseñanza**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos del Anexo

## 3. Brechas que se observan en la educación de los estudiantes

Las principales brechas señaladas son la escasez de prácticas y proyectos aplicados (8 docentes) y la insuficiente integración tecnológica en el programa de estudios (7



docentes). También se menciona la falta de conocimientos teóricos en nuevas tecnologías (6 docentes), y un docente apunta a la falta de interés de los estudiantes en la investigación.

**Gráfica 6-20: Brechas percibidas en la educación por los docentes**

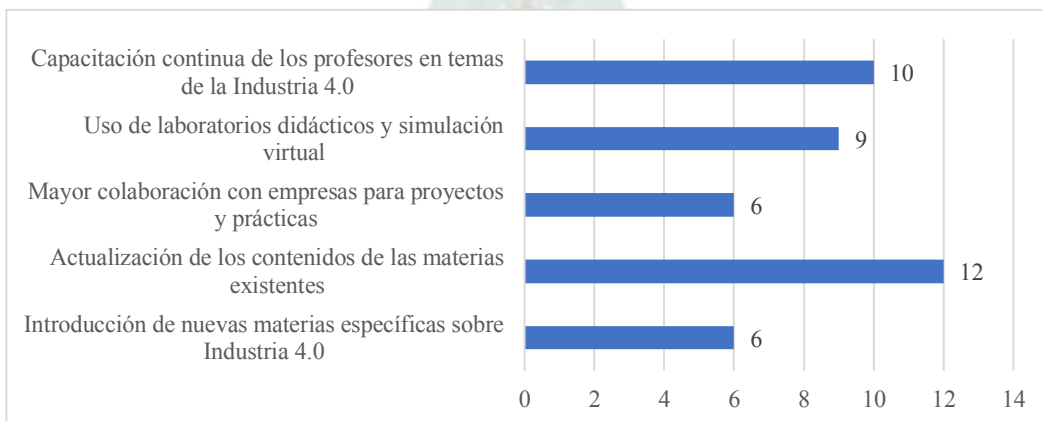


**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos del Anexo

#### 4. Sugerencia de cambios en la educación para la mejora del programa de estudios

Los docentes sugieren principalmente la actualización de contenidos en materias existentes (12), la capacitación continua en Industria 4.0 (10), el uso de laboratorios didácticos y simulación virtual (9), y la mayor colaboración con empresas junto con la introducción de materias específicas de Industria 4.0 (6).

**Gráfica 6-21: Sugerencia de cambios en la educación para la mejora**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos del Anexo

### 6.2.5 Identificación de las brechas en la formación actual

Para este punto se destacarán las dos brechas más importantes en la formación actual según la opinión de ambos grupos.

**Docentes:** Los docentes consideran que la escasez de prácticas y proyectos aplicados y la insuficiente integración tecnológica en el programa de estudios son brechas importantes que deberían ser analizadas para una mejor educación.

**Estudiantes:** Los estudiantes consideran como brechas o dificultades la falta de oportunidades para la práctica y la falta de conocimientos técnicos, para una buena educación.

De esta forma considerando la opinión de ambos grupos y al combinarlos se encontraron las dos brechas más importantes en la formación:

1. **Escasez de Prácticas y Proyectos Aplicados:** Tanto docentes como estudiantes coinciden en que la falta de oportunidades prácticas es una brecha significativa en la educación. La ausencia de proyectos aplicados limita la capacidad de los estudiantes para adquirir experiencia práctica, lo que es esencial para su formación en la industria.
2. **Insuficiente Integración Tecnológica y Conocimientos Técnicos:** Ambos grupos también señalan la falta de integración tecnológica en el programa de estudios y la carencia de conocimientos técnicos como brechas críticas. La actualización del currículum y la inclusión de tecnología relevante son necesarias para preparar adecuadamente a los estudiantes para los desafíos de la Industria 4.0.

### 6.2.6 Factores que afectan a la formación

Para este punto se destacarán los dos factores más importantes según la opinión de ambos grupos.

**Docentes:** La mayoría de los docentes considera que la capacitación docente es clave para mejorar la enseñanza y otro factor influyente es la inversión tecnológica y la adecuación de los cursos educativos.

**Estudiantes:** Los estudiantes consideran como factor importante la falta de interés de los estudiantes así también otro factor relevante para los estudiantes es la falta de inversión en tecnología y la falta de recursos educativos adecuados.

De esta forma considerando la opinión de ambos grupos y al combinarlos se podría definir dos factores clave que afectan la educación

1. **Capacitación Docente e Inversión Tecnológica:** Tanto docentes como estudiantes coinciden en que la capacitación continua de los docentes y la inversión en tecnología son cruciales para mejorar la calidad de la enseñanza.
2. **Interés de los Estudiantes y Recursos Educativos Adecuados:** Otro factor importante es la necesidad de incrementar el interés de los estudiantes, lo que puede estar relacionado con la falta de recursos educativos adecuados. La actualización de los contenidos y la provisión de recursos innovadores son esenciales para captar la atención de los estudiantes y mantener su motivación en el aprendizaje.

### **6.3 Competencias y Tecnologías clave para la ingeniería industrial 4.0**

La automatización de procesos de fabricación es un método para construir sistemas complejos utilizando tecnologías como sistemas neumáticos, hidráulicos y brazos robóticos. Según el grado de producción y las necesidades de las empresas. La automatización industrial es la aplicación de tecnología a los procesos de producción para realizar tareas repetitivas de forma automática con la mínima intervención humana. La automatización de procesos industriales es un componente crucial para mejorar el rendimiento de las empresas dedicadas a la manufactura y la fabricación.

#### **6.3.1 Competencias**

De acuerdo al análisis realizado en el Cuadro 6-1 integrando las competencias necesarias para un ingeniero industrial según el libro blanco de la UMSA y las necesidades requeridas por la industria 4.0 rescatamos la siguiente lista de competencias específicas requeridas para un ingeniero industrial 4.0.

- Implementar sistemas de Inteligencia Artificial y Robótica en entornos industriales.
- Utilizar tecnologías del Internet de las Cosas para mejorar la eficiencia operativa
- Aplicar Realidad Virtual y Aumentada para simulación y entrenamiento
- Integrar Manufactura Aditiva en procesos de producción para prototipos y productos personalizados.
- Utilizar tecnologías de Cadena de Bloques para asegurar la integridad de la cadena de suministro
- Analizar grandes volúmenes de datos utilizando Big Data y técnicas avanzadas de análisis
- Implementar herramientas de Computación en la Nube para almacenamiento y procesamiento de datos

Para poder realizar el Laboratorio Didáctico para Ingenieros Industriales con enfoque de industria 4.0 de este proyecto de grado se requiere verificar las necesidades de las materias específicas del área académica Ciencias de Tecnología Industrial de la malla curricular plan académico 2015 tanto de la carrera de Ingeniería Industrial e Ingeniería Industrial Amazónico los cuales son:

- a) Procesos de manufactura
- b) Operaciones Unitarias I, II y III
- c) Control Estadístico de la Calidad y Laboratorio
- d) Ingeniería de Métodos y Laboratorio
- e) Seguridad Industrial y Salud ocupacional y Laboratorio
- f) Diseño Industrial y Laboratorio
- g) Tecnología de Alimentos y Laboratorio
- h) Automatización y Laboratorio
- i) Diseño de procesos Industriales I, II y III
- j) Elementos para Procesos Agroindustriales

Analizamos las competencias específicas integradas de la nueva ingeniería industrial 4.0 y los objetivos propuestos para cada materia en el plan de estudios ver Anexo B-4, de los cuales nos resulta una lista de posibles temas para abordar en el Laboratorio Didáctico para Ingenieros Industriales con enfoque de industria 4.0, adoptando tecnologías de punta, ver Anexo B-5.

En coordinación con la empresa Didactech S.R.L. procedemos a elegir el tema para abordar en el laboratorio didáctico de este proyecto ver el siguiente cuadro.

**Cuadro 6-8: Tema para el laboratorio Didáctico de este proyecto**

| Materia                      | Posibles temas para abordar como laboratorios   |
|------------------------------|---|
| AUTOMATIZACION Y LABORATORIO | Automatización de procesos de producción mediante robótica industrial.                              |
|                              | Uso de la Computación en la Nube para el almacenamiento y procesamiento de datos de automatización. |

**Fuente:** Elaborado con base a Anexo B-5.

### 6.3.2 Tecnologías

Una vez definido el tema a abordar, como se mencionó anteriormente el proyecto va de la mano con la empresa Didactech la que es representante oficial en Bolivia de la marca FESTO, empresa reconocida a nivel mundial la cual se dedica a la didáctica impartiendo cursos de formación en automatización industrial. Para lo que se propone presentar una propuesta para un Laboratorio Didáctico con el programa CIROS de FESTO DIDACTIC ya que es la que mejor se acomoda a nuestras necesidades para adaptar la educación en ingeniería industrial a los requisitos de la Industria 4.0

El software Círos de Festo Didactic permite la capacitación profesional en entornos de aprendizaje virtual relacionados con la automatización industrial. Los módulos de ingeniería industrial de Festo Didactic se pueden simular y controlar con Círos. En esta situación, Círos simula los procesos controlados, recibe los valores de salida del PLC y luego transmite los valores actuales de los sensores a las entradas del PLC a través de EasyPort.

## **7 DISEÑO CONCEPTUAL DEL LABORATORIO DIDACTICO**

### **7.1 Descripción general del diseño**

En este proyecto de grado se presentara como Laboratorio Didáctico un “Manual de Conexión y Obtención de Datos de Estaciones MPS en CIROS de Festo Didactic” cabe recalcar que los laboratorios didácticos se enfocan en brindar a los estudiantes una experiencia práctica y concreta de los conceptos teóricos que se les enseñan, en este caso será un modelo de laboratorio dirigido ya que se enfocara en la resolución de problemas específicos, proporcionando a los estudiantes un conjunto de instrucciones y objetivos a cumplir.

Como se ve en el Cuadro 6-8 el "Manual" está diseñado para la materia de Automatización y laboratorio, en ingeniería industrial es una herramienta integral diseñada para sumergir a los estudiantes en aplicaciones prácticas de tecnologías avanzadas de Industria 4.0. Este laboratorio didáctico se centra en la adquisición de datos de gemelos digitales de estaciones MPS diseñadas en CIROS de Festo, proporcionando una experiencia práctica que combina teoría y práctica.

El enfoque principal del manual está alineado con los principios básicos de la Industria 4.0, explorando la automatización de los procesos productivos mediante la integración de robots industriales. El uso de la computación en la nube como herramienta para el almacenamiento y procesamiento de datos resalta la relevancia contemporánea de la gestión de datos en entornos industriales avanzados.

Las prácticas presentadas dentro del manual, van desde la instalación de programas hasta la creación de pantallas en SCADA industrial, cada una se construyen paso a paso, permitiendo a los estudiantes adquirir habilidades paso a paso. Prácticas como la simulación de estaciones MPS en CIROS y la conexión a OPC proporcionan un entorno realista para la aplicación de conocimientos teóricos y fomentan el desarrollo de habilidades prácticas necesarias para la industria.

En resumen, este manual no sólo proporciona conocimientos técnicos, sino que también guía a los estudiantes a través de experiencias prácticas significativas que les ayudan a

abordar desafíos del mundo real en entornos industriales cada vez más avanzados y conectados.

## **7.2 Descripción del Proceso para la Realización del Manual Didáctico**

### **7.2.1 Definición de los objetivos del laboratorio**

Los objetivos básicos para este Manual de Laboratorio son:

- 1. Integración de conceptos de Industria 4.0:** Proporcionar a los estudiantes una comprensión de conceptos clave de Industria 4.0, centrándose en conectar el gemelo digital en CIROS de las estaciones Festo MPS y adquirir datos.
- 2. Desarrollar capacidades de automatización:** Mejorar las habilidades prácticas en la automatización de procesos de producción mediante las prácticas como las simulaciones de estaciones MPS preparan a los estudiantes para afrontar situaciones reales y complejas.
- 3. Introducir el uso de tecnologías emergentes:** Familiarizar a los estudiantes con las tecnologías emergentes aprovechando la computación en la nube para el almacenamiento y procesamiento automatizado de datos. Esto les da una perspectiva práctica sobre cómo estas tecnologías impactan la gestión de datos industriales.
- 4. Desarrollar habilidades de conectividad y comunicación:** Formar a los estudiantes para mejorar las habilidades básicas en configuración y comunicación efectiva entre dispositivos en entornos industriales a través de estaciones de conectividad OPC.
- 5. Inspirar la creatividad y la resolución de problemas:** Fomentar la creatividad y la resolución de problemas a través de prácticas como el uso de Node-red para generar interfaces, lo que permite a los estudiantes diseñar soluciones personalizadas y eficientes.
- 6. Prepararse para los desafíos actuales de la industria:** Equipar a los estudiantes con las habilidades y conocimientos necesarios para enfrentar los desafíos actuales de la industria, incluida la superación de barreras como la falta de recursos educativos adecuados, capacitación docente e implementación de tecnologías avanzadas.

- 7. Promover una experiencia de aprendizaje paso a paso:** Construir prácticas paso a paso desde la instalación de programas hasta la creación de pantallas en SCADA industrial, permitiendo a los estudiantes absorber gradualmente conceptos y aplicarlos efectivamente en situaciones del mundo real.

En definitiva, el manual pretende no sólo proporcionar conocimientos técnicos sino también desarrollar las habilidades prácticas de los estudiantes y su capacidad para afrontar los desafíos de los entornos industriales modernos.

#### **7.2.1.1 Competencias a desarrollar**

Entre las competencias que podrían desarrollar se incluyen:

- **Competencias en automatización:** Aprender a automatizar procesos de producción. La capacidad de configurar y simular estaciones MPS en CIROS es parte de esto.
- **Conocimiento en Industria 4.0:** Comprensión de los conceptos y principios de la Industria 4.0, especialmente en lo que respecta a la obtención de datos de gemelos digitales.
- **Habilidades en Tecnologías Emergentes:** Experiencia en la automatización del almacenamiento y procesamiento de datos utilizando computación en la nube. Esto permite a los estudiantes usar tecnologías emergentes en entornos industriales.
- **Habilidades de conexión y comunicación:** Los estudiantes pueden conectar estaciones con OPC, lo que les permite configurar y comunicarse efectivamente entre dispositivos industriales.
- **Creatividad en la resolución de problemas:** Desarrollar habilidades creativas y capacidad para abordar desafíos prácticos, como la creación de interfaces con Node-red, que promueve soluciones innovadoras y eficientes.
- **Gestión de Datos:** Enseñar a los estudiantes las habilidades esenciales en la gestión de datos en un contexto industrial.
- **Habilidades en SCADA Industrial:** Los estudiantes pueden desarrollar habilidades específicas en la creación de pantallas en SCADA industrial, lo que les permite crear interfaces de usuario eficientes para supervisar y controlar los procesos industriales.



- **Adaptabilidad Tecnológica:** Desarrollar la capacidad para adaptarse a nuevas tecnologías y entornos, ya que el manual aborda la conexión y obtención de datos en un contexto de rápida evolución tecnológica.

### 7.2.2 Enfoque pedagógico

Para este manual se utilizará un enfoque constructivista y centrado en el estudiante, que fomente la participación activa, el descubrimiento guiado y la aplicación práctica de los conocimientos, ya que podría ser beneficioso para la enseñanza de este manual. Con este enfoque educativo completo y centrado en el estudiante puede maximizar el aprendizaje y prepararse para enfrentar desafíos en un entorno industrial basado en la Industria 4.0, para ello examinaremos primero los componentes esenciales de un enfoque pedagógico efectivo para este manual.

- **Aprendizaje Activo:** Se pretende incentivar a los estudiantes a participar activamente en las prácticas sugeridas, lo que les permitirá no solo absorber conocimientos, sino también aplicarlos en la vida real. El aprendizaje activo mejora la comprensión y la retención del conocimiento.
- **El aprendizaje colaborativo:** Este fomenta la colaboración y el trabajo en equipo entre los estudiantes. Muchas prácticas incluyen configuraciones y conexiones que pueden abordarse más eficientemente a través de la colaboración, emulando entornos industriales donde el trabajo en equipo es fundamental.
- **Evaluación Formativa:** Se utilizará evaluaciones formativas a lo largo de las prácticas para brindar retroalimentación continua y permitir ajustes en el aprendizaje. Esto facilitara la mejora continua y una comprensión más profunda.
- **Contextualización Relevante:** Se asegurará de que las prácticas estén ubicadas en contextos relevantes de la industria y la ingeniería industrial. Esto ayuda a los estudiantes a entender cómo las ideas y las tecnologías se pueden usar en el mundo real.

- **Flexibilidad en la exploración individual:** Se permitirá a los estudiantes explorar y profundizar en áreas específicas que despierten su interés particular en la Industria 4.0. Esto fomenta la especialización y la motivación intrínseca.
- **Integración de Tecnología:** Se pretende utilizar la tecnología de manera integral en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- **Enfoque Gradual:** Se estructurará las prácticas de manera progresiva, desde tareas más simples como la instalación de programas hasta tareas más complejas como la conexión de estaciones por OPC. Esto facilita la adquisición gradual de habilidades y conocimientos.

### 7.2.3 Diseño del Manual Didáctico

Para este Laboratorio Didáctico propuesto como un manual presenta los siguientes capítulos:

#### - **Capítulo 1: Introducción a la Industria 4.0 y Conceptos Básicos**

**Objetivo:** Familiarizar a los estudiantes con los principios de la Industria 4.0 y los conceptos clave del manual.

**Actividad:** Sesión teórica sobre la Industria 4.0, seguida de la identificación de los principios se aplican en la automatización y obtención de datos en entornos industriales.

#### - **Capítulo 2: Definición de Sistema de Producción Modular (MPS)**

**Objetivo:** Familiarizar a los estudiantes con los principios y el enfoque del concepto de los Sistemas de Producción Modulares Industria 4.0.

**Actividad:** Sesión teórica sobre la definición de los Sistemas de Producción Modular y el enfoque que tienen.

#### - **Capítulo 3: Objetivos y características del Sistema de Producción Modular**

**Objetivo:** Entender las características del sistema de Producción Modular específicamente de Festo siguientes.

**Actividad:** Los estudiantes entenderán el uso de los MPS como apoyo para el enfoque de industria 4.0 en sus estudios.

- **Capítulo 4: Descripción de Estaciones de Línea de Producción**

**Objetivo:** Familiarizar a los estudiantes con las características de las diferentes estaciones a estudiar en este manual.

**Actividad:** Sesión teórica acerca de las características de las estaciones a estudiar como: Descripción de los módulos de cada estación, Funcionamiento y sus Secuencias.

- **Capítulo 5: CIROS en Entornos de Aprendizaje Virtual**

**Objetivo:** Familiarizar a los estudiantes con las características de CIROS en Entornos aprendizaje virtual como CIROS Educación.

**Actividad:** Sesión teórica acerca del aprendizaje virtual y la combinación con Ciros Education utilizando las estaciones MPS.

- **Capítulo 6: Estaciones MPS en Programa CIROS**

**Objetivo:** Familiarizar a los estudiantes acerca de los gemelos digitales y su simulación.

**Actividad:** Breve sesión teórica acerca de los sistemas de producción modular en el programa de simulación de Ciros Education.

#### 7.2.4 Diseño de actividades de aprendizaje (Laboratorios)

Para las actividades de aprendizaje se diseñó un capítulo donde se incorporaron 11 laboratorios.

- **Capítulo 7: Practicas de Laboratorio**

**Objetivo:** Desarrollar las habilidades de los estudiantes de conexión y comunicación efectiva entre las estaciones mediante OPC, aplicar conocimientos en

la elaboración de pantallas para SCADA industrial, manejar un flujo de datos desde las estaciones hasta los gráficos de Power Bi.

**Actividad:** Los estudiantes realizarán las prácticas descritas a continuación donde cada una contiene su introducción, objetivos, requerimientos, desarrollo donde se describe el ejercicio, la tarea, el esquema de la situación y su respectivo procedimiento y al finalizar la práctica se cuenta con las conclusiones y recomendaciones y un pequeño cuestionario para evaluar su comprensión.

A continuación, se presenta la lista de laboratorios diseñados en el manual de los cuales 3 de ellos se pueden ver al final del documento de proyecto de grado.

#### **Lista de Laboratorios:**

- ✓ **Laboratorio 1:** Instalación de programas (1ra parte).
- ✓ **Laboratorio 2:** Simulación de las estaciones MPS por medio de software de simulación CIROS.
- ✓ **Laboratorio 3:** Conexión entre estaciones MPS (Distribución, Pick and Place y Clasificación).
- ✓ **Laboratorio 4:** Configuración inicial de Ciros Education y Opc Expert.
- ✓ **Laboratorio 5:** Adaptar el OPC a NODE-Red a través de pallets (Bibliotecas).
- ✓ **Laboratorio 6:** Agregar cliente OPC a NODE-Red a través de OPC Expert para la comunicación con CIROS.
- ✓ **Laboratorio 7:** Generación de interfaz con Node-red (Desarrollo de pantallas scada).
- ✓ **Laboratorio 8:** Instalación de programas (2da Parte).
- ✓ **Laboratorio 9:** Implementación de MYSQL como base de datos en Node-red.
- ✓ **Laboratorio 10:** Conexión de Power Bi con MYSQL.
- ✓ **Laboratorio 11:** Diseño de paneles interactivos en Power BI.

**Diagrama 7-1: Diagrama del proceso para la realización del Manual Didáctico**



**Fuente:** Elaborado con base a datos de la descripción del Proceso para la Realización del Manual Didáctico

### 7.3 Requerimiento de equipamiento y tecnología

Para llevar a cabo las prácticas descritas en el "Manual de Laboratorio de Conexión y Obtención de Datos de Estaciones MPS CIROS Festo" en un entorno de laboratorio de Ingeniería Industrial centrado en la Industria 4.0, sería necesario contar con el siguiente equipamiento y tecnología:

#### ➤ Computadoras y Software

Los softwares a utilizar para las practicas del manual son los siguientes: Ciros, Node-red, OPC Expert, Power BI, MySQL y XAMPP.

De esta manera se define las especificaciones para la computadora donde se va a definir la capacidad suficiente para ejecutar los softwares necesarios, que incluye programas de simulación, herramientas de conexión OPC, y plataformas de desarrollo SCADA, para lo que se describirá las especificaciones necesarias de cada programa para definir la especificación técnica mínima de la computadora:

**Cuadro 7-1: Especificaciones técnicas para instalación por programas**

| Programas | Procesador                                  | RAM        | Disco duro | Sistema Operativo  | CPU                       | Otras Especificaciones                      |
|-----------|---|------------|------------|--|---------------------------|---|
| CIROS     | Intel Core i5 (7a generación) o equivalente | 8 GB       | 100 GB     | Windows 10 versión 2004 o posterior                          | 1GHz o superior           | -   |
| NODE-RED  | Intel (cualquier versión)                   | 1GB a mas  | 1GB a mas  | Windows 7 o superior, o macOS, Linux                         | 1GHz o superior           | Navegador web compatible con HTML5          |
| POWER BI  | Intel Core i5 o equivalente                 | 4GB o mas  | 1GB a mas  | Windows 8.1 o superior, o Windows server 2008 R2 o posterior | 64 bits a 1GHz o superior | NET Framework 4.8 o posterior               |
| XAMPP     | Intel Core i3 o superior                    | 4 GB o más | 1GB a mas  | Windows 7, 8, 10 y 11, macOS, Linux                          | 64 bits a 1GHz o superior | -   |
| MySQL     | Intel (cualquier versión)                   | 1GB o mas  | 1GB a mas  | Windows, Linux o Mac Os                                      | 64 bits a 1GHz o superior | Servidor web, NET Framework 4.5.2 (Windows) |

**Fuente:** Información extraída con base a investigación propia

Como se puede ver en el cuadro anterior encontramos las especificaciones técnicas para elegir y poder tener una computadora acorde al funcionamiento de los programas requeridos para el manejo del manual, del cual elegiremos el de mayor capacidad para definirlo como mínimo, entonces las especificaciones para la computadora ideal serían:

- ✓ **Procesador:** Intel Core i5 o equivalente.
- ✓ **RAM:** 8 GB o mas
- ✓ **Disco Duro:** 500 GB
- ✓ **Sistema Operativo:** Windows 10 profesional
- ✓ **CPU:** 64 bits - 3.4 GHz o superior

➤ **Dispositivos de Red**

Para una comunicación estable entre las computadoras y otros dispositivos en el laboratorio de un establecimiento educativo, no es necesario utilizar un gran dispositivo de red por ello en este caso se puede utilizar un Router sencillo de especificaciones mínimas, que es un dispositivo que conecta varias redes locales o remotas, usando diferentes protocolos de comunicación. El cual determina la mejor ruta para enviar los paquetes, usando dirección IP de cada equipo.

Por ejemplo, puede tener las siguientes especificaciones:

**Router Inalámbrico N 300Mbps**

- Estándares Wi-Fi: IEEE 802.11b/g/n
- Frecuencia: 2.4-2.4835 GHz
- Velocidad inalámbrica: hasta 300 Mbps
- Antenas: 2 antenas fijas omnidireccionales de 5 dBi
- Puertos: 1 puerto WAN de 10/100 Mbps y 4 puertos LAN de 10/100 Mbps
- Botones: botón de restablecimiento y botón WPS
- Alimentación: 9 V = 0.6 A
- Consumo energético: 8 W
- Seguridad inalámbrica: WEP, WPA, WPA2, WPA-PSK, WPA2-PSK, WPS, SSID

- Funciones: control parental, red de invitados, IPTV, QoS, control de ancho de banda, firewall SPI, control de acceso, enlace IP y MAC, servidor DHCP, servidor virtual, DMZ, UPnP, IPv6, etc.
- Modos de trabajo: router, punto de acceso, extensor de rango y WISP

#### ➤ **Equipamiento para SCADA**

El equipamiento para la visualización de pantallas en SCADA industrial para este laboratorio didáctico solo se requiere utilizar la pantalla de la computadora y probablemente para una mejor visualización se puede utilizar monitores táctiles, teclados y ratones.

#### ➤ **Material Didáctico**

El material didáctico con el que se debe contar para el Laboratorio será:

- La documentación detallada, manuales y guías para los estudiantes que faciliten la comprensión y ejecución de las prácticas.
- A la hora de la realización de las practicas los estudiantes deben contar con conexión a internet para acceder a recursos en la nube, actualizaciones de software y otros materiales educativos relevantes.

Es esencial que el laboratorio esté equipado con tecnología actualizada y adecuada para replicar de manera efectiva los escenarios de la Industria 4.0 que se abordan en el manual. Además, la capacitación adecuada para los estudiantes sobre el uso de esta tecnología es crucial para garantizar una experiencia de aprendizaje efectiva y segura.

#### **7.4 Flexibilidad y adaptabilidad del manual**

Para hacer que este laboratorio didáctico sea flexible y adaptable en cualquier parte del mundo, es importante considerar varios aspectos, como:

- **La adaptabilidad a diferentes niveles de Tecnología:** Por lo que las practicas del manual están diseñadas de manera que se pueda utilizar con distintas estaciones MPS como alternativa, así también si cuentan con otro tipo de software para la recolección de datos se puede adaptar si el mismo cuenta con conexión OPC.



- **Enfoque Gradual y Modular:** Las practicas del manual están diseñadas por secciones modulares y graduales, de modo que los estudiantes puedan completar los módulos o prácticas de acuerdo a la dificultad, según el tiempo disponible y los recursos locales.
- **Colaboraciones con la industria:** Gracias a la cooperación con la empresa Didactech SRL con este laboratorio didáctico se fomenta las asociaciones y colaboraciones con instituciones y empresas para facilitar el acceso a tecnologías específicas y compartir recursos. Así mismo como la misma empresa cuenta con la posibilidad de brindar los softwares mediante la franquicia de FESTO DIDACTIC, pueden establecer un sistema de soporte técnico remoto para ayudar a resolver problemas y responder preguntas, asegurando así un aprendizaje continuo y eficiente.

Al abordar estos aspectos, se puede lograr una mayor flexibilidad y adaptabilidad del laboratorio didáctico, permitiendo su implementación efectiva en diversas ubicaciones y entornos educativos.

### **7.5 Materiales didácticos proporcionados**

Para este proyecto de grado de Diseño de un Laboratorio Didáctico se realizó la creación de un Manual con prácticas procedimiento "Conexión y Obtención de Datos de Estaciones MPS CIROS Festo" el cual será un documento clave que proporcionarán información detallada y estructurada sobre las prácticas y procedimientos a seguir. A continuación, definiremos cada uno de los puntos a tomar en cuenta para su desarrollo

- 1) Estructura del Manual:** El manual tiene una estructura lógica, dividiendo el contenido en secciones los que serán definidos como capítulos y subsecciones correspondientes, cada práctica también contara con sus debidas secciones desde la introducción hasta la descripción del procedimiento de la misma.
- 2) Contenido Claro y Conciso:** El manual tiene un contenido claro y conciso y para cada práctica se le proporcionará una descripción clara y concisa del objetivo, los

conceptos clave en una introducción y los requerimientos para poder realizar la práctica.

- 3) **Pasos Detallados:** En cada practica se proporcionarán pasos detallados, dentro del manual se cuentan con prácticas que van desde la instalación de programas hasta la conexión de las estaciones MPS y la elaboración de pantallas en SCADA industrial.
- 4) **Material Visual:** Para mejor entendimiento del estudiante se incluirán imágenes, diagramas y capturas de pantalla para ilustrar visualmente cada paso, facilitando la comprensión y ejecución de las actividades.
- 5) **Requisitos de Hardware y Software:** Dentro del manual se especificarán claramente los requisitos de hardware y software necesarios para llevar a cabo cada práctica, garantizando el flujo de cada una.
- 6) **Evaluación y Preguntas de Reflexión:** en cada practica se incluirá una sección de evaluación con preguntas relacionadas con cada práctica, fomentando la reflexión y la comprensión profunda de los conceptos.

## 7.6 Colaboración con la industria

La colaboración de la empresa DIDACTECH S.R.L. con la realización de este proyecto de grado nos ayuda a ver cómo se puede ofrecer a los estudiantes experiencia práctica y oportunidades de aprendizaje en el mundo real lo que es fundamental para enriquecer su formación y prepararlos para los desafíos de la industria.

Dentro de esta colaboración pudimos contar con el asesoramiento técnico especializado para diseñar y desarrollar el laboratorio didáctico. Esto garantizó la alineación de las prácticas con las tecnologías y metodologías más actuales utilizadas en la industria. También la empresa suministro tecnología avanzada, incluidas los softwares como CIROS, garantizando que el manual cuente con herramientas y plataformas de vanguardia utilizadas en entornos industriales reales. Gracias a la cooperación mutua y en base a acuerdos de privacidad, la empresa retuvo la mayoría de las prácticas, dejando 3 de las 11 prácticas como muestra para el proyecto de grado.

En cuanto a la ejecución de proyectos de laboratorios como este la empresa tiene la capacidad de colaborar en la ejecución de proyectos para la creación y puesta en marcha del laboratorio. Esto incluye la instalación de equipos, configuración de software y pruebas integrales para garantizar un funcionamiento óptimo. Así como también ofrecerá asistencia técnica permanente, brindando soporte en tiempo real para abordar cualquier problema técnico que pueda surgir durante las prácticas.

### **7.7 Visión a largo plazo**

Como se vio anteriormente uno de los problemas de la educación es la falta de colaboración de la industria con las entidades de enseñanza. Con este proyecto de grado se pudo ver lo exitoso que puede ser una colaboración para la realización del mismo. Como visión a largo plazo se puede considerar los programas de pasantías y prácticas para estudiantes en diferentes proyectos, para obtener experiencias prácticas en entornos laborales reales. Esta colaboración integral entre la institución y DIDACTECH S.R.L. no solo enriquecerá la experiencia educativa de los estudiantes, sino que también fortalecerá los vínculos entre la academia y la industria, asegurando una formación relevante y alineada con las demandas del mercado laboral.

## **8 VALIDACIÓN Y RETROALIMENTACIÓN**

### **8.1 Diseño de la Validación**

En este capítulo se detallará el proceso de validación del Manual Didáctico, para asegurar la eficacia del mismo y así obtener una retroalimentación valiosa para su mejora continua. Donde hablaremos acerca del método de recolección de datos para el estudio, mediante el método de validación más adecuado que podría ser la evaluación heurística con expertos utilizando el Feedback (retroalimentación en español) para obtener resultados directos con comentarios propios de los expertos.

### **8.2 Definición de Evaluación Heurística**

Según (Nielsen & Molich, 1990) describen la evaluación heurística como un método de validación en el que expertos de la industria o campos de investigación revisan un

producto para identificar problemas de usabilidad. El método implica aplicar una serie de heurísticas comunes o "reglas generales" de usabilidad para evaluar el producto y proporcionar comentarios detallados sobre el problema y sus posibles soluciones. La evaluación heurística es una forma eficaz y eficiente de identificar problemas de usabilidad y también permite la evaluación de la usabilidad desde la perspectiva del usuario. Además, con la participación de expertos en el campo, la metodología proporciona una revisión rigurosa de todos los aspectos de la usabilidad y proporciona una forma objetiva de medir la calidad del producto.

### **8.2.1 Definición del Feedback**

“La información adicional que se proporciona a un alumno en su desempeño es llamado feedback. El feedback puede ser inmediato o atrasado, explícito o implícito, y puede ser proporcionado por el maestro, un compañero o por el resultado de su acción perceptible por el alumno. El feedback es una importante pieza de retroalimentación en el proceso de aprendizaje, ya que apoya una comprensión más profunda y eficaz del material de estudio al conectar la comprensión actual con las necesidades del individuo” (Bransford, Brown, & Coking, 2000)

De este artículo vemos que según el autor el Feedback se refiere a la información proporcionada a un alumno sobre su desempeño en una tarea. En el caso de este proyecto de grado de diseño de laboratorios didácticos, los comentarios pueden provenir de expertos, educadores y estudiantes, y se utilizarán para evaluar la efectividad de este manual y realizar mejoras. Esta información directa y específica es fundamental para refinar y mejorar los materiales educativos, asegurando su relevancia y utilidad.

### **8.2.2 Justificación del método de evaluación Heurística y Feedback**

A continuación, se corroborará el uso de la evaluación Heurística y Feedback con autores del medio, justificando así el método de evaluación para el Manual Didáctico.

Según (Rubio, Mayorga, & Pérez, 2015) nos dice que "La evaluación heurística es una técnica de inspección de usabilidad que permite detectar problemas de diseño del sistema

a lo largo del proceso de desarrollo. Es una técnica de bajo costo, rápida, que puede ser realizada por expertos en usabilidad, y que no requiere la participación de usuarios en el proceso de evaluación. El uso de esta técnica ha demostrado ser efectivo en la detección de problemas de usabilidad en una amplia gama de sistemas, desde sitios web hasta interfaces móviles y dispositivos médicos".

De esta forma vemos que la evaluación heurística es una técnica de inspección de usabilidad que se utiliza para detectar problemas de diseño en sistemas durante el proceso de desarrollo. Para esta técnica no se requiere la participación de usuarios en el proceso de evaluación, ya que es realizada por expertos en usabilidad, es de bajo costo y es un proceso rápido. La cual se puede utilizar en la evaluación del manual basado en un conjunto de heurísticas para detectar problemas potenciales en la usabilidad y accesibilidad del manual.

Para realizar las Heurísticas de Nielsen la visibilidad del estado del sistema debe mantener a los usuarios informados de lo que está haciendo mediante un Feedback apropiado y en un tiempo razonable.

### **8.3 Metodología de validación**

#### **8.3.1 Selección del grupo de validación**

(Nielsen, 1992) dice que "La cantidad de evaluadores necesarios en la evaluación heurística y encontró que la mayoría de las veces se necesitan solo 5 evaluadores para descubrir la mayoría de los problemas de usabilidad. Proporciona una justificación en dos partes para la selección de cinco evaluadores. Una puede ser pragmática: es barato y rápido. La segunda razón es que a menudo no hay necesidad de usar a más de cinco participantes ya que la mayoría de los problemas de usabilidad se hacen evidentes en las primeras etapas de la evaluación heurística. (...) En general, se recomienda que los equipos de diseño utilicen a cinco evaluadores en su evaluación heurística".

También (Faulkner, 2003) argumenta que es correcto pensar que, si bien de 5 a 7 usuarios son suficientes para identificar la mayoría de los problemas de usabilidad, aumentar el número de usuarios puede proporcionar el beneficio adicional de una verificación más

completa. Por ejemplo, al aumentar el tamaño de la muestra, se puede comprender mejor la variabilidad natural entre los usuarios, lo que lleva a una mejor comprensión de las necesidades de los usuarios y los patrones de interacción típicos. Además, al aumentar la muestra, se puede lograr una mayor diversidad demográfica y de uso, lo que puede conducir a mejoras más específicas en la usabilidad y la satisfacción del usuario.

Por lo tanto, podemos definir que cinco participantes son suficientes para obtener información relevante y representativa para el estudio para así permitir mejoras significativas en la usabilidad, sin embargo, aunque este número de usuarios es el ideal por bajos costos o debido a limitaciones, es importante considerar aumentar el número de encuestados para que pueda ofrecer beneficios adicionales en la evaluación.

De esta manera podemos definir nuestro grupo para un Feedback eficaz y manejable utilizaremos un grupo pequeño pero diverso señalando a los expertos en el tema como se ve en el siguiente cuadro.

**Cuadro 8-1: Grupo de Estudio**

| <b>Grupo</b>          | <b>Cantidad</b> |
|-----------------------|-----------------|
| Expertos en contenido | 2               |
| Docentes              | 2               |
| Estudiantes           | 4               |

**Fuente:** Realizado en base a investigaciones propias

En total contamos con un grupo representativo de 8 personas, lo que permite un eficiente proceso de retroalimentación y al mismo tiempo aseguramos la diversidad suficiente de opiniones y experiencia.

### **8.3.2 Instrumento de recolección de datos**

Como instrumentos de evaluación heurística y recopilación de Feedback, se pueden utilizar varios instrumentos donde los evaluadores deben examinar la interfaz y juzgar el cumplimiento de los principios de usabilidad, de los cuales se eligió la lista de verificación de Heurísticas de Nielsen y los Formularios de evaluación.

### **8.3.2.1 Lista de verificación de Heurísticas de Nielsen**

"La lista de verificación de heurísticas es un método de evaluación heurística en el que se utiliza una lista de criterios generales de usabilidad para evaluar la calidad de una interfaz de usuario. Los evaluadores revisan la interfaz de usuario y pueden identificar problemas o áreas de mejora según los criterios específicos que componen la lista de verificación de heurísticas. La lista de verificación de heurísticas es una forma efectiva de detectar problemas de usabilidad ya que los evaluadores pueden proporcionar comentarios detallados sobre los criterios específicos y ayudar a priorizar los problemas que necesitan ser solucionados" (Nielsen & Molich, 1990)

Esta herramienta se utiliza para evaluar según principios heurísticos predefinidos, los cuales son reglas generales que se aplican a la interfaz de usuario. La lista de verificación de heurísticas es una forma efectiva de detectar problemas de usabilidad ya que los evaluadores pueden proporcionar comentarios detallados sobre los criterios específicos y ayudar a priorizar los problemas que necesitan ser solucionados, estas listas suelen incluir una serie de criterios específicos que se deben evaluar durante la revisión del producto.

Las 10 heurísticas de usabilidad propuestas por Nielsen son:

1. Visibilidad del estado del sistema
2. Correspondencia entre el sistema y el mundo real
3. Control y libertad del usuario
4. Consistencia y estándares
5. Prevención errores
6. Reconocimiento antes que recuerdo
7. Flexibilidad y eficiencia de uso.
8. Diseño estético y minimalista
9. Ayudar a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de los errores
10. Ayuda y documentación

### ➤ **Heurísticas de usabilidad para la validación**

En este proyecto se realizó la validación para tres grupos de evaluadores: estudiantes, expertos y docentes, en este caso a diferencia de los formularios de evaluación las listas heurísticas son las mismas para todos los grupos ya que se evalúa directamente la funcionalidad del manual y no cambia la información dependiendo el grupo. Para la verificación de la usabilidad del manual presentado en este proyecto de grado, se utilizaron 5 de las 10 heurísticas de evaluación presentadas anteriormente. Con la ayuda de preguntas, se verificarán cada uno de los requisitos de los principios:

#### **Principio 1: Consistencia y Estándares**

- La información se presenta de forma clara, concisa y fácil de entender.
- El lenguaje utilizado es sencillo y preciso.
- La estructura de la práctica es lógica y organizada.

#### **Principio 2: Prevención de errores**

- La información proporcionada es precisa y veraz.
- Las instrucciones son precisas y no llevan a confusiones.
- Los ejemplos y ejercicios son relevantes y representativos.

#### **Principio 3: Correspondencia entre el Sistema y el Mundo Real**

- La práctica se relaciona con los objetivos de aprendizaje del curso.
- Los contenidos son relevantes para la formación de ingenieros industriales.
- Las habilidades y conocimientos adquiridos son útiles para la industria 4.0.

#### **Principio 4: Flexibilidad y Eficiencia de Uso**

- La práctica despierta el interés y la motivación de los estudiantes.
- Los ejercicios y tareas son desafiantes y estimulantes.
- La práctica fomenta la participación activa y el aprendizaje colaborativo.

#### **Principio 5: Ayuda y Documentación**



- La práctica es accesible para estudiantes con diferentes niveles de conocimiento.
- Se proporcionan recursos adicionales para facilitar el aprendizaje.
- La práctica se puede adaptar a diferentes contextos educativos.

### **8.3.2.2 Formularios de evaluación**

"Un formulario de evaluación es una herramienta muy útil para recopilar información de evaluación. Los formularios pueden ser diseñados para ser en línea o impresos. Los formularios pueden contener preguntas generales y preguntas específicas relacionadas con los criterios de evaluación de la aplicación. También pueden contener clasificaciones numéricas o cualitativas que permiten al encuestado proporcionar información objetiva y subjetiva sobre los criterios evaluados" (Rubin & Chisnell, 2008).

Esta herramienta es valiosa y útil para recopilar información en la evaluación con expertos, es una herramienta estructurada que se utiliza para recopilar información sistemática, suelen contener preguntas específicas, escalas de calificación lo que facilita la recopilación de datos cuantitativos y cualitativos a la vez. Para este caso se debe diseñar formularios de evaluación específicos tanto para expertos, educadores y estudiantes.

#### **➤ Formulario de evaluación para la validación**

Como se mencionó en el punto anterior las listas heurísticas se utilizan para realizar una revisión basada en principios de usabilidad general, pero para obtener mejores resultados es necesario recopilar opiniones, valoraciones y comentarios de los usuarios o participantes sobre su experiencia es por eso que se utiliza el formulario de evaluación con preguntas específicas para cada grupo ya que así obtenemos variabilidad en las opiniones.

Ambas herramientas son complementarias y fueron utilizadas juntas para proporcionar una evaluación más completa y robusta del manual didáctico en el proyecto de grado.

### **8.3.2.3 Formato de encuesta para la Validación**

#### **➤ Preguntas de las listas de verificación heurísticas de Nielsen**

#### **Principio 1: Consistencia y Estándares**

- ¿El lenguaje utilizado en la práctica es sencillo y entendible?
- ¿La estructura de la práctica es lógica y organizada?

#### **Principio 2: Prevención de errores**

- ¿La información proporcionada en la práctica es precisa y veraz?
- ¿Las instrucciones son precisas y no llevan a confusiones?

#### **Principio 3: Correspondencia entre el Sistema y el Mundo Real**

- ¿El uso de Node-RED y las herramientas necesarias son intuitivas y fáciles de usar?
- ¿Las habilidades y conocimientos adquiridos son útiles para la industria 4.0?

#### **Principio 4: Flexibilidad y Eficiencia de Uso**

- ¿En qué medida la práctica despierta su interés y motivación?
- ¿La práctica fomenta su participación activa y aprendizaje colaborativo?

#### **Principio 5: Ayuda y Documentación**

- ¿Considera que todos los pasos de la practica están bien descritos en el manual?
- ¿Qué tan útiles fueron las ilustraciones visuales para mejorar tu comprensión y navegación a través del manual?

#### **➤ Preguntas de los Formularios de evaluación**

#### **Docentes:**

- ¿Qué opinas sobre el nivel de dificultad de la práctica en relación con los conocimientos previos de los estudiantes?
- Describe ¿Qué aspectos de la práctica consideras que podrían ser reforzados o ampliados para mejorar la comprensión de los conceptos?

- ¿Qué recomendaciones tienes para integrar esta práctica de manera efectiva en el plan de estudios de ingeniería industrial?

### **Expertos:**

- ¿Qué opinas sobre la relevancia y utilidad de la práctica para la formación en el ámbito de la industria 4.0?
- Describe ¿Qué aspectos técnicos o conceptuales crees que podrían ser mejorados o ampliados para hacer la práctica más efectiva?
- ¿Qué sugerencias tienes para actualizar o adaptar la práctica a los avances actuales en tecnología y tendencias de la industria 4.0?

### **Estudiantes:**

- Describe ¿Qué aspectos de la práctica encontraste más desafiantes o difíciles de entender?
- Explica ¿Cómo crees que podríamos mejorar la claridad de las instrucciones o la presentación de la información en la práctica?
- ¿Qué sugerencias tienes para hacer que la práctica sea más relevante o interesante para los estudiantes?

Para ver el formato del cuestionario en Google Forms:

- Validación por Docentes ver el Anexo C-1.
- Validación por Expertos ver el Anexo C-2.
- Validación por Estudiantes ver el Anexo C-3.

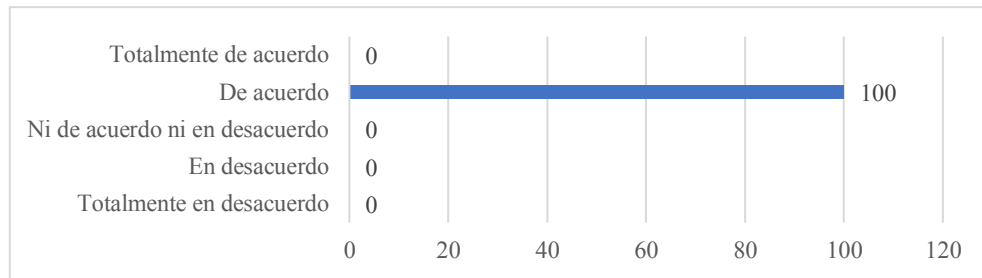
## **8.4 Tabulación de datos de la validación**

### **8.4.1 Evaluación por docentes**

#### **Principio 1: Consistencia y Estándares**

1. ¿El lenguaje utilizado en la práctica es sencillo y entendible?

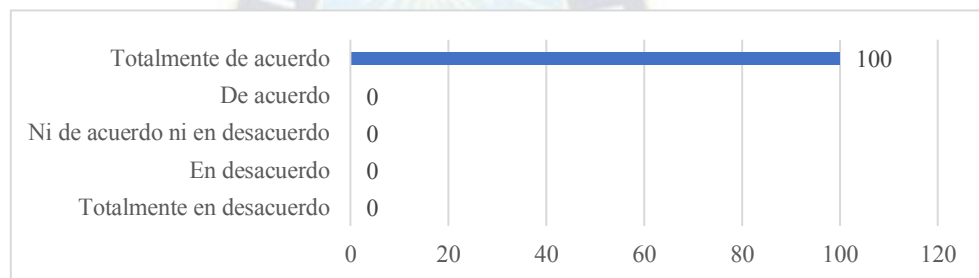
**Gráfica 8-1: Validación de principio 1 - pregunta 1 (Docentes)**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

2. ¿La estructura de la práctica es lógica y organizada?

**Gráfica 8-2: Validación de principio 1 - pregunta 2 (Docentes)**

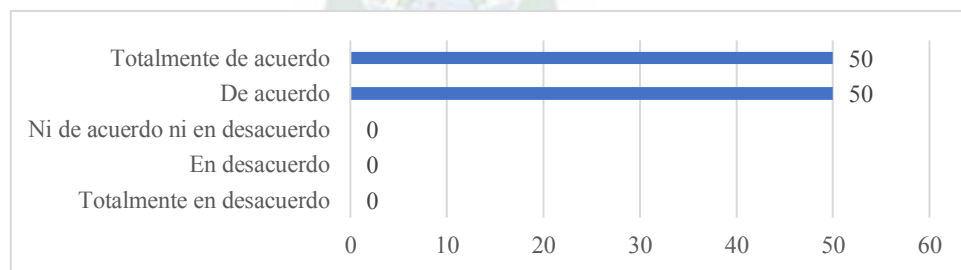


**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

## Principio 2: Prevención de errores

3. ¿La información proporcionada en la práctica es precisa y veraz?

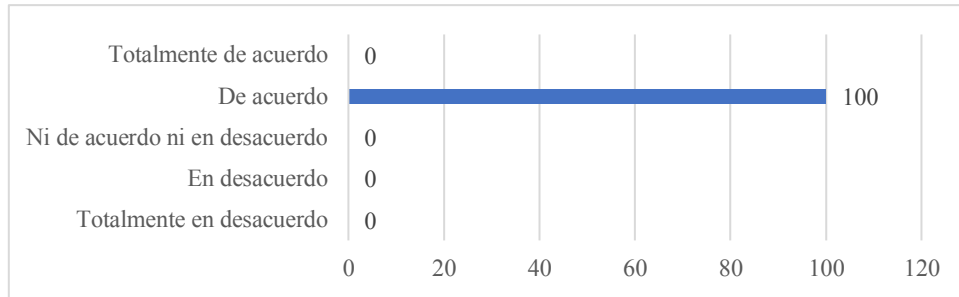
**Gráfica 8-3: Validación de principio 2 - pregunta 3 (Docentes)**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

4. ¿Las instrucciones son precisas y no llevan a confusiones?

**Gráfica 8-4: Validación de principio 2 - pregunta 4 (Docentes)**

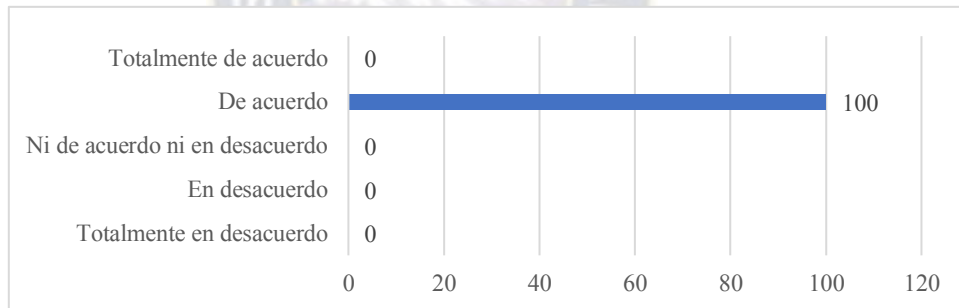


**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

### **Principio 3: Correspondencia entre el Sistema y el Mundo Real**

5. ¿El uso de Node-RED y las herramientas necesarias son intuitivas y fáciles de usar?

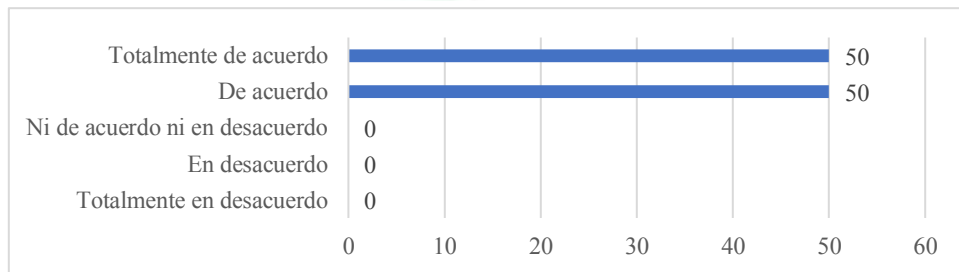
**Gráfica 8-5: Validación de principio 3 - pregunta 5 (Docentes)**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

6. ¿Las habilidades y conocimientos adquiridos son útiles para la industria 4.0?

**Gráfica 8-6: Validación de principio 3 - pregunta 6 (Docentes)**

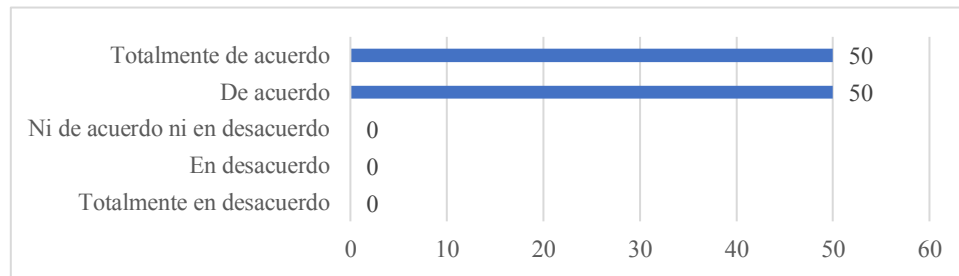


**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

## Principio 4: Flexibilidad y Eficiencia de Uso

7. ¿En qué medida la práctica despierta su interés y motivación?

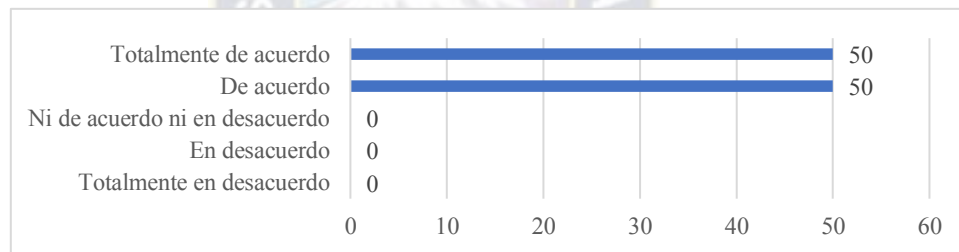
**Gráfica 8-7: Validación de principio 4 - pregunta 7 (Docentes)**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

8. ¿La práctica fomenta su participación activa y aprendizaje colaborativo?

**Gráfica 8-8: Validación de principio 4 - pregunta 8 (Docentes)**

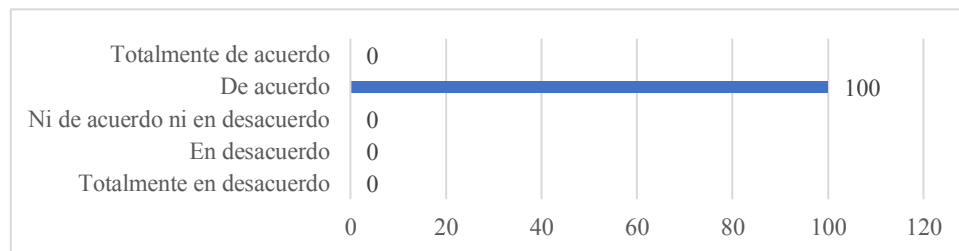


**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

## Principio 5: Ayuda y Documentación

9. ¿Considera que todos los pasos de la práctica están bien descritos en el manual?

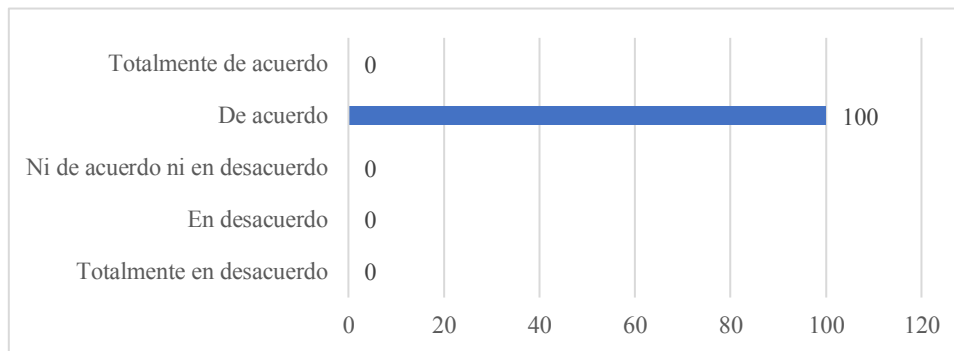
**Gráfica 8-9: Validación de principio 5 - pregunta 9 (Docentes)**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

10. ¿Qué tan útiles fueron las ilustraciones visuales para mejorar tu comprensión y navegación a través del manual?

**Gráfica 8-10: Validación de principio 5 - pregunta 10 (Docentes)**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

11. ¿Qué opinas sobre la relevancia y utilidad de la práctica para la formación en el ámbito de la industria 4.0?

**Respuesta 1:** La práctica presenta un nivel adecuado para los estudiantes que ya han tenido una introducción a temas relacionados. Sin embargo, aquellos sin experiencia previa en estas herramientas pueden encontrarla desafiante. Considero importante asegurarse de que todos los estudiantes tengan una base sólida en estos conceptos antes de abordar esta práctica.

**Respuesta 2:** La práctica parece estar bien diseñada, pero puede ser bastante compleja para los estudiantes sin experiencia previa en programación o en el uso de herramientas de simulación industrial.

Según la validación los docentes nos dicen que es crucial que los estudiantes tengan una base sólida en conceptos y herramientas relacionadas antes de abordar la práctica. Puede ser beneficioso incluir contenido introductorio para preparar mejor a los estudiantes.

12. Describe ¿Qué aspectos técnicos o conceptuales crees que podrían ser mejorados o ampliados para hacer la práctica más efectiva?

**Respuesta 1:** Sería útil incluir una sección más detallada sobre las configuraciones iniciales de todos los programas. Además, proporcionar ejemplos adicionales de

configuraciones y escenarios de uso podría ayudar a los estudiantes a entender mejor las aplicaciones prácticas.

**Respuesta 2:** Incluir más material de apoyo visual, como videos tutoriales o diagramas de flujo, podría facilitar la comprensión de los pasos a seguir.

Los docentes sugieren mejorar la documentación inicial y proporcionar más ejemplos prácticos y material visual ya que así ayudará a los estudiantes a comprender mejor y aplicar los conceptos enseñados

13. ¿Qué sugerencias tienes para actualizar o adaptar la práctica a los avances actuales en tecnología y tendencias de la industria 4.0?

**Respuesta 1:** Recomendaría introducir esta práctica en un módulo dedicado a la Industria 4.0 y sistemas de control industrial. Sería beneficioso complementar esta práctica con clases teóricas, también, incluir proyectos prácticos adicionales que permitan a los estudiantes aplicar estos conocimientos en situaciones más complejas.

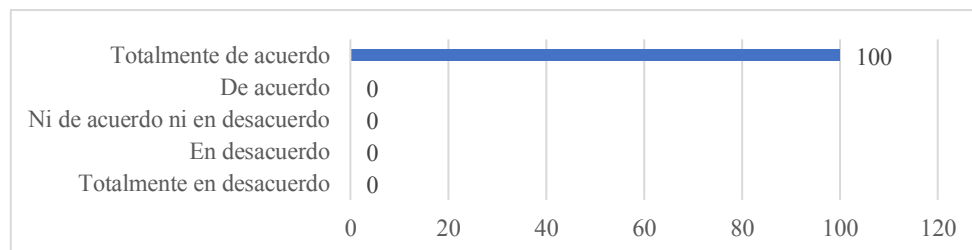
**Respuesta 2:** Para integrar esta práctica de manera efectiva, sugeriría una aproximación escalonada donde los estudiantes primero se familiaricen con cada herramienta por separado antes de intentar integrarlas. Además, realizar una evaluación formativa para asegurar que los estudiantes han comprendido los conceptos clave antes de avanzar.

#### 8.4.2 Evaluación por expertos

##### Principio 1: Consistencia y Estándares

1. ¿El lenguaje utilizado en la práctica es sencillo y entendible?

**Gráfica 8-11: Validación de principio 1 - pregunta 1 (Expertos)**

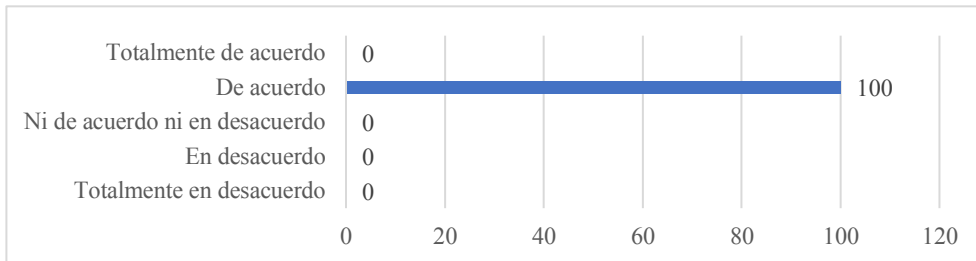


**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024



2. ¿La estructura de la práctica es lógica y organizada?

**Gráfica 8-12: Validación de principio 1 - pregunta 2 (Expertos)**

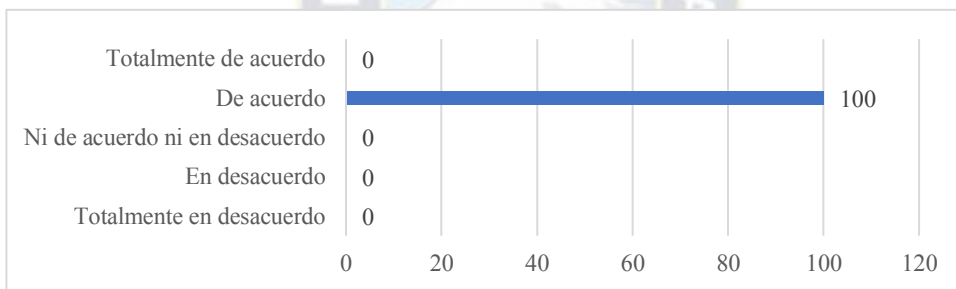


**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

### **Principio 2: Prevención de errores**

3. ¿La información proporcionada en la práctica es precisa y veraz?

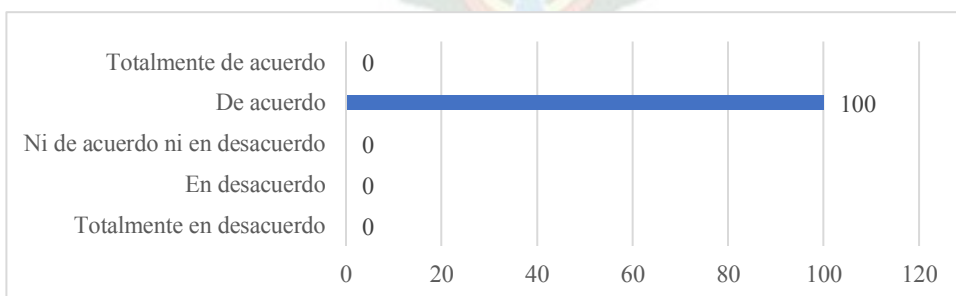
**Gráfica 8-13: Validación de principio 2 - pregunta 3 (Expertos)**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

4. ¿Las instrucciones son precisas y no llevan a confusiones?

**Gráfica 8-14: Validación de principio 2 - pregunta 4 (Expertos)**

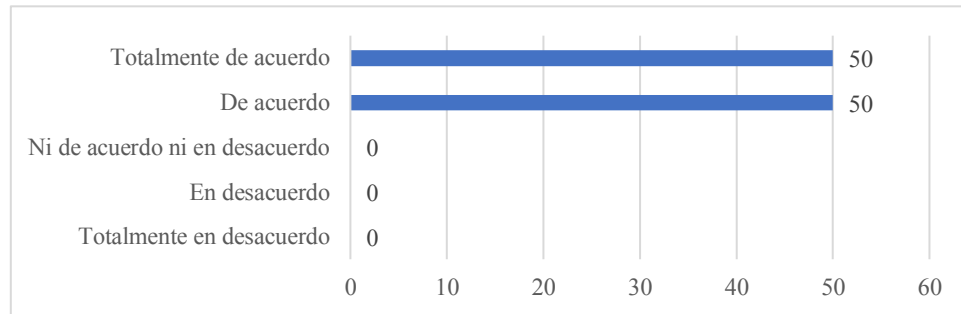


**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

### **Principio 3: Correspondencia entre el Sistema y el Mundo Real**

5. ¿El uso de Node-RED y las herramientas necesarias son intuitivas y fáciles de usar?

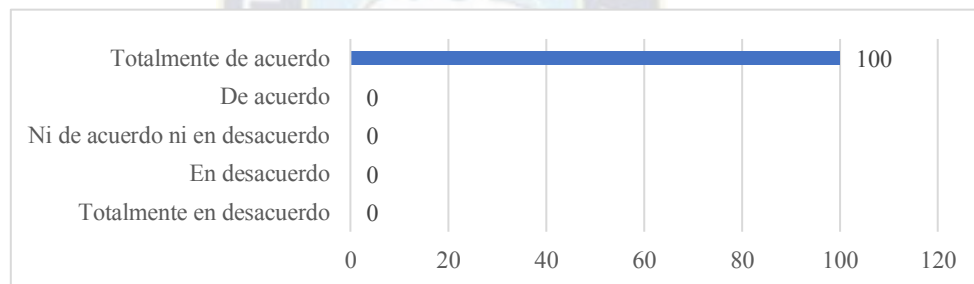
**Gráfica 8-15: Validación de principio 3 - pregunta 5 (Expertos)**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

6. ¿Las habilidades y conocimientos adquiridos son útiles para la industria 4.0?

**Gráfica 8-16: Validación de principio 3 - pregunta 6 (Expertos)**

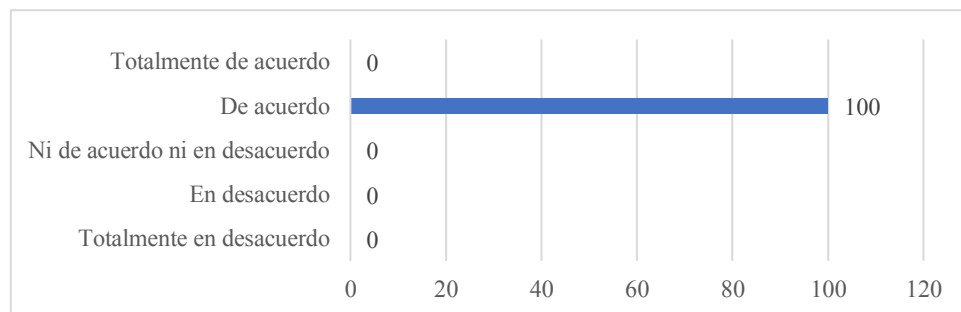


**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

#### **Principio 4: Flexibilidad y Eficiencia de Uso**

7. ¿En qué medida la práctica despierta su interés y motivación?

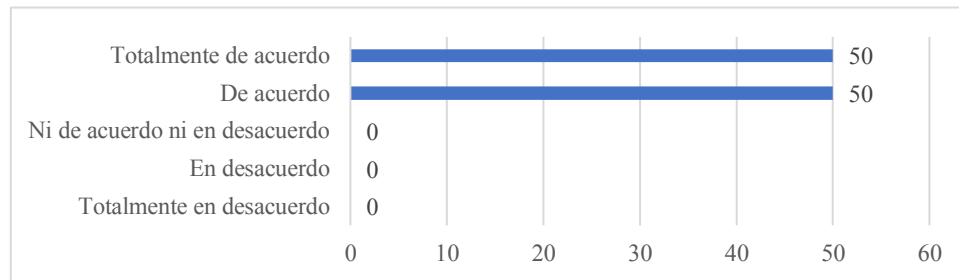
**Gráfica 8-17: Validación de principio 4 - pregunta 7 (Expertos)**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

8. ¿La práctica fomenta su participación activa y aprendizaje colaborativo?

**Gráfica 8-18: Validación de principio 4 - pregunta 8 (Expertos)**

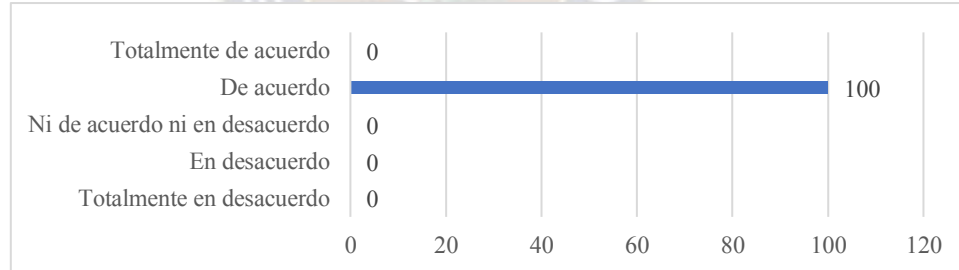


**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

### Principio 5: Ayuda y Documentación

9. ¿Considera que todos los pasos de la práctica están bien descritos en el manual?

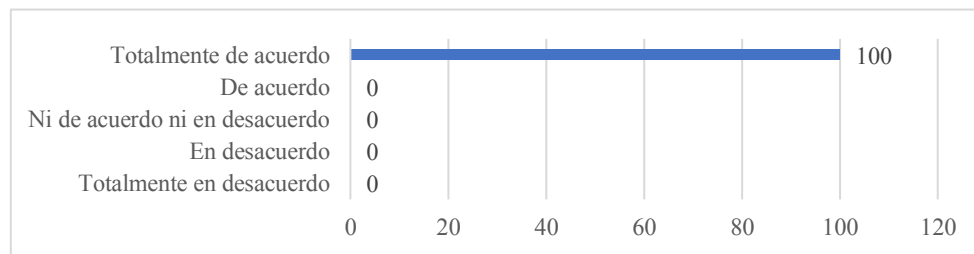
**Gráfica 8-19: Validación de principio 5 - pregunta 9 (Expertos)**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

10. ¿Qué tan útiles fueron las ilustraciones visuales para mejorar tu comprensión y navegación a través del manual?

**Gráfica 8-20: Validación de principio 5 - pregunta 10 (Expertos)**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

11. ¿Qué opinas sobre la relevancia y utilidad de la práctica para la formación en el ámbito de la industria 4.0?

**Respuesta 1:** El poder analizar los datos en tiempo real de una sombra digital ayuda a entender mejor el comportamiento de sistemas físicos reales y a tomar mejores decisiones más rápido.

**Respuesta 2:** La programación de sistemas centralizadores de información es muy importante para la aplicación de revoluciones tecnológicas en la Industria. La forma de administrar y centralizar las variables, es una introducción al área más importante de cualquier industria, Big Data y Data Analytics.

El utilizar un sistema virtualizado también es importante, dado que nos permite simular un proceso industrial complejo. Y en base a su comportamiento tomar decisiones para mejorar un sistema real.

12. Describe ¿Qué aspectos técnicos o conceptuales crees que podrían ser mejorados o ampliados para hacer la práctica más efectiva?

**Respuesta 1:** Sería bueno que se expliquen algunas configuraciones de los nodos para que se puedan expandir las practicas que se realizan.

**Respuesta 2:** Explicar el contexto de la aplicación, más llevado a una aplicación regional. Ejemplificar con lugares o plantas en Bolivia que utilizan ese sistema, y en cuáles plantas podría ayudar más significativamente.

13. ¿Qué sugerencias tienes para actualizar o adaptar la práctica a los avances actuales en tecnología y tendencias de la industria 4.0?

**Respuesta 1:** Poder sacar registros históricos de los datos tomados.

**Respuesta 2:** Al ser una práctica para formación técnica, no haría muchos cambios. Sin embargo, el llevarlo a una formación técnica para el área de ingeniería, considero que exige una explicación más profunda de no sólo la aplicación, sino también el funcionamiento de los sistemas. Protocolos de red, interfaces de programación, interfaces

de simulación, que se añada una sección teórica de cómo y por qué funcionan estas herramientas.

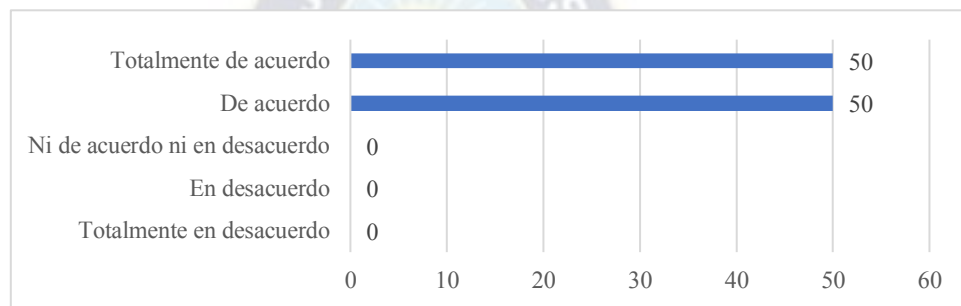
### 8.4.3 Evaluación por estudiantes

#### Principio 1: Consistencia y Estándares

Con estas dos preguntas se pretende verificar si los laboratorios cumplen con el

1. ¿El lenguaje utilizado en la práctica es sencillo y entendible?

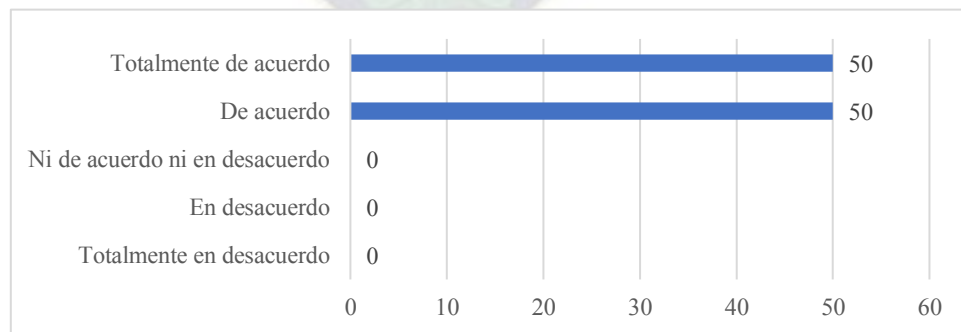
**Gráfica 8-21: Validación de principio 1 - pregunta 1 (Estudiantes)**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

2. ¿La estructura de la práctica es lógica y organizada?

**Gráfica 8-22: Validación de principio 1 - pregunta 2 (Estudiantes)**

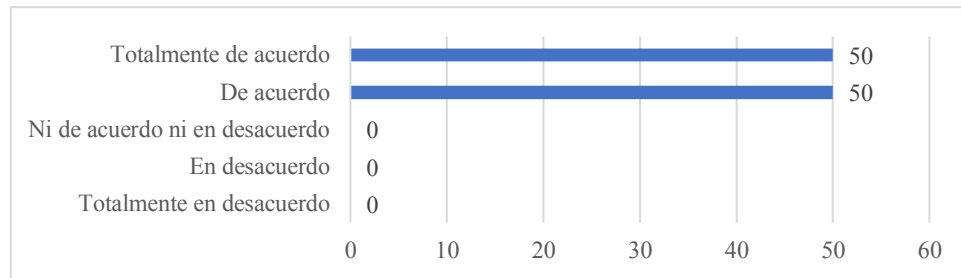


**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

#### Principio 2: Prevención de errores

3. ¿La información proporcionada en la práctica es precisa y veraz?

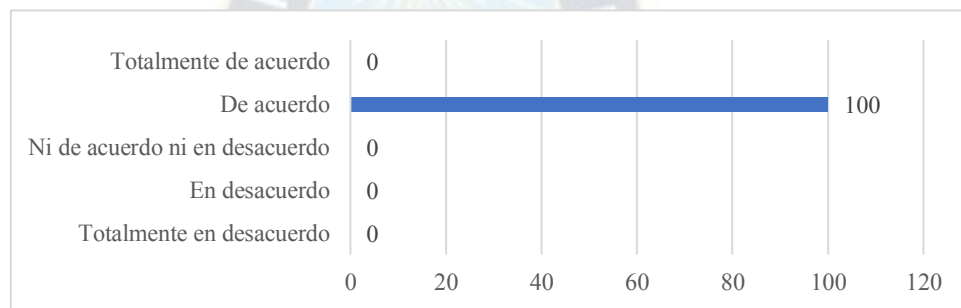
**Gráfica 8-23: Validación de principio 2 - pregunta 3 (Estudiantes)**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

4. ¿Las instrucciones son precisas y no llevan a confusiones?

**Gráfica 8-24: Validación de principio 2 - pregunta 4 (Estudiantes)**

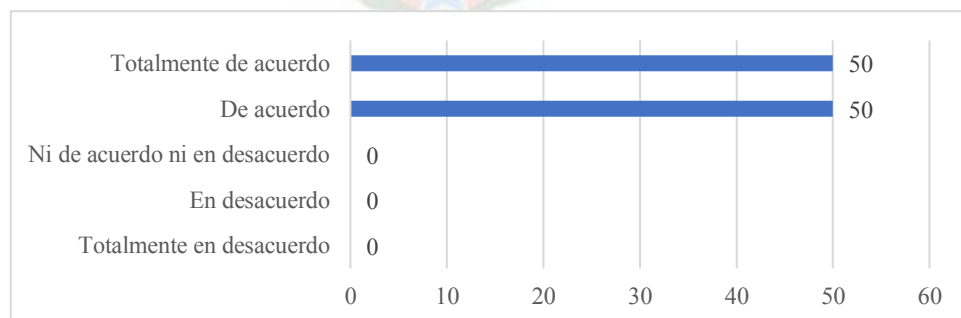


**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

### **Principio 3: Correspondencia entre el Sistema y el Mundo Real**

5. ¿El uso de Node-RED y las herramientas necesarias son intuitivas y fáciles de usar?

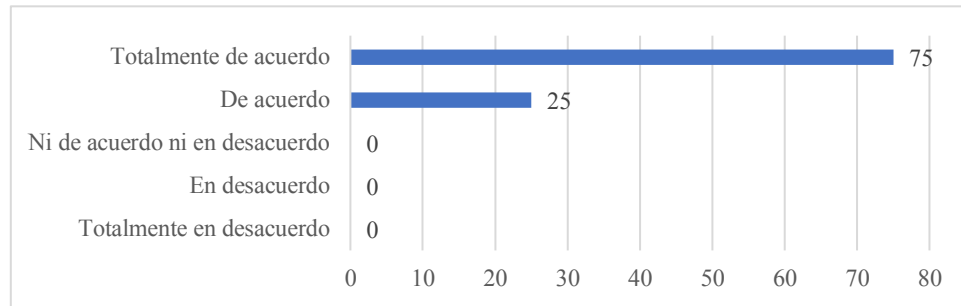
**Gráfica 8-25: Validación de principio 3 - pregunta 5 (Estudiantes)**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

6. ¿Las habilidades y conocimientos adquiridos son útiles para la industria 4.0?

**Gráfica 8-26: Validación de principio 3 - pregunta 6 (Estudiantes)**

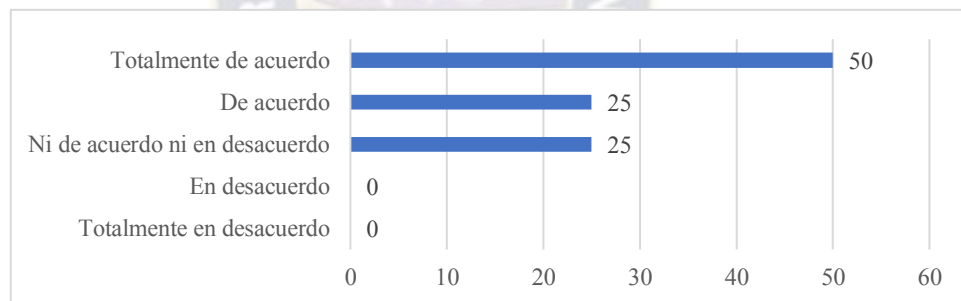


**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

#### **Principio 4: Flexibilidad y Eficiencia de Uso**

7. ¿En qué medida la práctica despierta su interés y motivación?

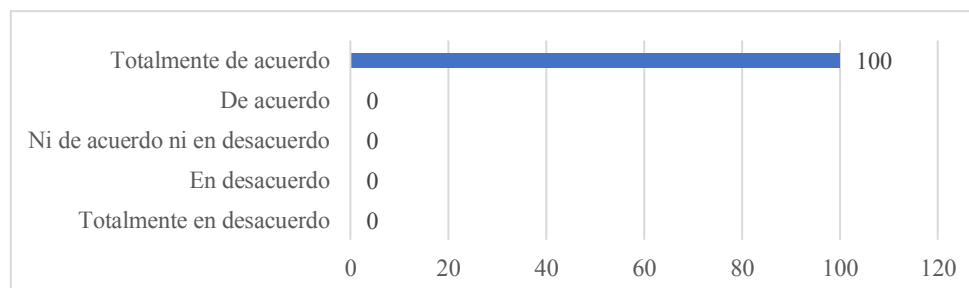
**Gráfica 8-27: Validación de principio 4 - pregunta 7 (Estudiantes)**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

8. ¿La práctica fomenta su participación activa y aprendizaje colaborativo?

**Gráfica 8-28: Validación de principio 4 - pregunta 8 (Estudiantes)**

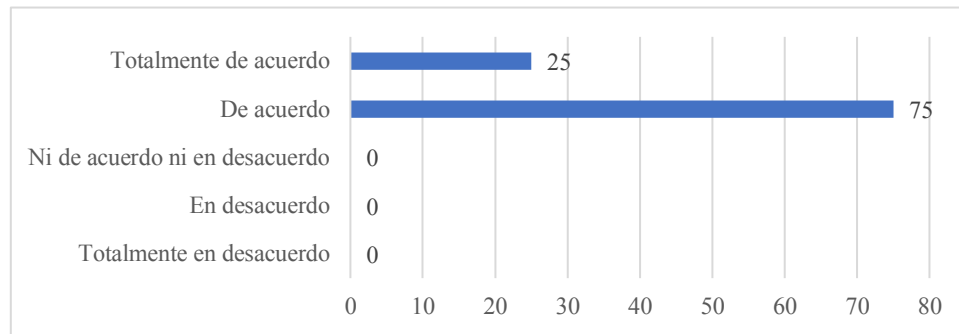


**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

## Principio 5: Ayuda y Documentación

9. ¿Considera que todos los pasos de la práctica están bien descritos en el manual?

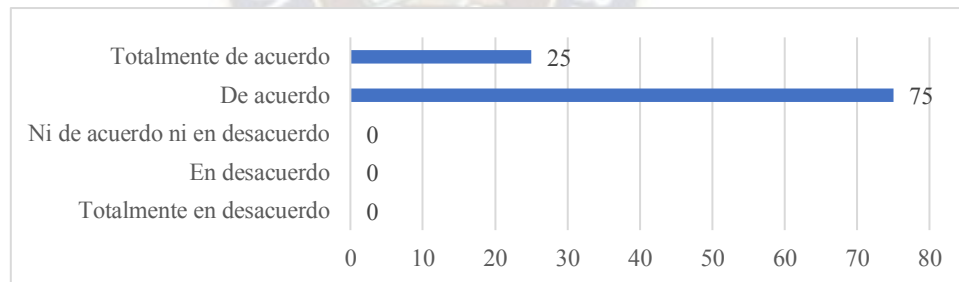
**Gráfica 8-29: Validación de principio 5 - pregunta 9 (Estudiantes)**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

10. ¿Qué tan útiles fueron las ilustraciones visuales para mejorar tu comprensión y navegación a través del manual?

**Gráfica 8-30: Validación de principio 5 - pregunta 10 (Estudiantes)**



**Fuente:** Elaboración con base a datos obtenidos por Google Forms, 2024

11. ¿Qué opinas sobre la relevancia y utilidad de la práctica para la formación en el ámbito de la industria 4.0?

**Respuesta 1:** La programación de los Conectores.

**Respuesta 2:** La programación y algunas instrucciones que se entienden, pero si se dirige a nuevos estudiantes tal vez un poco más específico la parte de copiar y pegar los nodos (de que paso o incisos debo copiar y pegar).



**Respuesta 3:** Es entendible solo que hay personas que no saben algunos términos en inglés.

**Respuesta 4:** Sin respuesta

12. Explica ¿Cómo crees que podríamos mejorar la claridad de las instrucciones o la presentación de la información en la práctica?

**Respuesta 1:** Describir cada paso mediante un manual de ejemplos.

**Respuesta 2:** Especificar el paso ejemplo "Copiar el nodo inject del inciso a)".

**Respuesta 3:** Quizá la traducción en español.

**Respuesta 4:** Sin respuesta

13. ¿Qué sugerencias tienes para hacer que la práctica sea más relevante o interesante para los estudiantes?

**Respuesta 1:** Motivar a la práctica mediante la teoría

**Respuesta 2:** Se entiende muy bien pero tal vez para hacer una práctica interesante ir avanzando con los que están aprendiendo, después todo bien.

**Respuesta 3:** Es muy interesante y fácil de manejar, aparte que es dinámico.

**Respuesta 4:** Sin respuesta

## **8.5 Análisis de datos**

Para este punto se analizaron las 5 listas heurísticas incorporadas a la encuesta de validación incorporando en cada principio la respuesta de los tres sectores analizados.

### **➤ Preguntas de las listas de verificación heurísticas de Nielsen**

#### **Principio 1: Consistencia y Estándares**

Las respuestas demuestran una valoración muy positiva de los principios de consistencia y estándares en la práctica de laboratorio, tanto en términos de lenguaje como de estructura. Sin embargo, las pequeñas diferencias en las percepciones de los estudiantes sugieren que una mayor simplificación o claridad podría ser beneficiosa en ciertas áreas.

Las opiniones uniformes de profesores y especialistas confirman que la práctica está bien organizada en términos de consistencia y estándares.

### **Principio 2: Prevención de errores**

La práctica es vista positivamente por la mayoría de los encuestados ya que están de acuerdo en la precisión de la información, alcanzar una valoración de "totalmente de acuerdo" de todos los encuestados puede ser una meta para ajustes futuros. Un punto importante que debe mantenerse en futuras versiones de la práctica es que las instrucciones son claras. Los datos generalmente indican que la práctica está bien diseñada para evitar errores y garantizar una experiencia de aprendizaje efectiva y sin confusiones.

### **Principio 3: Correspondencia entre el Sistema y el Mundo Real**

Después de la validación vemos que la práctica es evaluada positivamente. El uso de Node-RED y las herramientas asociadas es fácil de usar y accesible. Los expertos y los estudiantes generalmente piensan que las habilidades y el conocimiento adquiridos son útiles para la industria 4.0. Estos resultados sugieren que la práctica está bien alineada con las necesidades y expectativas del mundo real, aunque hay un pequeño margen para mejorar la intuitividad y la percepción de utilidad entre todos los grupos de encuestados.

### **Principio 4: Flexibilidad y Eficiencia de Uso**

Después de la validación vemos que la práctica es evaluada positivamente. Aunque los estudiantes muestran una mayor variabilidad en sus respuestas, la práctica tiene la capacidad de despertar interés y motivación en todos los grupos. La práctica es especialmente efectiva para promover la participación activa y el aprendizaje colaborativo, especialmente entre los estudiantes. Estos hallazgos indican que la práctica está bien diseñada para involucrar a los participantes y fomentar un aprendizaje activo y colaborativo. Sin embargo, se podrían hacer ajustes para aumentar la motivación en todos los grupos de encuestados.

## **Principio 5: Ayuda y Documentación**

Los resultados de la encuesta muestran que, en términos de claridad de los pasos y utilidad de las ilustraciones visuales, el manual generalmente es bien recibido. Los maestros y especialistas demuestran un acuerdo sólido en ambos aspectos, lo que demuestra una valoración muy positiva de la documentación y las ayudas visuales. Aunque la mayoría de los estudiantes son positivos, hay cierta variabilidad en sus respuestas, lo que indica que aún hay espacio para mejorar para garantizar una comprensión y navegación más uniformes para todos los usuarios. Estos hallazgos demuestran que la práctica es efectiva, pero podría haber mejoras y revisiones en la documentación para que sea lo más clara y útil para los estudiantes.

### **➤ Preguntas de los Formularios de evaluación**

#### **Docentes:**

- ¿Qué opinas sobre el nivel de dificultad de la práctica en relación con los conocimientos previos de los estudiantes?

Ambos docentes coinciden en que la práctica es relevante y útil para la formación en la Industria 4.0. Sin embargo, ambos también destacan que la práctica puede ser desafiante para estudiantes sin una base previa en los conceptos y herramientas utilizadas. Se sugiere asegurar que los estudiantes tengan una base sólida antes de abordar la práctica, lo cual podría implicar la inclusión de contenido introductorio o pre-requisitos.

- Describe ¿Qué aspectos de la práctica consideras que podrían ser reforzados o ampliados para mejorar la comprensión de los conceptos?

Los docentes identifican la necesidad de mejorar la claridad y el apoyo en la configuración técnica inicial de la práctica. Uno sugiere incluir más detalles sobre configuraciones iniciales y ejemplos de uso, mientras que el otro recomienda el uso de material de apoyo visual, como videos tutoriales y diagramas de flujo. Ambos enfoques apuntan a facilitar una mejor comprensión y ejecución de la práctica por parte de los estudiantes.

- ¿Qué recomendaciones tienes para integrar esta práctica de manera efectiva en el plan de estudios de ingeniería industrial?

Las sugerencias para actualizar o adaptar la práctica incluyen una integración más estructurada y gradual en el currículo. Un docente recomienda introducir la práctica en un módulo dedicado a la Industria 4.0 y complementar con clases teóricas y proyectos adicionales. El otro sugiere un enfoque escalonado, donde los estudiantes se familiaricen con cada herramienta por separado antes de integrarlas, junto con evaluaciones formativas para asegurar la comprensión de los conceptos.

### **Expertos:**

- ¿Qué opinas sobre la relevancia y utilidad de la práctica para la formación en el ámbito de la industria 4.0?

Ambas respuestas resaltan la relevancia de la práctica en la formación para la industria 4.0, enfatizando la necesidad de habilidades en análisis de datos y simulación de procesos. La capacidad de tomar decisiones informadas en tiempo real es vista como un elemento clave para la efectividad en este ámbito.

- Describe ¿Qué aspectos técnicos o conceptuales crees que podrían ser mejorados o ampliados para hacer la práctica más efectiva?

Hay un consenso sobre la necesidad de mejorar la contextualización de la práctica y la profundización en aspectos técnicos. Esto no solo enriquecería el aprendizaje, sino que también permitiría a los estudiantes relacionar teoría y práctica de manera más efectiva en su entorno local.

- ¿Qué sugerencias tienes para actualizar o adaptar la práctica a los avances actuales en tecnología y tendencias de la industria 4.0?

Las sugerencias para actualizar la práctica indican una necesidad de equilibrio entre la teoría y la práctica, enfatizando el valor de la formación técnica integral. La inclusión de aspectos como el análisis de datos históricos y el entendimiento profundo de los sistemas contribuiría a preparar mejor a los estudiantes para los desafíos de la industria 4.0.

### **Estudiantes:**

- Describe ¿Qué aspectos de la práctica encontraste más desafiantes o difíciles de entender?

La práctica se considera relevante, especialmente en términos de programación, pero se identifican áreas de mejora en la claridad y accesibilidad del contenido. Es esencial adaptar el material a las necesidades de los estudiantes, especialmente a los que están comenzando.

- Explica ¿Cómo crees que podríamos mejorar la claridad de las instrucciones o la presentación de la información en la práctica?

Hay un consenso sobre la necesidad de mejorar la claridad de las instrucciones. Las sugerencias incluyen la creación de un manual y la especificación de pasos, así como la consideración del idioma. Esto podría facilitar el aprendizaje y la implementación de la práctica.

- ¿Qué sugerencias tienes para hacer que la práctica sea más relevante o interesante para los estudiantes?

La relevancia e interés de la práctica podrían aumentar al integrar más teoría y al ajustar el ritmo de enseñanza según el nivel de los estudiantes. La apreciación de la dinámica de la práctica sugiere que los estudiantes valoran un enfoque interactivo y práctico en su aprendizaje.

### **8.6 Conclusiones**

La evaluación exhaustiva del Manual Didáctico a través de listas de verificación heurísticas y formularios de evaluación proporcionó una valiosa retroalimentación para asegurar su eficacia y facilitar su mejora continua. continuación, se presentan las principales conclusiones:

- **Consistencia y Estándares:** El manual fue bien valorado en términos de consistencia y seguimiento de estándares. Sin embargo, se identificaron

oportunidades para simplificar y clarificar aún más algunos aspectos, lo que beneficiará a estudiantes con diferentes niveles de comprensión.

- **Prevención de Errores:** Las instrucciones son claras y la precisión de la información fueron reconocidas positivamente, aunque el objetivo debe ser mantener y reforzar la claridad de las instrucciones para evitar confusiones.
- **Correspondencia con el Mundo Real:** El manual se alinea adecuadamente con las necesidades de la industria 4.0, pero se debe trabajar en mejorar la intuitividad y la percepción de utilidad por parte de los estudiantes. Este ajuste ayudará a maximizar la relevancia del aprendizaje.
- **Flexibilidad y Eficiencia Uso:** El manual fomenta la participación activa y el aprendizaje colaborativo, especialmente entre estudiantes. Sin embargo, es necesario considerar ajustes para mantener la motivación a lo largo de todas las sesiones de práctica.
- **Ayuda y Documentación:** Si bien la claridad de los pasos y las ayudas visuales fueron bien recibidas, la variabilidad en las respuestas de los estudiantes sugiere que se puede trabajar en mejorar la documentación. La creación de materiales adicionales, como videos y diagramas de flujo, podría ser beneficiosa.

Las evaluaciones de docentes, expertos y estudiantes revelan un consenso sobre la relevancia de la práctica para la formación en la Industria 4.0, aunque destacan áreas de mejora. Los docentes sugieren reforzar la base previa de los estudiantes y mejorar la claridad en la configuración técnica inicial, mientras que los expertos enfatizan la importancia de contextualizar mejor la práctica y profundizar en los aspectos técnicos. Los estudiantes consideran relevante la práctica, pero recomiendan mejorar la claridad de las instrucciones y adaptar el contenido a su nivel. En conjunto, las recomendaciones apuntan a un enfoque más estructurado, con contenido introductorio, material de apoyo visual, y un equilibrio entre teoría y práctica para mejorar la comprensión y efectividad de la práctica.

## 9 ANALISIS FINANCIERO

### 9.1 Horizontes del proyecto

Bajo las condiciones hechas en el proyecto el análisis financiero considera la implementación de un curso para la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) donde se utilizará el "Manual de Conexión y Obtención de Datos de Estaciones MPS en CIROS de Festo Didactic". Este curso integrará laboratorios didácticos diseñados específicamente para brindar a los estudiantes una experiencia práctica y concreta en los conceptos teóricos de la Industria 4.0. El análisis financiero evaluará los costos iniciales de implementación, incluidos los recursos tecnológicos y materiales educativos necesarios, así como los costos operativos recurrentes del curso.

### 9.2 Inversiones del proyecto

#### 9.2.1 Inversión en activos fijos

La inversión de los activos fijos de este proyecto enfocado en implementar un curso en los laboratorios de la universidad implica consideraciones de acondicionamiento de infraestructura y equipos tecnológicos de la universidad.

##### 9.2.1.1 Infraestructura

La inversión en infraestructura contempla el acondicionamiento de la infraestructura ya existente conocida como laboratorio propio de la carrera de ingeniería industrial de la universidad.

**Cuadro 9-1: Inversión en acondicionamiento de infraestructura**

| Nº           | Items                           | Cantidad | Unidad | Costo Unitario (Bs) | Costo Total (Bs) |
|--------------|---------------------------------|----------|--------|---------------------|------------------|
| 1            | Pintado y acondicionado de aula | 1        | vez    | 520                 | 520              |
| 2            | Acondicionado de muebles        | 1        | vez    | 543                 | 543              |
| <b>TOTAL</b> |                                 |          |        |                     | <b>1.063</b>     |

Fuente: elaborado con base a investigación del proyecto

### 9.2.1.2 Herramientas y equipos tecnológicos

Esta categoría abarca la compra de dispositivos y software, como computadoras y el software CIROS, indispensables para el desarrollo del curso y la formación en Industria 4.0, asegurando que los estudiantes cuenten con la tecnología adecuada.

**Cuadro 9-2: Inversión en herramientas y equipos tecnológicos**

| Nº           | Items                         | Cantidad | Unidad | Costo Unitario (Bs) | Costo Total (Bs) |
|--------------|-------------------------------|----------|--------|---------------------|------------------|
| 1            | Router                        | 1        | unidad | 1080                | 1080             |
| 2            | Acondicionado de computadoras | 1        | vez    | 1500                | 1500             |
| <b>TOTAL</b> |                               |          |        |                     | <b>2.580</b>     |

Fuente: elaborado con base a investigación del proyecto

### 9.2.2 Inversión en activos diferidos

La inversión en activos diferidos en el proyecto incluye gastos iniciales, como Licencia del software y las capacitaciones, que no se consumen de inmediato, sino que se distribuyen a lo largo de la vida útil del curso, beneficiando al proyecto en el tiempo.

**Cuadro 9-3: Inversión en activos diferidos**

| Nº           | Items                | Cantidad | Unidad | Costo Unitario (Bs) | Costo Total (Bs) |
|--------------|----------------------|----------|--------|---------------------|------------------|
| 1            | Licencia de Ciros    | 1        | vez    | 150000              | 150000           |
| 2            | Capacitación inicial | 1        | vez    | 0                   | 0                |
| <b>TOTAL</b> |                      |          |        |                     | <b>150.000</b>   |

Fuente: elaborado con base a investigación del proyecto

### 9.2.3 Inversión en Capital de trabajo

El capital de trabajo es esencial en la gestión financiera ya que engloba el periodo de recuperación de ventas (N) tomando en cuenta al tiempo que transcurre entre la recepción de los ingresos y el pago de los gastos operativos. Este periodo puede ser llamado periodo de pago de gastos o ciclo de efectivo invertido. Se calcula mediante la ecuación:

$$K_T = \frac{C_T \times N_{pagos}}{365 \text{ dias}}$$



$K_T$  = Capital de Trabajo necesario.

$C_T$  = Costo Operativo Anual.

$N_{pagos}$  = Periodo de tiempo entre la recepción de ingresos y el pago de los gastos.

Para este cálculo se determina el costo operativo anual para la gestión 2025 y se estimó los días, que pasan entre el momento en que recibes los ingresos por adelantado y el momento en que tienes que pagar tus gastos operativos en este caso 30 días, se considera que las ventas de los servicios son pagadas por adelantado y el pago de los costos se los realiza mensualmente, por ello el capital del trabajo es presentado en el siguiente cuadro.

**Cuadro 9-4: Inversión Capital de trabajo**

| Nº   | Items                 | Costo (Bs)       |
|--|-----------------------|------------------|
| 1  | Costo Operativo anual | 182.179,60       |
| <b>Total Inversión en capital de trabajo</b> |                       | <b>14.973,67</b> |

Fuente: elaborado con base a investigación del proyecto

### 9.3 Depreciación de activos fijos

En este proyecto, la depreciación se refiere a cómo se distribuye el costo de los activos fijos, el acondicionado de la infraestructura, a lo largo de su vida útil, reflejando su desgaste natural y ajustando el valor contable con el tiempo.

**Cuadro 9-5: Depreciación de Activos Fijos**

| Nº   | Item                            | Vida Útil | Depreciación |
|--|---------------------------------|-----------|--------------|
| 1  | Pintado y acondicionado de aula | 5 años    | 104          |
| 2  | Acondicionado de muebles        | 5 años    | 108,6        |
| 3  | Router                          | 3 años    | 360          |
| 4  | Acondicionado de computadoras   | 4 años    | 375          |
| <b>Total depreciación de activos fijos</b> |                                 |           | <b>947,6</b> |

Fuente: elaborado con base a los cuadros 9-1 y 9-2

### 9.4 Amortización de activos diferidos

La amortización se aplica a los activos diferidos del proyecto, como la licencia del software, permitiendo repartir estos gastos a lo largo de varios años para reflejar el beneficio continuo que aportan.

**Cuadro 9-6: Amortización de Activos Diferidos**

| Nº   | Item                 | Vida Útil | Amortización  |
|--|----------------------|-----------|---------------|
| 1  | Licencia de Ciro     | 5 años    | 30000         |
| 2  | Capacitación inicial | 0 años    | 0             |
| <b>Total Amortización de activos diferidos</b> |                      |           | <b>30.000</b> |

Fuente: elaborado con base al cuadro 9-3.

## 9.5 Costos operativos del proyecto

Los costos operativos del proyecto comprenden todos los gastos recurrentes necesarios para mantener las operaciones del curso, divididos en costos fijos, que son constantes, y costos variables, que fluctúan según el nivel de actividad.

### 9.5.1 Costos operativos fijos

En el proyecto, los costos operativos fijos incluyen gastos como sueldos, publicidad, mantenimiento y servicios de internet. Estos costos no varían con el número de estudiantes, asegurando que el laboratorio funcione de manera constante.

#### 9.5.1.1 Sueldos y salarios

Este apartado cubre la remuneración del personal docente entre otros involucrado en el proyecto, asegurando que haya recursos humanos calificados para la formación en Industria 4.0.

**Cuadro 9-7: Costos de sueldos y salarios**

| Nº           | Items                   | Cantidad | Costo Unitario (Bs/mes) | Carga Social (Bs/mes) | Costo Total (Bs/mes) | Costo Total (Bs/año) |
|--------------|-------------------------|----------|-------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| 1            | Docente de enseñanza    | 1        | 4500                    | 1321                  | 5821                 | 69852                |
| 2            | Personal de limpieza    | 1        | 3000                    | 881                   | 3881                 | 46572                |
|              | Técnico de computadoras | 1        | 2400                    | 0                     | 2400                 | 28800                |
| <b>TOTAL</b> |                         |          |                         |                       | <b>9.702</b>         | <b>116.424</b>       |

Fuente: elaborado con base a investigación del proyecto

En este periodo lo que se carga a los costos de mano de obra para la gestión se incrementa a 116424 (Bs).

### 9.5.1.2 Costos de publicidad

Los costos de publicidad en el proyecto incluyen todos los esfuerzos para promocionar el curso, atraer estudiantes y posicionar el laboratorio como una referencia en la enseñanza.

**Cuadro 9-8: Costos de publicidad**

| N°           | Items                         | Cantidad (veces/año) | Costo Unitario (Bs/vez) | Costo Total (Bs/año) |
|--------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
| 1            | Publicidad en redes           | 8                    | 800                     | 6400                 |
| 2            | Afiches publicitarios 31*43cm | 8                    | 500                     | 4000                 |
| <b>TOTAL</b> |                               |                      |                         | <b>10.400</b>        |

Fuente: elaborado con base a investigación del proyecto

### 9.5.1.3 Costos de mantenimiento

Estos costos aseguran que todos los equipos y el entorno del laboratorio se mantengan en buen estado, garantizando que el espacio y las herramientas estén listos para el uso educativo.

**Cuadro 9-9: Costos de mantenimiento**

| N°           | Items   | Cantidad (und/mes) | Costo Unitario (Bs/mes) | Costo Total (Bs/mes) | Costo Total (Bs/año) |
|--------------|---|--------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|
| 1            | Pack productos de limpieza (Detergentes, desinfectantes y trapos) | 1                  | 105                     | 105                  | 1260                 |
| 2            | Pack (Escoba, recogedor, trapeador y baldes)                      | 0,25               | 100                     | 25                   | 300                  |
| 3            | Pack material de Limpieza Personal (Guantes y Mascarillas)        | 0,5                | 35                      | 17,5                 | 210                  |
| 4            | Pack de Bolsas plásticas y trapos de piso                         | 1                  | 30                      | 30                   | 360                  |
| <b>TOTAL</b> |   |                    |                         |                      | <b>2.130</b>         |

Fuente: elaborado con base a investigación del proyecto

### 9.5.1.4 Costos de conexión

La conexión a internet es un gasto esencial en el proyecto, ya que permite el acceso a recursos en línea y la operatividad de las herramientas tecnológicas utilizadas en el curso.

**Cuadro 9-10: Costos de conexión**

| N°           | Items                       | Cantidad (pagos/año) | Costo Unitario (Bs/pago) | Costo Total (Bs/año) |
|--------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| 1            | Conexión a internet 105mbps | 12                   | 340                      | 4080                 |
| <b>TOTAL</b> |                             |                      |                          | <b>4.080</b>         |

Fuente: elaborado con base a investigación del proyecto

## 9.5.2 Costos operativos variables

### 9.5.2.1 Costos de energía Eléctrica

**Cuadro 9-11: Costos de Energía Eléctrica**

| N°           | Items                      | Cantidad | Potencia (kW) | Tiempo de uso (h/día) | Energía Total (kWh/mes) | Costo Total (Bs/mes) | Costo Total (Bs/año) |
|--------------|----------------------------|----------|---------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|
| 1            | Computadoras de escritorio | 15       | 0,42          | 4                     | 504,00                  | 977,76               | 11733,12             |
| 2            | Otros gastos eléctricos    | 1        | 0,2           | 4                     | 16,00                   | 31,04                | 372,48               |
| <b>TOTAL</b> |                            |          |               |                       |                         | <b>1.008,8</b>       | <b>12.105,6</b>      |

Fuente: elaborado con base a investigación del proyecto

Este costo refleja el consumo de electricidad necesario para operar los equipos tecnológicos en el laboratorio, variando según la intensidad de uso durante los cursos.

**Cuadro 9-12: Costos de Energía Eléctrica en los años 2025 al 2029**

| Años                       | 2025            | 2026            | 2027            | 2028             | 2029             |
|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| Computadoras de escritorio | 11733,12        | 11830,90        | 11928,67        | 12026,45         | 12124,22         |
| Otros gastos eléctricos    | 372,48          | 375,58          | 378,69          | 381,79           | 384,90           |
| <b>Total</b>               | <b>12105,60</b> | <b>12206,48</b> | <b>12307,36</b> | <b>12.408,24</b> | <b>12.509,12</b> |

Fuente: elaborado con base al cuadro 9-11

### 9.5.2.2 Materiales y consumibles

**Cuadro 9-13: Costos de Materiales y consumibles**

| N°           | Ítems  | Cantidad | Costo Unitario (Bs/und) | Costo Total (Bs/año) |
|--------------|--|----------|-------------------------|----------------------|
| 1            | Manual                                       | 15       | 150                     | 36000                |
| 2            | Material adicional (pack de hojas y lápices) | 1        | 65                      | 1040                 |
| <b>TOTAL</b> |  |          |                         | <b>37.040</b>        |

Fuente: elaborado con base a investigación del proyecto

Incluyen todos los suministros que se utilizan y reponen regularmente en el proyecto, como papelería, insumos para prácticas y otros materiales necesarios para la formación de los estudiantes.

**Cuadro 9-14: Materiales y consumibles en los años 2025 al 2029**

| Año  | 2025             | 2026             | 2027             | 2028             | 2029             |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Manual                                       | 36000            | 36150            | 36300            | 36450            | 36600            |
| Material adicional (pack de hojas y lápices) | 1040             | 1109,33          | 1178,67          | 1248,00          | 1317,33          |
| <b>Total</b>                                 | <b>37.040,00</b> | <b>37.259,33</b> | <b>37.478,67</b> | <b>37.698,00</b> | <b>37.917,33</b> |

Fuente: elaborado con base al cuadro 9-13

## 9.6 Ingresos del proyecto

Los ingresos del proyecto provienen principalmente de las matrículas de los estudiantes que participan en el curso. Estos ingresos son fundamentales para cubrir los costos operativos y asegurar la sostenibilidad financiera del laboratorio.

Para establecer el precio de venta sin factura, se deben considerar los costos fijos y variables por estudiante para ello ver el Cuadro 9-15, así también se debe tener en cuenta algún margen de utilidad.

**Cuadro 9-15: Costos fijos y variables por estudiante**

|                               | Total Costos | Costo/Estudiante |
|-------------------------------|--------------|------------------|
| <b>Costos Fijos</b>           | 133034       | 554,31           |
| <b>Costos Variables</b>       | 49145,6      | 204,77           |
| <b>Costo total/Estudiante</b> |              | <b>759,08</b>    |

Fuente: Elaborado con base a los cuadros 9-7 al 9-14

Para el cálculo del precio de venta con y sin factura se utilizarán las siguientes formulas:

$$P.V. (Sin Factura) = \frac{\text{Costo por unidad}}{1 - \text{Margen de beneficio como porcentaje}}$$

$$P.V. (Con Factura) = \frac{P.V. (Sin Factura)}{1 - \text{Impuestos (IVA + IT)}}$$

Para este proyecto se tomará en cuenta el margen de beneficio con un porcentaje de 10%, con el propósito de generar un pequeño excedente que permita la reinversión en

infraestructura o mejora de programas, asegurando la sostenibilidad a largo plazo sin fines de lucro. Este margen es bajo y se utiliza para mantener o mejorar la calidad educativa sin representar una carga financiera significativa para los estudiantes.

Y para el valor agregado se incluirán los porcentajes de Impuesto al Valor agregado (IVA) en un 13% y el impuesto a las transacciones (IT) en un 3% de los cuales como resultado nos da un 16%.

Aplicando las fórmulas se obtiene los siguientes precios:

| <b>PRECIO DE VENTA (Bs)</b> |      |
|-----------------------------|------|
| <b>Sin Factura</b>          | 844  |
| <b>Con Factura</b>          | 1005 |

Y con el precio de venta establecido de 952 Bs se pudo calcular el total de ingresos por venta de matrículas para los 5 años. Tomando en cuenta un total de 240 matrículas vendidas el primer año.

**Cuadro 9-16: Ingresos por ventas del curso**

| <b>Años</b>          | <b>2025</b> | <b>2026</b> | <b>2027</b> | <b>2028</b> | <b>2029</b> |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Ingresos (Bs)</b> | 241.200     | 257.280     | 273.360     | 289.440     | 305.520     |

**Fuente:** elaborado con base a investigación del proyecto

## 9.7 Estado de resultados del proyecto sin financiamiento

Cuadro 9-17: Estado de resultados del proyecto sin financiamiento

| Años                                 | 2025              | 2026              | 2027              | 2028              | 2029              |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Ingresos / ventas                    | 241.200,00        | 257.280,00        | 273.360,00        | 289.440,00        | 305.520,00        |
| Otros Ingresos                       |                   |                   |                   |                   |                   |
| <b>Total Ingresos Brutos</b>         | <b>241.200,00</b> | <b>257.280,00</b> | <b>273.360,00</b> | <b>289.440,00</b> | <b>305.520,00</b> |
| (-) impuestos a las transacciones 3% | 7.236,00          | 7.718,40          | 8.200,80          | 8.683,20          | 9.165,60          |
| (-) IVA ventas                       | 31.356,00         | 33.446,40         | 35.536,80         | 37.627,20         | 39.717,60         |
| (+) IVA compras                      | 6.444,10          | 6.444,10          | 6.444,10          | 6.444,10          | 6.444,10          |
| <b>Ingresos Netos</b>                | <b>196.163,90</b> | <b>209.671,10</b> | <b>223.178,30</b> | <b>236.685,50</b> | <b>250.192,70</b> |
| Costos Operativos                    |                   |                   |                   |                   |                   |
| Sueldos y Salarios                   | 116.424,00        | 116.424,00        | 116.424,00        | 116.424,00        | 116.424,00        |
| Costos de Comercialización           | 10.400,00         | 10.400,00         | 10.400,00         | 10.400,00         | 10.400,00         |
| Costos de mantenimiento              | 2.130,00          | 2.130,00          | 2.130,00          | 2.130,00          | 2.130,00          |
| Costos de conexión                   | 4.080,00          | 4.080,00          | 4.080,00          | 4.080,00          | 4.080,00          |
| Costo de energía Eléctrica           | 12.105,60         | 12.206,48         | 12.307,36         | 12.408,24         | 12.509,12         |
| Costo de materiales y consumibles    | 37.040,00         | 37.259,33         | 37.478,67         | 37.698,00         | 37.917,33         |
| <b>Total costos Operativos</b>       | <b>182.179,60</b> | <b>182.499,81</b> | <b>182.820,03</b> | <b>183.140,24</b> | <b>183.460,45</b> |
| Depreciación de activos fijos        | 947,60            | 947,60            | 947,60            | 947,60            | 947,60            |
| Amortización de activos diferidos    | 30.000,00         | 30.000,00         | 30.000,00         | 30.000,00         | 30.000,00         |
| Costos Financieros                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| <b>Total Costos</b>                  | <b>213.127,20</b> | <b>213.447,41</b> | <b>213.767,63</b> | <b>214.087,84</b> | <b>214.408,05</b> |
| Utilidad Bruta                       | -16.963,30        | -3.776,31         | 9.410,67          | 22.597,66         | 35.784,65         |
| IUE (25%)                            | 0                 | 0                 | 2352,668333       | 5649,415          | 8946,161667       |
| <b>Utilidad Neta</b>                 | <b>-16.963,30</b> | <b>-3.776,31</b>  | <b>7.058,01</b>   | <b>16.948,25</b>  | <b>26.838,49</b>  |

Fuente: elaborado con base a los cuadros 9-1 al 9-15

## 9.8 Flujo de fondos sin financiamiento

**Cuadro 9-18: Flujo de fondos sin financiamiento**

| Años                              | 2024               | 2025       | 2026      | 2027      | 2028       | 2029       |
|-----------------------------------|--------------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|
| Inversión                         | 153643             |            |           |           |            |            |
| Valor residual                    |                    |            |           |           |            |            |
| Capital de Trabajo                | 14.973,67          |            |           |           |            |            |
| Utilidad neta                     |                    | -16.963,30 | -3.776,31 | 7.058,01  | 16.948,25  | 26.838,49  |
| Depreciación de activos fijos     |                    | 947,60     | 947,60    | 947,60    | 947,60     | 947,60     |
| Amortización de activos diferidos |                    | 30.000,00  | 30.000,00 | 30.000,00 | 30.000,00  | 30.000,00  |
| Flujo de fondo                    | <b>-168.616,67</b> | 13.984,30  | 41.155,59 | 79.161,19 | 127.057,04 | 184.843,12 |

Fuente: elaborado con base al cuadro 9-16

Con el flujo de fondos sin financiamiento se tiene como resultado de evaluación:

|          |            |
|----------|------------|
| VAN (Bs) | 120.620,49 |
| TIR      | 29%        |
| B/C      | 1,75       |



## **10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **10.1 Conclusiones**

El proyecto de grado "Diseño de Laboratorios Didácticos para la Formación de Ingenieros Industriales con el Enfoque de Industria 4.0" ha sido un esfuerzo integral que ha logrado avances significativos en la mejora de la calidad educativa en el campo de la ingeniería industrial. A través de una investigación exploratoria, se identificaron las brechas existentes en la formación actual de los estudiantes, tales como la falta de oportunidades prácticas, resistencia al cambio al adoptar nuevas tecnologías y la falta de conocimientos técnicos.

Para abordar estas brechas, se diseñó un laboratorio didáctico innovador y relevante en forma de un manual titulado "Conexión y Obtención de Datos de Estaciones MPS en CIROS de Festo Didactic". Este manual se centra en la automatización de procesos de producción mediante robótica industrial y el uso de la computación en la nube, brindando a los estudiantes una experiencia práctica alineada con los principios de la Industria 4.0.

La colaboración con la empresa Didactech S.R.L. ha sido fundamental para el desarrollo del proyecto, permitiendo la integración de tecnologías avanzadas y el asesoramiento técnico especializado. Esta colaboración ha garantizado que el laboratorio didáctico esté actualizado con las últimas tendencias de la industria y responda a las necesidades del mercado laboral.

Con miras al futuro, se propone una visión a largo plazo que incluye la implementación del laboratorio didáctico en la carrera de Ingeniería Industrial, la capacitación del cuerpo docente en su uso, la promoción de la colaboración con otras empresas e instituciones, y la actualización continua del contenido del laboratorio para mantenerlo a la vanguardia de la Industria 4.0.

El análisis financiero revela que el proyecto tiene un VAN positivo de 120.620,49 Bs, una TIR del 29%, y una relación Beneficio/Costo de 1.75. Estos indicadores confirman que el proyecto es rentable y financieramente viable, aunque con una rentabilidad moderada. La

TIR y la relación Beneficio/Costo sugieren que el proyecto generará beneficios superiores a los costos, pero sin un margen de ganancia extremadamente elevado. En general, el proyecto se presenta como una opción sólida para llevar a cabo, con un potencial de generar valor adicional, aunque de manera conservadora.

En resumen, el proyecto de grado ha sentado las bases para una educación más sólida y orientada a las demandas del mercado en el campo de la ingeniería industrial, preparando a los estudiantes para ser líderes en un entorno industrial cada vez más tecnológico y globalizado.

## 10.2 Recomendaciones

Para asegurar la sostenibilidad y el impacto del proyecto a largo plazo, se recomienda:

- **Actualización constante del contenido:** Adaptar el laboratorio a los avances tecnológicos y las nuevas tendencias de la Industria 4.0.
- **Fortalecimiento de la colaboración con la industria:** Involucrar a empresas como Didactech S.R.L. para asegurar la alineación con las necesidades del mercado.
- **Promoción de la investigación y la innovación:** Estimular la creatividad y el pensamiento crítico en el ámbito de la Industria 4.0.
- **Desarrollo de capacidades docentes:** Capacitar a los profesores en las últimas tendencias y metodologías educativas.
- **Evaluación y retroalimentación constantes:** Recoger información de los estudiantes para mejorar continuamente el laboratorio.
- **Difusión y replicación del modelo:** Compartir las experiencias y resultados del proyecto con otras instituciones.
- **Desarrollo de una estrategia de sostenibilidad:** Asegurar el financiamiento y la participación activa de los estudiantes.

Implementar estas recomendaciones permitirá que el laboratorio didáctico siga siendo una herramienta efectiva para la formación de ingenieros industriales preparados para afrontar los desafíos de la Industria 4.0.

## 11 BIBLIOGRAFIA

- Abdelraheem, E. M. (2020). An examination of the effectiveness of laboratory-based learning in science education. *International Journal of Science Education*, 42(17), 2909-2931. doi:10.1080/09500693.2020.1839518
- American Psychological Association. (2021). *Publication Manual of the American Psychological Association (7th ed.)*. Obtenido de <https://doi.org/10.1037/0000165-000>
- Bahrin, M., Othman, M., Azli, N., & Talib, M. (2016). INDUSTRY 4.0: A REVIEW ON INDUSTRIAL AUTOMATION AND ROBOTIC. 78, 137-143. doi:<https://doi.org/10.11113/JT.V78.9285>
- Bai, C., Dallasega, P., Orzes, G., Sarkis, J., & Sarkis, J. (2020). Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. *International Journal of Production Economics*, 229. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107776>.
- Bisong, E. (2019). What Is Cloud Computing?. *Building Machine Learning and Deep Learning Models on Google Cloud Platform*. doi:[https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4470-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4470-8_1).
- Borangiu, T., Trentesaux, D., Thomas, A., Leitão, P., & Barata, J. (2019). Digital transformation of manufacturing through cloud services and resource virtualization. *Comput. Ind.*, 108, 150-162. doi:<https://doi.org/10.1016/J.COMPIND.2019.01.006>.
- Bouza, F. (2003). *Tendencias a la desigualdad en Internet: la brecha digital (digital divide) en España*. Obtenido de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/471-2013-11-05-t.pdf>
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Coking, R. R. (2000). How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School: Expanded Edition. *National Academies Press (US)*., 85. doi:<https://doi.org/10.17226/9853>

- Bueno, A., Filho, M., & Frank, A. (2020). Smart production planning and control in the Industry 4.0 context: A systematic literature review. *Comput. Ind. Eng.*, 149. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106774>
- Caimán, Sanchez, P., Gilede, J., & Castillo Giraldo, D. (2018). Industria 4.0 y tendencias en la ingeniería industrial. 160.
- Campanario, J. M., & Bermejo, R. (2019). *Didáctica General: Una introducción desde la práctica*. Editorial Síntesis.
- Carbone, V., Cesarotti, V., & Bonfanti, A. (2019). Industry 4.0 and the future of higher education: a review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 1-24.
- Chen, J. Y., & Wang, C. H. (2015). Service-oriented Industry 4.0: A conceptual framework. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 28(2), 145-158.
- Chen, Y., & Mao, Y. (2014). Big data: A survey. *Mobile Networks and Applications*, 19(2), 171-209.
- Chiavenato, I. (2014). *Formación y Desarrollo de Recursos Humanos*. McGraw-Hill.
- CPE. (2009). Art. 78. En *Constitucion Politica del Estado Plurinacional de Bolivia* (pág. 27).
- CPE. (2009). Art. 90. En *Constitucion Politica del Estado Plurinacional de Bolivia* (pág. 33).
- DTIC - UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS. (2017 - 2023). *Pilares Estratégicos - DINA - Universidad Mayor de San Andrés*. Obtenido de [https://dina.umsa.bo/pilares-estrat%C3%A9gicos/-/asset\\_publisher/Yub1OwZZMZqC/content/prueba-pilar?\\_com\\_liferay\\_asset\\_publisher\\_web\\_portlet\\_AssetPublisherPortlet\\_INSTANCE\\_Yub1OwZZMZqC\\_redirect=https%3A%2F%2Fdina.umsa.bo%2Fpilares-estrat%25C3%25A9gicos%3Fp](https://dina.umsa.bo/pilares-estrat%C3%A9gicos/-/asset_publisher/Yub1OwZZMZqC/content/prueba-pilar?_com_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_Yub1OwZZMZqC_redirect=https%3A%2F%2Fdina.umsa.bo%2Fpilares-estrat%25C3%25A9gicos%3Fp)

- Delgado, J. L., & Javier, F. J. (2018). *Laboratorios didácticos: Teoría y práctica*. Síntesis.
- Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O. (2009). *The systematic design of instruction (7th ed.)*. Pearson.
- Doubravský, K. (2019). Industry 4.0 and the Future of Education: A Conceptual Analysis". *Central European Business Review*, 8(4), 1-12.
- Dror, O. E., & Harnoss, I. (2018). Augmented reality, virtual reality, and computer graphics applications in education: A review. *International Journal of Computer-Assisted Radiology and Surgery*, 13(9), 1423-1429. doi:10.1007/s11548-018-1770-1
- Faulkner, L. (2003). Beyond the five-user assumption: Benefits of increased sample sizes in usability testing. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers* 35(3), 379 - 383.
- Fayez, A., Fahmy, A. A., & Othman, M. A. (2013). Cloud computing in e-learning: The implementation and migration. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 93, 612-616.
- Fernandez, A. R. (2022). Beneficios de la automatización empresarial en industrias y empresas en Bolivia. *Revista Industrial 4.0*.
- Festo Didactic. (2012). *Festo MPS: Modular production system*. Obtenido de <https://www.festo-didactic.com/int-en/services/consulting-implementation/modular-production-system-mps.htm>
- Festo Didactic. (2014). *CIROS: The industry standard for virtual commissioning*. Obtenido de <https://www.festo-didactic.com/int-en/services/consulting-implementation/virtual-commissioning-ciros.htm>
- Flores Fernandez, A. R. (2022). Beneficios de la automatización empresarial en industrias y empresas de Bolivia. En *Revista Industrial 4.0*. Walking Graf.

- Fuertes, J., Prada, M., Rodríguez Osorio, J., Gonzals Herbón , R., Pérez , D., & Dominguez, M. (2021). Environment for education on Industry 4.0. *IEEE Access*, 1. doi:<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3120517>
- Gaikwad, P., & Pandey, S. (2022). A review on Special Skill Sets from Industry 4.0 Perspective. *2022 2nd International Conference on Electronic and Electrical Engineering and Intelligent System (ICE3IS)*, 276-281. doi:<https://doi.org/10.1109/ICE3IS56585.2022.10010070>
- García, A. (2021). Evaluación y seguimiento en el laboratorio didáctico. *Universidad Nacional de Educación a Distancia*, 30(2), 45-67.
- García, A. (2021). *Festo Didactic*. Enciclopedia de la Educación.
- García, E. (2020). Evaluación de programas sociales: conceptos y métodos. *Revista de Políticas Sociales*, 10(2), 30-45.
- García, E. (2020). Sistemas de automatización en la industria: conceptos y aplicaciones. *Tecnología Industrial*, 10(2), 45-60.
- García-Valcárcel Muñoz-Repiso, A., Martínez-Sánchez, Á., & Naranjo-Alemán, J. L. (2018). Industry 4.0 in engineering education: A systematic mapping study. *IEEE Transactions on Education*, 61(1), 30-39.
- Geminiano, A., Marreiros, G., & Ferraz, F. (2021). Artificial intelligence in higher education: a systematic review. *Education and Information Technologies*, 26(3), 3677-3711.
- Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 252. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869>.
- Gómez-Carrasco, M. T., Pardo-del-Val, M., & Cañadas-Quesada, F. J. (2019). Measuring the impact of project-based learning in laboratory activities for a course in

- electrical and electronic engineering. *IEEE Transactions on Education*, 62(1), 56-63. doi:10.1109/TE.2018.2795186
- González Hernández, I. J., & Granillo Macías, R. (2018). Competencias del ingeniero industrial en la Industria 4.0. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 1-14.
- Grieves, M., & Vickers, J. (2016). Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. *In Proceedings of the Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)*, 1-6.
- Griffin, B., & Steane, M. A. (2019). *Laboratory Design Guide*. John Wiley & Sons.
- Hamdan, N., McKnight, P., McKnight, K., & Arfstrom, K. M. (2013). A review of flipped learning. *American Institute for Research*. Obtenido de <https://www.air.org/sites/default/files/downloads/report/Review-of-Flipped-Learning.pdf>
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design principles for Industrie 4.0 scenarios: A literature review. *Technological Forecasting and Social Change*, 102, 145-162.
- Hernández Segura, M. J., Sánchez Carmona, A. M., & Sanz Pérez, M. J. (2019). Modelos de laboratorios didácticos: una revisión de la literatura. *Revista de Educación en Biología*, 22(1), 1-12.
- Hoyt, G. M., & Day, W. H. (2016). Use of Technology in Laboratory Teaching: A Review of the Literature. *Journal of Chemical Education*, 93(5), 754-768.
- Iansiti, M., & Lakhani, K. R. (2017). The truth about blockchain. *Harvard Business Review*, 95(1), 118-127.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Final report of the Industrie 4.0 working group. *Forschungsunion*, 1-36.

- Karimi, R., Khalilpourazary, S., & Ghorbani, S. (2019). Assessing the effectiveness of laboratory practices for engineering education: A review of empirical studies. *European Journal of Engineering Education*, 44(2), 184-203.
- Kim, D., & Park, F. C. (2017). A study on the industrial applications of collaborative robots based on patents. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 31(6), 2781-2789.
- Kong, H., & Zhang, Q. (2018). Research and practice of cooperative curriculum design and educational system for Industry 4.0. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 13(12), 48-66.
- Labrinidis, A., & Jagadish, H. (2017). Challenges and Opportunities with Big Data. *International journal of scientific research*, 5, 16 - 20. doi:<https://doi.org/10.26438/IJSRCSE/V5I5.1620>
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242.
- Lee, E. A., Kao, H., & Yang, S. (2014). *Cyber-physical systems: The next computing revolution. In Proceedings of the 47th Design Automation Conference.*
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing letters*, 3, 18-23.
- Lee, J., Lapira, E., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2013). Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment. *Manufacturing Letters*, 1(1), 38-41.
- Liu, X., Wang, J., & Yang, L. (2018). Industrial Internet of Things with intelligent perception: Research progress and prospect. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 5(3), 597-608. doi:10.1109/JAS.2018.7511669
- Lu, Y., Papagiannidis, S., & Alamanos, E. (2018). Internet of Things: A systematic review of the business literature from the user and organisational perspectives.



*Technological Forecasting and Social Change.*  
doi:<https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2018.01.022>.

- Mahmood, T., Oswal, M., & Akram, M. W. (2019). An imperative analysis of laboratory significance in engineering education for Industry 4.0. *Journal of Cleaner Production, 213*, 1012-1022.
- Martín del Peso, M. M., Galán-Mena, J., & Pertegal-Felices, M. L. (2019). Perception of the development of practical competencies and skills in engineering students through the use of laboratory practices. *European Journal of Engineering Education, 44*(6), 768-782. doi:10.1080/03043797.2018.1536346
- Meiren, T., & Heyden, M. (2018). Industry 4.0: A Review of the Concept and Educational Implications. *In Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 1187-1198.
- Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing. *National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD*, 6.
- Mian, S., Salah, B., Ameen, W., Moiduddin, K., & Alkhalefah, H. (2020). Adapting Universities for Sustainability Education in Industry 4.0: Channel of Challenges and Opportunities. *Sustainability*. doi:<https://doi.org/10.3390/su12156100>.
- Montoya, M. E., González, M. Á., & Fuentes, Y. (2020). Herramientas y plataformas digitales para el aprendizaje y la enseñanza en el contexto de la Industria 4.0. *Revista de Tecnología e Innovación, 7*(1), 73-85.
- Nielsen, J., & Molich, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 249 - 256.
- Nielsen, J. (1992). Finding usability problems through heuristic evaluation. *Proceedings of the ACM CHI'92 Human Factors in Computing Systems Conference*. 373 - 380.
- Nitzan, D., & Rosen, C. (1976). Programmable Industrial Automation. *IEEE Transactions on Computers*, 1259-1270. doi:<https://doi.org/10.1109/TC.1976.1674593>

- Oviedo, P. E. (2016). *Biblioteca Virtual CLACSO*. Obtenido de <https://biblioteca.clacso.edu.ar/Colombia/fce-unisalle/20170117031111/Innovarens.pdf>
- Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2014). How smart, connected products are transforming competition. *Harvard Business Review*, *92(11)*, 64-88.
- Qin Hu, G. (2014). Design of Processing Station of MPS Based on PLC. *Mechanical Engineering & Automation*.
- Rahman, M. A., & Islam, M. M. (2015). Simulation of PLC based elevator control system. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, *6(4)*, 233-237.
- Real Academia Española. (s.f.). Obtenido de <https://dle.rae.es/did%C3%A1ctico>
- Restrepo Moreno, M. I. (2020). Industry 4.0 skills for engineers: a systematic literature review. *European Journal of Engineering Education*, *45(6)*, 845-870.
- Rodriguez Hernandez, V. L., & Sanchez Mejia Valenzuela, C. (2020). *Ingeniería industrial 4.0. De la cuarta revolución industrial*.
- Romero, C., Ventura, S., & García, E. (2017). Data mining in education. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, *7(5)*. doi:<https://doi.org/10.1002/widm.1218>
- Rubin, J., & Chisnell, D. (2008). Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests. *John Wiley & Sons.*, 142.
- Rubio, S., Mayorga, M., & Pérez, D. (2015). Evaluación heurística de la usabilidad de sistemas interactivos. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, *45(3)*, 19-39.
- Russo, D. (2016). Historical evolution and state of the art of collaborative robotics. *Assembly Automation*, *36(3)*, 263-274.
- Sánchez, A. (2018). Seguimiento y monitoreo de proyectos: conceptos y herramientas. *Gestión de Proyectos*, *3(1)*, 15-30.

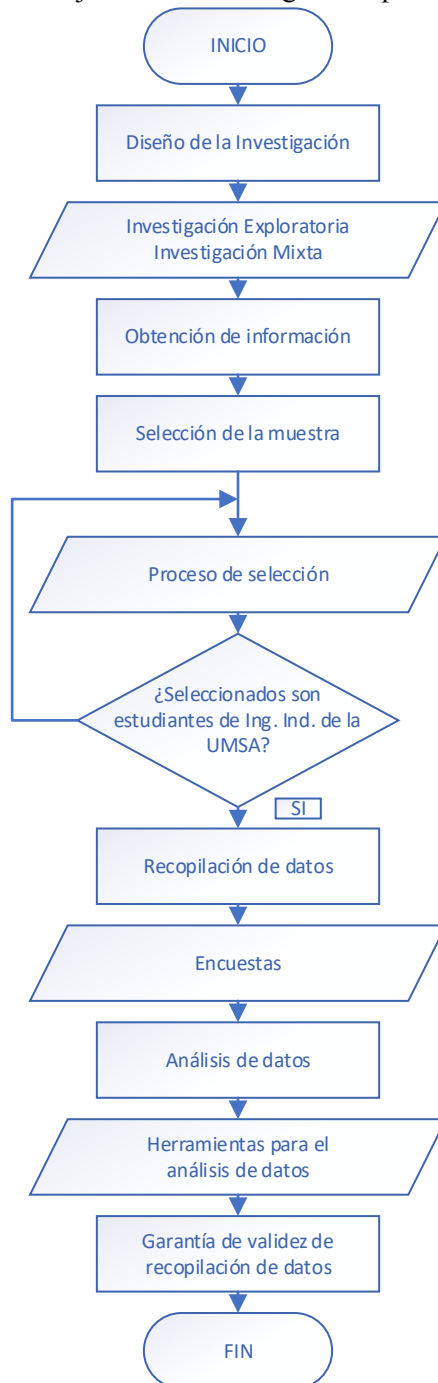
- Schougaard, K. M., Huynh, C. P., & Templin, M. A. (2019). 3D Printing in education: A framework for implementation. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, *12(1)*, 1-12. Obtenido de [https://www.aace.org/pubs/jetde/current\\_issue.cfm](https://www.aace.org/pubs/jetde/current_issue.cfm)
- Shi, Z. (2023). Development Trends and Prospects of Industrial Automation. *Academic Journal of Business & Management*. doi:<https://doi.org/10.25236/ajbm.2023.051915>
- Shi, Z., Xie, Y., Xue, W., Chen, Y., Fun, L., & Xu, X. (2020). Fábrica inteligente en la Industria 4.0. *Investigación de Sistemas y Ciencias del Comportamiento*, *37*, 607-617. doi:<https://doi.org/10.1002/sres.2704>.
- Simonson, M., Smaldino, S., Albright, M., & Zvacek, S. (2019). *Teaching and learning at a distance: Foundations of distance education (7th ed.)*. Information Age Publishing.
- Smith, J. (2021). Evaluating the Effectiveness of the Science Laboratory in Teaching. *Journal of Science Education and Technology*, *39(2)*, 73-89.
- Smith, J. (2021). Virtual Industrialization: a New Paradigm for Manufacturing. *International Journal of Production Research*, *39(2)*, 73-89.
- Stojkoska, B. R., & Trivodaliev, K. V. (2017). A review of Internet of Things for smart home: Challenges and solutions. *Journal of Cleaner Production*, *140*, 1454-1464.
- SUAREZ, H. B. (2001). *LEY DE FOMENTO DE LA CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACION*.
- Tao, F., Zhang, L., Venkatesh, V. C., & Luo, Y. (2019). A knowledge-driven framework of product-service system design for Industry 4.0. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, *55*, 200-209.
- Tapia, V. (2017). Industria 4.0–Internet de las cosas. En *UTCiencia 1 (1)* (págs. 51 - 60).

- Thoben, K. D., Wiesner, S., & Wuest, T. (2017). State of the art and future trends in Industry 4.0. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-6.
- UNESCO. (2017). *Global Education Monitoring Report 2017/8: Accountability in education: Meeting our commitments*. París: UNESCO.
- Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2016). Industria 4.0 – Un vistazo. *Procedia Manufactura*, 20, 233-238. doi:<https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2018.02.034>.
- Vázquez, M., & Gerena, E. (2020). La formación en el contexto de la Industria 4.0: una revisión bibliográfica de las tendencias actuales. *Revista de Educación en Ingeniería*, 15(30), 33-39.
- Wang, F., Che, X., Zhang, R., & Niu, B. (2020). Applications of artificial intelligence in education: A review. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 13(1), 1-18.
- Wang, S., & Wang, Y. (2019). Industry 4.0 and its impact on education. *Journal of Industrial Information Integration*, 13, 1-8.
- Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D., & Zhang, C. (2016). Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. *Computer Networks*, 101, 158-168.
- Weyer, S., Schmitt, M., Ohmer, M., & Gorecky, D. (2015). Towards industry 4.0—standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 579-584.
- Wu, H. (2023). Research on PLC Control System Based on Virtual Simulation. *023 8th International Conference on Information Systems Engineering (ICISE)*, 530-534. doi:<https://doi.org/10.1109/ICISE60366.2023.00118>
- Wu, H. K., Huang, Y. M., & Chiu, Y. C. (2021). Networked immersive virtual and augmented reality technologies in education. *Educational Research Review*, 30, 100-365. doi:<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100365>

- Xie, X., Xu, X., & Li, X. (2018). Integration of Industry 4.0 into engineering education: A case study of project-based learning. *International Journal of Engineering Education*, 34(2), 566-574.
- Xu, L., Xu, E., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 2941 - 2962.  
doi:<https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>

# ANEXO A

**Anexo A-1:** Diagrama de flujo de la metodología a emplear en la investigación



**Fuente:** Extraído del capítulo 5. METODOLOGÍA

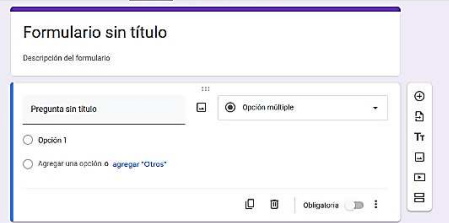

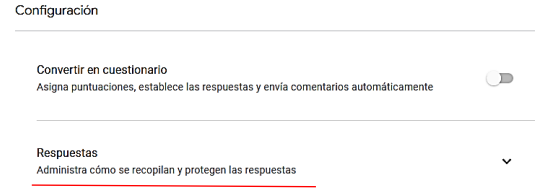

**Anexo A-2:** Muestra de anonimato y confidencialidad de sus respuestas en la encuesta

## ENCUESTA: BRECHAS Y FACTORES EN LA FORMACIÓN DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN LA INDUSTRIA 4.0

*Estimado(a) participante: Esta encuesta tiene como objetivo recopilar información valiosa sobre las brechas y factores que influyen en la formación de estudiantes de ingeniería industrial en el contexto de la Industria 4.0. Agradecemos su tiempo y participación. Por favor, seleccione la respuesta que mejor refleje su opinión o experiencia. La encuesta es completamente anónima y confidencial*

Fuente: Extraído de Google Forms, 2023

**Anexo A-3:** Proceso de validación de datos en Google Forms

| Proceso  | Ilustración  |
|--|--|
| 1. Abre tu formulario en Google Forms.   |   |
| 2. Haz clic en el ícono de configuración en la esquina superior derecha.   |  |
| 3. Selecciona la opción "Respuestas".  |  |
| 4. Activa la opción "Limitar a una respuesta" para asegurar que cada participante solo pueda enviar una respuesta. |  |

Fuente: Realizado con base a instructivo de Google Forms, 2023



# **ANEXO B**

## Anexo B-1: Formato de encuesta online por Google Forms

### **ENCUESTA: BRECHAS Y FACTORES EN LA FORMACIÓN DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN LA INDUSTRIA 4.0**

*Estimado(a) participante: Esta encuesta tiene como objetivo recopilar información valiosa sobre las brechas y factores que influyen en la formación de estudiantes de ingeniería industrial en el contexto de la Industria 4.0. Agradecemos su tiempo y participación. Por favor, seleccione la respuesta que mejor refleje su opinión o experiencia. La encuesta es completamente anónima y confidencial*

1. Edad: \*

Texto de respuesta breve

2. ¿En qué semestre de su formación se encuentra actualmente? \*

- 1er - 2do semestre
- 3er - 4to semestre
- 5to - 6to semestre
- 7mo - 8vo semestre
- 9no semestre

3. ¿En su formación, la carrera de Ingeniería Industrial le ha proporcionado las habilidades prácticas para la planeación, programación y control de la producción por medio de diferentes herramientas digitales (Excel, Microsoft Project, Flexim u otro software de simulación para modelar el comportamiento de un sistema de producción, etc.)?

- No conozco herramientas digitales
- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

4. ¿Qué habilidades tiene para usar herramientas de planeación, programación y control de la producción? (Selecciona todas las que apliquen)

|                        | Nada                  | Bajo                  | Medio                 | Alto                  |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Habilidad para la r... | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Habilidad de interp... | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Habilidad de gesti...  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ninguna                | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

5. ¿Qué herramientas de simulación de procesos utiliza en sus estudios de ingeniería industrial? (Selecciona todas las que apliquen)

|                      | Nada                  | Bajo                  | Medio                 | Alto                  |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Diagramas de flujo   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Modelos matemáti...  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Simuladores de pr... | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ninguna              | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

6. ¿Qué habilidades tiene para usar herramientas de simulación de procesos y su evaluación? (Selecciona todas las que apliquen)

|                        | Nada                  | Bajo                  | Medio                 | Alto                  |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Habilidad para la ...  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Habilidad de progr...  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Habilidad de interp... | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ninguna                | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

7. ¿Cual es la relación entre las habilidades que desarrolla con su malla académica y las habilidades mencionadas en la pregunta 4, para trabajar en la planeación, programación y control de la producción?

- Muy fuerte
- Fuerte
- Débil
- Muy débil

...

8. ¿Qué brechas o dificultades ha identificado en su formación? (Selecciona todas las que apliquen)

- Falta de conocimientos técnicos
- Falta de oportunidades para la práctica
- La resistencia al cambio en la implementación de nuevas tecnologías
- Ninguno
- Otra...

**Formación en Industria 4.0:**

Descripción (opcional)

---

1. ¿Está familiarizado con el concepto de Industria 4.0 (fabrica inteligente)?

- Nada
- Poco
- Bastante
- Mucho

2. ¿Ha recibido formación específica sobre tecnologías y conceptos relacionados con Industria 4.0 (fabrica inteligente) en su programa de ingeniería industrial? Si es así, ¿En cuantas asignaturas?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5 o mas
- No he recibido formación específica sobre Industria 4.0

3. ¿Las materias que ha cursado le han proporcionado los conocimientos teóricos necesarios básicos para entender y aplicar las tecnologías de la industria 4.0 (fabrica inteligente)?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

4. ¿Qué factores cree que afectan la formación de ingenieros industriales, relacionado con la simulación de procesos con su evaluación adoptando tecnologías de punta? (Selecciona todas las que apliquen) \*

|                         | Nada                  | Bajo                  | Medio                 | Alto                  |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Falta de recursos e...  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Falta de capacitaci...  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Falta de interés de ... | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Falta de inversión ...  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Contenido obsoleto      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

...

5. ¿Cree que la formación en la industria 4.0 (fabrica inteligente) le dará una ventaja competitiva en el mercado laboral después de graduarte?

- Sí
- No
- Tal vez

---

6. ¿Le gustaría tener más oportunidades de aprendizaje relacionadas con la industria 4.0 como Inteligencia artificial, Robótica en procesos industriales, Inteligencia de datos, entre otros?

- Sí
- No

**Fuente:** Extraído de Google Forms, 2024

## Anexo B-2: Encuesta a docentes de Ingeniería Industrial UMSA

### ENCUESTA DE BRECHAS Y FACTORES EN LA EDUCACIÓN A DOCENTES

**B** *I* U ↻ ✕

**Instrucciones:** Por favor, responda las siguientes preguntas para ayudarnos a identificar las brechas y necesidades en la educación de los estudiantes para enfrentar los desafíos de la Industria 4.0. Sus respuestas serán confidenciales y solo se utilizarán con fines de investigación.

1. Nombre de Materia(s) dictada(s):

Texto de respuesta breve

2. Años de experiencia como docente de Ingeniería Industrial:

- 1 - 5 años
- 6 - 10 años
- 11 o mas años

3. ¿Ha recibido alguna capacitación específica sobre Industria 4.0 en los últimos 3 años?

- Sí
- No

4. ¿Cuáles de los siguientes temas relacionados con la Industria 4.0 conoce?  
(Seleccione todas las que apliquen)

- IoT (Internet de las cosas)
- Big Data y análisis de datos
- Inteligencia Artificial y aprendizaje automático
- Robótica y automatización
- Ciberseguridad
- Realidad virtual y aumentada
- Integración de sistemas y digitalización
- Fabricación aditiva (impresión 3D)
- Otros: \_\_\_\_\_

**Opinión sobre la preparación de los estudiantes:**

1. ¿En qué nivel considera que el actual currículo de la carrera de Ingeniería Industrial aborda adecuadamente los temas relacionados con la Industria 4.0 mencionados en la anterior pregunta?

- Muy alto
- Alto
- Moderado
- Bajo
- Muy bajo

2. ¿Qué factores considera que influyen en la efectividad de la enseñanza de estos conceptos?

- Recursos educativos adecuados
- Capacitación de los docentes
- El interés de los estudiantes
- La inversión en tecnología
- Contenido obsoleto
- Otros: \_\_\_\_\_

3. ¿Cuáles son las principales brechas que observa en la educación de los estudiantes en relación con la Industria 4.0? (Seleccione todas las que apliquen)

- Falta de conocimientos teóricos en nuevas tecnologías
- Escasez de prácticas y proyectos aplicados
- Débil desarrollo de habilidades blandas (comunicación, trabajo en equipo, etc.)
- Insuficiente integración de tecnologías emergentes en el programa de estudios
- Otros: \_\_\_\_\_

4. ¿Qué cambios sugeriría para mejorar la integración de la Industria 4.0 en el programa de estudios? (Seleccione todas las que apliquen)

- Introducción de nuevas materias específicas sobre Industria 4.0
- Actualización de los contenidos de las materias existentes
- Mayor colaboración con empresas para proyectos y prácticas
- Uso de laboratorios didácticos y simulación virtual
- Capacitación continua de los profesores en temas de la Industria 4.0
- Otros: \_\_\_\_\_

**Fuente:** Extraído de Google Forms, 2024

**Anexo B-3:** Probabilidad de la percepción del usuario sobre la relevancia de tener más oportunidades de aprendizaje relacionadas con la industria 4.0

| <b>Pregunta</b>  |              |               |
|--|--------------|---------------|
| ¿Le gustaría tener más oportunidades de aprendizaje relacionadas con la industria 4.0 como Inteligencia artificial, Robótica en procesos industriales, Inteligencia de datos, entre otros? |              |               |
| <b>Respuestas</b>  | <b>Total</b> | <b>%</b>      |
| Sí   | 37           | 92,5%         |
| No   | 3            | 7,5%          |
| <b>TOTAL</b>   | <b>40</b>    | <b>100,0%</b> |

**Fuente:** Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2023

**Anexo B-4:** Objetivos propuestos para cada materia en el plan de estudios (1ra Parte)

| <b>Materia</b>                                  | <b>Objetivos</b>   |
|---|--|
| PROCESOS DE MANUFACTURA                         | Conocer, evaluar e identificar los diferentes materiales existentes para su empleo en la fabricación de productos desde el punto de vista industrial.  |
|   | Identificar y aplicar los procesos de manufactura, para la fabricación de productos de calidad e implementar las diferentes tecnologías en las diferentes industrias.  |
| OPERACIONES UNITARIAS I Y LABORATORIO           | Desarrollar conocimientos y capacidades propios del cálculo y diseño de sistemas con fluidos.  |
|   | Aplicará los conceptos, principios, métodos y criterios para el diseño, selección, operación y adaptación de equipos industriales que involucren transferencia de cantidad de movimiento.  |
| CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD Y LABORATORIO | Introducir al estudiante en el conocimiento de los factores que integran la calidad de un producto, procedimientos y sistemas que permiten el análisis y planificación de la calidad basada en los métodos de la ciencia estadística para el manejo y gestión de los recursos empresariales para la toma de decisiones en condiciones de certidumbre.  |
| INGENIERIA DE METODOS Y LABORATORIO             | Desarrollar en el estudiante la capacidad de analizar y optimizar procesos de producción y lo servicios, mediante diversas técnicas y herramientas del estudio del trabajo y la mejora continua, que le permitan plantear soluciones Innovadoras y de bajo costo, orientadas a incrementar la productividad para la industria donde aplique sus conocimientos  |
| OPERACIONES UNITARIAS II Y LABORATORIO          | Las distintas formas de transferencia de calor aplicadas en los procesos industriales, son una base para el conocimiento y aplicación de esta ciencia. Está aplicación va desde los sistemas biológicos hasta el diseño de los aparatos presentes en los bienes de capital, por lo tanto se busca que el alumno adquiera destrezas teóricas y experimentales para interpretar los distintos modos de transferencia de calor. A partir de balances de masa, energía y cantidad de movimiento aplicados a distintos fluidos. |
| OPERACIONES UNITARIAS III Y LABORATORIO         | Lograr que el estudiante adquiera conceptos fundamentales, sobre las operaciones de separación, Interpretando y aplicando los conocimientos y destrezas fisicoquímico y de origen mecánico existentes, referentes a la transferencia de materia, basadas en la aplicación de las ciencias básicas; sobre el balance de materia, y balance de energía de los procesos industriales.   |
| DISEÑO DE PROCESOS INDUSTRIALES I               | Ampliar el conocimiento en relación a los principales procesos tecnológicos, integrando las operaciones industriales desde el punto de vista del diseño y sistémico.   |



**Anexo B-4: Objetivos propuestos para cada materia en el plan de estudios (2ra Parte)**

| Materia  | Objetivos   |
|--|---|
| DISEÑO INDUSTRIAL Y LABORATORIO                        | Aplicar lo nuevo que se requiere en la industria alimentaria mediante la Ingeniería y la Seguridad Alimentaria en las cadenas productivas de los alimentos, desde la recepción, producción, procesamiento, empaque hasta producto terminado.  |
| SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL Y LABORATORIO | Plantear industrias de alimentos con todo el ciclo del proceso productivo incluyendo los Sistemas de controles de la calidad como: Buenas Prácticas de Manufactura; Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control HACCP.   |
| DISEÑO INDUSTRIAL Y LABORATORIO                        | Complementar con la práctica en laboratorio. el desarrollo y su aplicación tecnológica a la producción de alimentos similares a los industrializados para que el alumno logre determinar, la tecnología adecuada, identificación de riesgos, análisis de medidas preventivas con los sistemas de control para seguridad y garantizar los alimentos de los productos obtenidos y el proceso realizado.   |
| TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS Y LABORATORIO                  | Aplicar lo nuevo que se requiere en la industria alimentaria mediante la Ingeniería y la Seguridad Alimentaria en las cadenas productivas de los alimentos, desde la recepción, producción, procesamiento, empaque hasta producto terminado.  |
|  | Plantear industrias de alimentos con todo el ciclo del proceso productivo incluyendo los Sistemas de controles de la calidad como: Buenas Prácticas de Manufactura; Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control HACCP.   |
|  | Complementar con la práctica en laboratorio. el desarrollo y su aplicación tecnológica a la producción de alimentos similares a los industrializados para que el alumno logre determinar, la tecnología adecuada, identificación de riesgos, análisis de medidas preventivas con los sistemas de control para seguridad y garantizar los alimentos de los productos obtenidos y el proceso realizado. Adquirir una visión centrada en la utilización. de tecnologías nuevas en el proceso de los alimentos.   |
| AUTOMATIZACIÓN Y LABORATORIO                           | Al finalizar el curso, el estudiante estará capacitado para diseñar, identificar e implementar soluciones de automatización en diferentes procesos de producción. Los conocimientos adquiridos, permitirá al estudiante desarrollar soluciones básicas en el área de control de procesos y elementos autómatas así como identificar esquematizar soluciones complejas sobre la base de la reducción de tiempos improductivos, obsolescencia en maquinarias u obtención de información de variables para el control de procesos, sistemas SCADA o soluciones integrales ERP. |
| DISEÑO DE PROCESOS INDUSTRIALES I                      | Ampliar el conocimiento en relación a los principales procesos tecnológicos, integrando las operaciones industriales desde el punto de vista del diseño y sistémico.  |
| DISEÑO DE PROCESOS INDUSTRIALES I                      | Ampliar el conocimiento en relación a los principales procesos tecnológicos, integrando las operaciones industriales desde el punto de vista del diseño y sistémico.  |
| DISEÑO DE PROCESOS INDUSTRIALES I                      | Ampliar el conocimiento en relación a los principales procesos tecnológicos, integrando las operaciones industriales desde el punto de vista del diseño y sistémico.  |
| DISEÑO DE PROCESOS INDUSTRIALES I                      | Ampliar el conocimiento en relación a los principales procesos tecnológicos, integrando las operaciones industriales desde el punto de vista del diseño y sistémico.  |

**Fuente:** Elaboración con base en datos obtenidos de libro blanco de ingeniería industrial.

**Anexo B-5: Posibles temas a abordar en laboratorios didácticos por materias (1ra parte)**

| Materia   | Posibles temas para abordar como laboratorios  |
|---|--|
| PROCESOS DE MANUFACTURA                         | Implementación de sistemas de control de calidad basados en IA <sup>1</sup> en líneas de producción  |
|   | Uso de la Manufactura Aditiva <sup>2</sup> para la creación de piezas personalizadas en la industria automotriz.   |
| OPERACIONES UNITARIAS I Y LABORATORIO           | Monitoreo en tiempo real de sistemas de fluidos con sensores IoT en plantas químicas.  |
|   | Uso de Realidad Virtual para el diseño y simulación de sistemas de transferencia de calor.   |
| CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD Y LABORATORIO | Aplicación de técnicas de análisis de datos masivos (Big Data) en el control de calidad.   |
|   | Utilización de Blockchain <sup>3</sup> para rastrear la calidad y autenticidad de productos alimenticios.  |
| INGENIERIA DE METODOS Y LABORATORIO             | Optimización de procesos de fabricación con algoritmos de IA y análisis de datos.  |
|   | Diseño y producción de prototipos personalizados mediante Manufactura Aditiva.   |
|   | Ampliar el conocimiento en relación a los principales procesos tecnológicos, integrando las operaciones industriales desde el punto de vista del diseño y sistémico. |
|   | Ampliar el conocimiento en relación a los principales procesos tecnológicos, integrando las operaciones industriales desde el punto de vista del diseño y sistémico. |
|   | Ampliar el conocimiento en relación a los principales procesos tecnológicos, integrando las operaciones industriales desde el punto de vista del diseño y sistémico. |

Abreviación de “Inteligencia Artificial”

<sup>2</sup> Manufactura Aditiva también conocida como “impresión 3D”

<sup>3</sup> Blockchain que se traduce al español como "cadena de bloques".

**Fuente:** Datos obtenidos con base al cuadro y el Anexo B-4.

**Anexo B-6: Datos de la pregunta 1 de la encuesta a estudiantes 2023.**

| EDAD | CANTIDAD | %     |
|------|----------|-------|
| 17   | 2        | 1,6%  |
| 18   | 3        | 2,5%  |
| 19   | 7        | 5,7%  |
| 20   | 3        | 2,5%  |
| 21   | 6        | 4,9%  |
| 22   | 11       | 9,0%  |
| 23   | 25       | 20,5% |
| 24   | 16       | 13,1% |
| 25   | 18       | 14,8% |
| 26   | 15       | 12,3% |
| 27   | 1        | 0,8%  |
| 28   | 7        | 5,7%  |
| 29   | 2        | 1,6%  |
| 30   | 1        | 0,8%  |
| 31   | 2        | 1,6%  |
| 33   | 1        | 0,8%  |
| 35   | 2        | 1,6%  |

**Fuente:** Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2023

**Anexo B-7: Datos de la pregunta 2 de la encuesta a estudiantes 2023.**

| SEMESTRES          | CANTIDAD | %      |
|--------------------|----------|--------|
| 1er - 2do semestre | 20       | 16,39% |
| 3er - 4to semestre | 3        | 2,46%  |
| 5to - 6to semestre | 10       | 8,20%  |
| 7mo - 8vo semestre | 6        | 4,92%  |
| 9no semestre       | 83       | 68,03% |

Fuente: Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2023

**Anexo B-8: Datos de la pregunta 3 de la encuesta a estudiantes 2023.**

| HABILIDADES                       | CANTIDAD | %      |
|-----------------------------------|----------|--------|
| No conozco herramientas digitales | 7        | 5,74%  |
| Totalmente en desacuerdo          | 3        | 2,46%  |
| En desacuerdo                     | 8        | 6,56%  |
| De acuerdo                        | 76       | 62,30% |
| Totalmente de acuerdo             | 28       | 22,95% |

Fuente: Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2023

**Anexo B-9: Datos de la pregunta 4 de la encuesta a estudiantes 2023.**

| Habilidad para la recolección y análisis de datos |    | Habilidad de interpretación de diagramas y tablas |    | Habilidad de gestión de la información y toma de decisiones basada en datos |    | Ninguna |   |
|---|----|---|----|---|----|---------|---|
| Nada  | 9  | Nada  | 9  | Nada  | 16 | Nada    | 0 |
| Bajo  | 10 | Bajo  | 10 | Bajo  | 19 | Bajo    | 0 |
| Medio   | 76 | Medio   | 70 | Medio   | 79 | Medio   | 0 |
| Alto  | 27 | Alto  | 33 | Alto  | 8  | Alto    | 0 |

Fuente: Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2023

**Anexo B-10: Datos de la pregunta 5 de la encuesta a estudiantes 2023.**

| Diagramas de flujo |    | Modelos matemáticos |    | Simuladores de procesos |    | Ninguna |   |
|--------------------|----|---------------------|----|-------------------------|----|---------|---|
| Nada               | 7  | Nada                | 16 | Nada                    | 17 | Nada    | 0 |
| Bajo               | 6  | Bajo                | 33 | Bajo                    | 35 | Bajo    | 0 |
| Medio              | 44 | Medio               | 59 | Medio                   | 55 | Medio   | 0 |
| Alto               | 65 | Alto                | 14 | Alto                    | 15 | Alto    | 0 |

Fuente: Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2023

**Anexo B-11: Datos de la pregunta 6 de la encuesta a estudiantes 2023.**

| Habilidad para la modelación de sistemas |    | Habilidad de programación |    | Habilidad de interpretación de resultados y toma de decisiones basada en datos |    | Ninguna |   |
|--|----|---------------------------|----|--|----|---------|---|
| Nada                                     | 23 | Nada                      | 16 | Nada   | 11 | Nada    | 0 |
| Bajo                                     | 40 | Bajo                      | 42 | Bajo   | 26 | Bajo    | 0 |
| Medio                                    | 54 | Medio                     | 58 | Medio  | 67 | Medio   | 0 |
| Alto                                     | 5  | Alto                      | 6  | Alto   | 18 | Alto    | 0 |

Fuente: Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2023

**Anexo B-12: Datos de la pregunta 7 de la encuesta a estudiantes 2023.**

| HABILIDADES | CANTIDAD | %      |
|-------------|----------|--------|
| Muy fuerte  | 7        | 5,74%  |
| Fuerte      | 78       | 63,93% |
| Débil       | 31       | 25,41% |
| Muy débil   | 6        | 4,92%  |

Fuente: Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2023

**Anexo B-13: Datos de la pregunta 8 de la encuesta a estudiantes 2023.**

| BRECHAS O DIFICULTADES  | CANTIDAD | %      |
|---|----------|--------|
| Falta de conocimientos técnicos                                     | 52       | 28,42% |
| Falta de oportunidades para la práctica                             | 70       | 38,25% |
| La resistencia al cambio en la implementación de nuevas tecnologías | 51       | 27,87% |
| Ninguno   | 7        | 3,83%  |
| Tiempo de cursar las materias                                       | 1        | 0,55%  |
| Falta de actualización docentes                                     | 1        | 0,55%  |
| Aplicación en el ámbito empresarial                                 | 1        | 0,55%  |

Fuente: Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2023

**Anexo B-14: Datos de la pregunta 1 (Formación en industria 4.0) de la encuesta a estudiantes 2023.**

| FAMILIARIDAD | CANTIDAD | %      |
|--------------|----------|--------|
| Nada         | 18       | 14,75% |
| Poco         | 70       | 57,38% |
| Bastante     | 30       | 24,59% |
| Mucho        | 4        | 3,28%  |

Fuente: Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2023

**Anexo B-15: Datos de la pregunta 2 (Formación en industria 4.0) de la encuesta a estudiantes 2023.**

| ASIGNATURAS   | CANTIDAD | %      |
|---|----------|--------|
| 1   | 18       | 14,75% |
| 2   | 27       | 22,13% |
| 3   | 24       | 19,67% |
| 4   | 10       | 8,20%  |
| 5 o mas   | 7        | 5,74%  |
| No he recibido formación específica sobre Industria 4.0 | 36       | 29,51% |

Fuente: Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2023

**Anexo B-16: Datos de la pregunta 3 (Formación en industria 4.0) de la encuesta a estudiantes 2023.**

| PERCEPCION                     | CANTIDAD | %      |
|--------------------------------|----------|--------|
| Totalmente en desacuerdo       | 11       | 9,02%  |
| En desacuerdo                  | 10       | 8,20%  |
| Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 48       | 39,34% |
| De acuerdo                     | 51       | 41,80% |
| Totalmente de acuerdo          | 2        | 1,64%  |

Fuente: Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2023

**Anexo B-17: Datos de la pregunta 4 (Formación en industria 4.0) de la encuesta a estudiantes 2023.**

| Falta de recursos educativos adecuados |    | Falta de capacitación de los docentes |    | Falta de interés de los estudiantes |    | Falta de inversión en tecnología |    | Contenido obsoleto |    |
|--|----|---------------------------------------|----|-------------------------------------|----|----------------------------------|----|--------------------|----|
| Nada                                   | 3  | Nada                                  | 5  | Nada                                | 2  | Nada                             | 2  | Nada               | 10 |
| Bajo                                   | 19 | Bajo                                  | 32 | Bajo                                | 24 | Bajo                             | 9  | Bajo               | 29 |
| Medio                                  | 65 | Medio                                 | 63 | Medio                               | 68 | Medio                            | 66 | Medio              | 62 |
| Alto                                   | 35 | Alto                                  | 22 | Alto                                | 28 | Alto                             | 45 | Alto               | 21 |

Fuente: Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2023

**Anexo B-18: Datos de la pregunta 5 (Formación en industria 4.0) de la encuesta a estudiantes 2023.**

| ASIGNATURAS | CANTIDAD | %      |
|-------------|----------|--------|
| Sí          | 90       | 73,77% |
| No          | 1        | 0,82%  |
| Tal vez     | 31       | 25,41% |

Fuente: Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2023

**Anexo B-19: Datos de la pregunta 6 (Formación en industria 4.0) de la encuesta a estudiantes 2023.**

| ASIGNATURAS | CANTIDAD | %      |
|-------------|----------|--------|
| Sí          | 117      | 95,90% |
| No          | 5        | 4,10%  |

Fuente: Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2023

**Anexo B-20: Datos de la pregunta 2 de la encuesta a docentes 2024.**

| AÑOS DE EXPERIENCIA | CANTIDAD | %   |
|---------------------|----------|-----|
| 1 - 5 años          | 2        | 15% |
| 6 - 10 años         | 2        | 15% |
| 11 o más años       | 9        | 69% |

Fuente: Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2024

**Anexo B-21: Datos de la pregunta 3 de la encuesta a docentes 2024.**

| CAPACITACIÓN SOBRE INDUSTRIA 4.0 | CANTIDAD | %   |
|----------------------------------|----------|-----|
| Sí                               | 10       | 77% |
| No                               | 3        | 23% |

Fuente: Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2024

**Anexo B-22: Datos de la pregunta 4 de la encuesta a docentes 2024.**

| CONOCIMIENTO DE TEMAS IND. 4.0                   | CANTIDAD |
|--|----------|
| IoT (Internet de las cosas)                      | 4        |
| Big Data y análisis de datos                     | 6        |
| Inteligencia Artificial y aprendizaje automático | 12       |
| Robótica y automatización                        | 4        |
| Ciberseguridad                                   | 2        |
| Realidad virtual y aumentada                     | 4        |
| Integración de sistemas y digitalización         |          |
| Fabricación aditiva (impresión 3D)               | 4        |
| Big Data Gemelo digital Machine Learning BPMS    | 1        |

Fuente: Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2024

**Anexo B-23: Datos de la pregunta 1 (Opinión sobre la preparación de los estudiantes) de la encuesta a docentes 2024**

| ABORDE DE TEMAS CON INDUSTRIA 4.0 | CANTIDAD | %   |
|-----------------------------------|----------|-----|
| Muy alto                          | 1        | 8%  |
| Alto                              | 2        | 15% |
| Moderado                          | 6        | 46% |
| Bajo                              | 4        | 31% |
| Muy Bajo                          | 0        | 0%  |

Fuente: Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2024

**Anexo B-24: Datos de la pregunta 2 (Opinión sobre la preparación de los estudiantes) de la encuesta a docentes 2024**

| FACTORES EN LA ENSEÑANZA      | CANTIDAD |
|-------------------------------|----------|
| Recursos educativos adecuados | 7        |
| Capacitación de los docentes  | 11       |
| El interés de los estudiantes | 7        |
| La inversión en tecnología    | 8        |
| Contenido obsoleto            | 2        |

**Fuente:** Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2024

**Anexo B-25: Datos de la pregunta 3 (Opinión sobre la preparación de los estudiantes) de la encuesta a docentes 2024**

| BRECHAS EN LA EDUCACIÓN   | CANTIDAD |
|---|----------|
| Falta de conocimientos teóricos en nuevas tecnologías                           | 6        |
| Escasez de prácticas y proyectos aplicados                                      | 8        |
| Débil desarrollo de habilidades blandas (comunicación, trabajo en equipo, etc.) | 4        |
| Insuficiente integración de tecnologías emergentes en el programa de estudios   | 7        |
| Los estudiantes no tienen el interés de investigar                              | 1        |

**Fuente:** Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2024

**Anexo B-26: Datos de la pregunta 4 (Opinión sobre la preparación de los estudiantes) de la encuesta a docentes 2024**

| CAMBIOS PARA MEJORA DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS                         | CANTIDAD |
|--|----------|
| Introducción de nuevas materias específicas sobre Industria 4.0      | 6        |
| Actualización de los contenidos de las materias existentes           | 12       |
| Mayor colaboración con empresas para proyectos y prácticas           | 6        |
| Uso de laboratorios didácticos y simulación virtual                  | 9        |
| Capacitación continua de los profesores en temas de la Industria 4.0 | 10       |

**Fuente:** Elaboración con base en datos obtenidos de Google Forms, 2024

# ANEXO C



## Anexo C-1: Cuestionario de Validación Docentes

# VALIDACION DOCENTES

Descripción del formulario

⋮

### INSTRUCCIONES

Responda las preguntas de la siguiente manera:

- \* Lea cada pregunta cuidadosamente.
- \* Seleccione la opción que mejor represente su opinión.
- \* No hay respuestas correctas o incorrectas, su opinión es importante.

1. ¿El lenguaje utilizado en la práctica es sencillo y entendible?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

2. ¿La estructura de la práctica es lógica y organizada?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

3. ¿La información proporcionada en la práctica es precisa y veraz?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

4. ¿Las instrucciones son precisas y no llevan a confusiones?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

---

5. ¿El uso de Node-RED y las herramientas necesarias son intuitivas y fáciles de usar?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

6. ¿Las habilidades y conocimientos adquiridos son útiles para la industria 4.0?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

7. ¿En qué medida la práctica despierta su interés y motivación?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

8. ¿La práctica fomenta su participación activa y aprendizaje colaborativo?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

---

9. ¿Considera que todos los pasos de la practica están bien descritos en el manual?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

10. ¿Qué tan útiles fueron las ilustraciones visuales para mejorar tu comprensión y navegación a través del manual?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

11. ¿Qué opinas sobre el nivel de dificultad de la práctica en relación con los conocimientos previos de los estudiantes?

Tu respuesta

12. Describe ¿Qué aspectos de la práctica consideras que podrían ser reforzados o ampliados para mejorar la comprensión de los conceptos?

Tu respuesta

13. ¿Qué recomendaciones tienes para integrar esta práctica de manera efectiva en el plan de estudios de ingeniería industrial?

Tu respuesta

**Fuente:** Extraído de Google Forms, 2024

### **Anexo C-2: Cuestionario de Validación Expertos**

## VALIDACIÓN POR EXPERTOS

**B** *I* U  

Descripción del formulario

### **INSTRUCCIONES**

Responda las preguntas de la siguiente manera:

- \* Lea cada pregunta cuidadosamente.
- \* Seleccione la opción que mejor represente su opinión.
- \* No hay respuestas correctas o incorrectas, su opinión es importante.

1. ¿El lenguaje utilizado en la práctica es sencillo y entendible?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

2. ¿La estructura de la práctica es lógica y organizada?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

3. ¿La información proporcionada en la práctica es precisa y veraz?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

4. ¿Las instrucciones son precisas y no llevan a confusiones?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

---

5. ¿El uso de Node-RED y las herramientas necesarias son intuitivas y fáciles de usar?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

6. ¿Las habilidades y conocimientos adquiridos son útiles para la industria 4.0?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

7. ¿En qué medida la práctica despierta su interés y motivación?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

8. ¿La práctica fomenta su participación activa y aprendizaje colaborativo?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

---

9. ¿Considera que todos los pasos de la practica están bien descritos en el manual?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

10. ¿Qué tan útiles fueron las ilustraciones visuales para mejorar tu comprensión y navegación a través del manual?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

11. ¿Qué opinas sobre la relevancia y utilidad de la práctica para la formación en el ámbito de la industria 4.0?

Tu respuesta

---

12. Describe ¿Qué aspectos técnicos o conceptuales crees que podrían ser mejorados o ampliados para hacer la práctica más efectiva?

Tu respuesta

---

13. ¿Qué sugerencias tienes para actualizar o adaptar la práctica a los avances actuales en tecnología y tendencias de la industria 4.0?



Tu respuesta

---

**Fuente:** Extraído de Google Forms, 2024

### Anexo C-3: Cuestionario de Validación Estudiantes

## VALIDACIÓN POR ESTUDIANTES

**B I U**  

Descripción del formulario

---

### INSTRUCCIONES

Responda las preguntas de la siguiente manera:

- \* Lea cada pregunta cuidadosamente.
- \* Seleccione la opción que mejor represente su opinión.
- \* No hay respuestas correctas o incorrectas, su opinión es importante.

1. ¿El lenguaje utilizado en la práctica es sencillo y entendible?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

2. ¿La estructura de la práctica es lógica y organizada?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo



3. ¿La información proporcionada en la práctica es precisa y veraz?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

4. ¿Las instrucciones son precisas y no llevan a confusiones?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

---

5. ¿El uso de Node-RED y las herramientas necesarias son intuitivas y fáciles de usar?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

6. ¿Las habilidades y conocimientos adquiridos son útiles para la industria 4.0?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

7. ¿En qué medida la práctica despierta su interés y motivación?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

8. ¿La práctica fomenta su participación activa y aprendizaje colaborativo?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

---

9. ¿Considera que todos los pasos de la practica están bien descritos en el manual?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

10. ¿Qué tan útiles fueron las ilustraciones visuales para mejorar tu comprensión y navegación a través del manual?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

11. ¿Qué opinas sobre la relevancia y utilidad de la práctica para la formación en el ámbito de la industria 4.0?

Tu respuesta

---

12. Describe ¿Qué aspectos técnicos o conceptuales crees que podrían ser mejorados o ampliados para hacer la práctica más efectiva?

Tu respuesta

---

13. ¿Qué sugerencias tienes para actualizar o adaptar la práctica a los avances actuales en tecnología y tendencias de la industria 4.0?

Tu respuesta

---

**Fuente:** Extraído de Google Forms, 2024

# **ANEXO D**

MANUAL DE  
LABORATORIO DE  
CONEXIÓN Y  
OBTENCIÓN DE  
DATOS DE  
“ESTACIONES MPS”

DIDACTECH SRL

**CAPÍTULO 1**

**Introducción a la**

**Industria 4.0 y**

**Conceptos Básicos**

## **Industria 4.0**

### **Definición**

La Industria 4.0 se refiere a la integración de tecnologías digitales y físicas en los procesos industriales para mejorar la eficiencia, la productividad y la toma de decisiones. Esto implica el uso de tecnologías como Internet de las cosas (IoT), inteligencia artificial, robótica y analítica de datos en las operaciones industriales.

### **Descripción de Tecnologías Emergentes**

#### **Internet de las Cosas (IoT)**

El Internet de las cosas (IoT) es un sistema de dispositivos interconectados que utilizan sensores y redes inalámbricas para recopilar y transmitir información. La tecnología se está volviendo cada vez más popular en industrias que van desde la atención médica hasta la manufactura.

#### **Big Data y Análisis de Datos**

Big data se refiere a grandes conjuntos de datos que son demasiado complejos para procesarlos con herramientas tradicionales de análisis de datos. Los macrodatos son útiles en las instituciones educativas para identificar patrones y tendencias en el desempeño de los estudiantes, las preferencias de los estudiantes y la efectividad de los métodos de enseñanza.

#### **Computación en la Nube**

La computación en la nube es un modelo de prestación de servicios de tecnología de la información basado en Internet. En lugar de tener sus propios centros de datos y servidores para procesar información, los usuarios de computación en la nube pueden acceder a los datos y servicios que necesitan de un proveedor de servicios en la nube.

La marca FESTO posee sus propios gemelos digitales de sus productos esto con el fin de proporcionar una mejor experiencia a la hora de aprender.

Los Gemelos Digitales en CIROS son modelos virtuales de sistemas de producción diseñados para el entrenamiento y la enseñanza en automatización industrial. Estos modelos permiten a los estudiantes y técnicos experimentar con diferentes configuraciones y procesos de producción en entornos virtuales, lo que reduce el riesgo y los costos asociados con la implementación de cambios en el mundo real.

El CIROS (Computer Integrated Robotics Simulation) es un software que simula la programación de robots y celdas de producción en ambientes virtuales. Es una herramienta clave para los futuros ingenieros industriales. Soporta diversas situaciones de simulación PLC y programación fuera de línea para dispositivos de técnicas de automatización controlados por PLC. Simula los procesos controlados y transmite los valores actuales de los sensores.



**CAPÍTULO 2**

**Definición de**

**Sistema de**

**Producción**

**Modular (MPS)**

Los Sistemas de Producción Modulares (MPS) son un método de fabricación utilizado en diversas industrias para optimizar la producción. Implica dividir el proceso de producción en módulos independientes que pueden reconfigurarse y combinarse de diferentes maneras para adaptarse a necesidades de producción específicas. Esto proporciona mayor flexibilidad, eficiencia y velocidad en la producción.

Según (Kusiak, 2018) "El enfoque MPS se centra en la creación de sistemas de producción flexibles que pueden ser adaptados y reconfigurados para cumplir con las necesidades específicas de producción de una empresa. Los sistemas de producción MPS se componen de múltiples módulos interconectados, que se pueden combinar de diferentes maneras para lograr diferentes objetivos de producción".

Kusiak destaca las características clave del enfoque MPS, enfatizando que los sistemas de producción modulares son flexibles y pueden adaptarse y reconfigurarse en función de las necesidades de producción específicas de una empresa. Además, cabe destacar que el sistema de producción MPS consta de varios módulos interconectados, permitiendo así la combinación de diferentes módulos para lograr determinados objetivos de producción.

Según (Festo Didactic, 2021) "El sistema de producción modular (MPS) es una plataforma didáctica de entrenamiento para la industria, que permite la construcción de sistemas de producción en miniatura para la enseñanza de la tecnología de automatización y control".

**CAPÍTULO 3**

**Objetivos y**

**Características del**

**Sistema de**

**Producción**

**Modular de FESTO**

**(MPS)**

El sistema de producción modular de Festo Didactic MPS (Modular Production System) es una plataforma de formación para enseñar técnicas de control y automatización industrial. Los estudiantes y profesionales pueden utilizar este sistema de producción en miniatura para desarrollar habilidades técnicas y prácticas en automatización industrial, permitiéndoles experimentar con sistemas de producción en un entorno seguro y controlado. Los objetivos del sistema MPS incluyen:

- Proporcionar una plataforma de aprendizaje para la educación en tecnología de automatización y control industrial.
- Permite a estudiantes y profesionales de la industria probar sistemas de microfabricación.
- Desarrollar habilidades técnicas y prácticas en el campo de la automatización industrial.

Y alguna de las características del sistema de producción modular de Festo (MPS) son:

- Flexibilidad: los módulos se pueden reconfigurar para satisfacer diferentes necesidades de producción.
- Modularidad: los módulos se pueden conectar entre sí de diferentes formas para crear sistemas de producción personalizados.
- Escalabilidad: cuantos más módulos se agregan, más complejo y grande se vuelve el sistema.
- Compatibilidad: Los módulos son compatibles con los sistemas de control Festo Didactic y se pueden integrar de forma fácil y eficiente.
- Orientado a la práctica: el sistema está destinado a proporcionar una experiencia de aprendizaje práctica que permita a los estudiantes y profesionales experimentar con sistemas de producción en un entorno seguro y controlado.

**CAPÍTULO 4**

**Descripción de**

**Estaciones de Línea**

**de Producción**

## ESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN MPS D

### Descripción por módulos

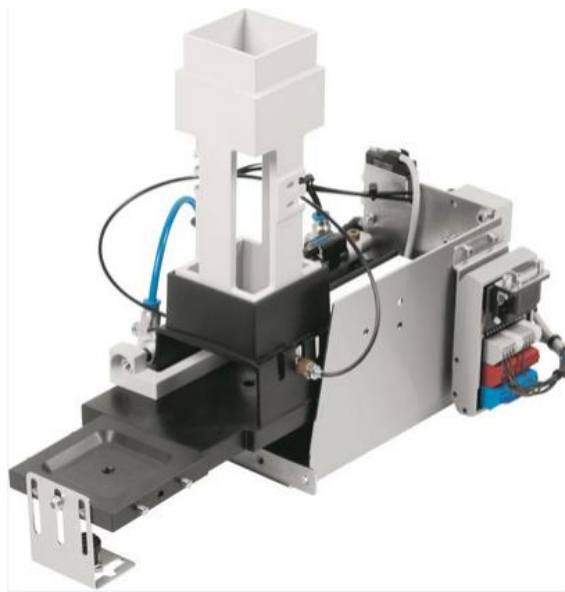
#### A. Módulo almacén apilador

El módulo de almacén del cargador y apilador separa las piezas a procesar de las que vienen del almacén. Se pueden colocar hasta 7 piezas en el tubo del cargador en cualquier orden. Una barrera de luz debajo del tubo del cargador mide si el cargador está vacío. La posición del cilindro de empuje se detecta mediante sensores de proximidad.

Las válvulas de estrangulación y antirretorno pueden ajustar continuamente la velocidad de avance y retorno del cilindro de empuje.

Un cilindro de doble efecto empuja la pieza inferior del cargador por gravedad hasta que llega a la posición final exterior, donde se coloca en la zona de recepción. Este es el punto de entrega para el siguiente módulo.

**Ilustración 1: Modulo almacén apilador**



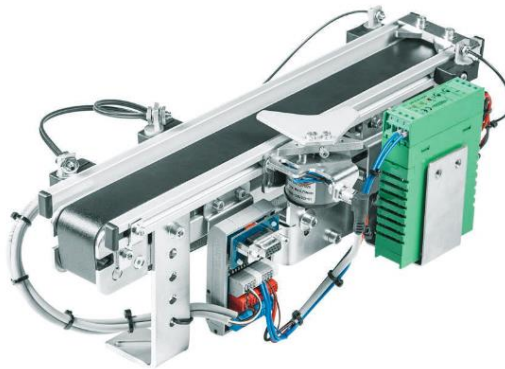
**Fuente:** Ilustración extraída de la pagina oficial FESTO

#### B. Módulo cinta de transporte

El módulo transportador sirve de pulmón y para el transporte de las piezas a manipular.

Las piezas a manipular se detectan mediante sensores de proximidad ópticos con conductores de fibra óptica al inicio de la cinta, antes del separador y al final de la cinta. La cinta se impulsa con un motorreductor DC.

### **Ilustración 2: Módulo cinta de transporte**

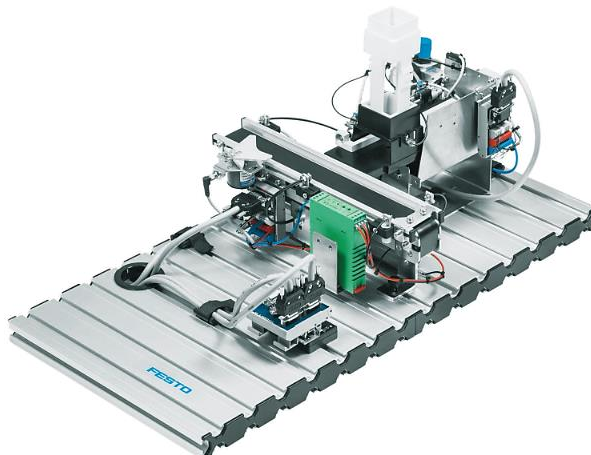


**Fuente:** Ilustración extraída de la página oficial FESTO

### **Funcionamiento**

Las piezas que se encuentran en el tubo del cargador del almacén apilador son separadas por la estación de distribución/cinta. Un cilindro de doble efecto empuja las piezas una a una hacia afuera. El módulo de cinta transporta las piezas hacia la derecha o la izquierda, y puede retener la pieza en la cinta para separarla en caso necesario.

### **Ilustración 3: Estación de Distribución MPS D**



**Fuente:** Ilustración extraída de la página oficial FESTO

## Descripción de las secuencias

### A. Condiciones iniciales para la activación

- Ausencia de piezas al inicio de la cinta
- El almacén está lleno de piezas a manipular

### Posición inicial

- Cilindro empujador, retraído
- Motor de la cinta desconectado

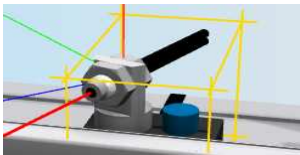
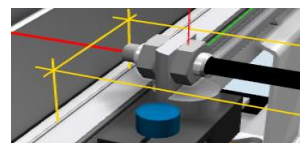
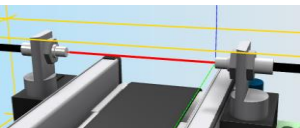
### B. Secuencias

1. Al pulsar la tecla START, el cilindro avanza y empuja la pieza para extraerla del cargador.
2. Si el cilindro empujador se encuentra nuevamente en su posición final trasera, se pone en funcionamiento el motor de la cinta.
3. La pieza se transporta hasta el final de la cinta.
4. Si se detecta la pieza al final de la cinta, se desconecta el motor de la cinta.

## Identificación de entradas y salidas de PLC\_Distributing

Las entradas están identificadas como (Inputs) y las salidas como (Outputs)

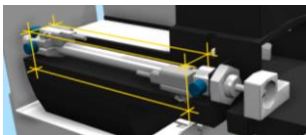
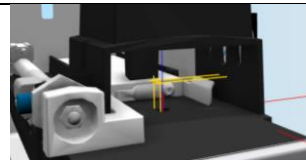
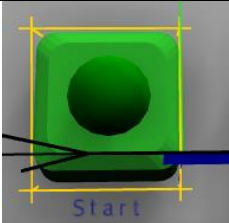
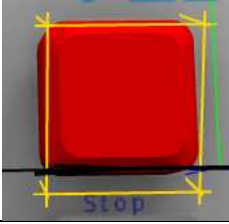
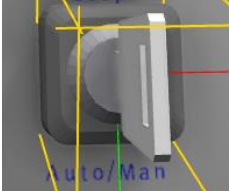
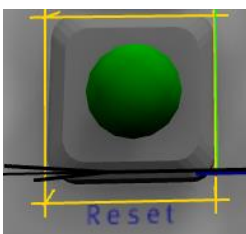
**Tabla 1: Identificación de entradas del PLC Distributing (1ra parte)**

| Inputs | Object path               | Señales de entrada                                       | Grafico   |
|--------|---------------------------|--|---|
| I0     | Conveyor Diffuse Sensor L | Recibe señal que detecta las piezas separadas            |  |
| I1     | Conveyor Diffuse Sensor R | Recibe señal que detecta las piezas en la cinta          |  |
| I2     | Conveyor Light Barrier    | Recibe señal que detecta las piezas al final de la cinta |  |

**Fuente:** Elaboración con base al programa CIROS

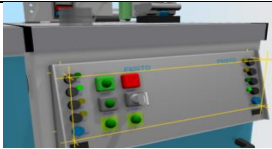


**Tabla 1: Identificación de entradas del PLC Distributing (2da parte)**

| Inputs   | Object path                                 | Señales de entrada   | Grafico   |
|----------|---|--|---|
| I3       | -   | -  | -   |
| I4       | Stack Magazine Push Cylinder (Is Moved Out) | Recibe señal de que el cilindro este retraído              |    |
| I5       | Stack Magazine Push Cylinder (Output)       | Recibe señal de que el cilindro está extendido             |   |
| I6       | Stack Magazine Sensor Available Logic       | Recibe señal que detecta las piezas en la posición inicial |    |
| I7       | -   | -  | -   |
| PANEL_S1 | Push Button Start                           | Recibe señal de presion de Boton Start                     |   |
| PANEL_S2 | Switch Stop                                 | Recibe señal de presión de Boton Stop                      |  |
| PANEL_S3 | SwitchAutoMan                               | Recibe señal de llave de inicio                            |  |
| PANEL_S4 | PushButtonReset                             | Recibe señal de presion de Boton Reset                     |  |

**Fuente:** Elaboración con base al programa CIROS

**Tabla 1: Identificación de entradas del PLC Distributing (3ra parte)**

| Inputs   | Object path | Señales de entrada   | Grafico   |
|----------|-------------|----------------------|---|
| PANEL_I4 | IOsLeft     | Conectores           |  |
| PANEL_I6 | IOsRight    |                      |   |
| PANEL_I7 | IOsRight    |                      |   |
| Em_Stop  | Signal      | Parada de emergencia | -   |

Fuente: Elaboración con base al programa CIROS

**Tabla 2: Identificación de salidas del PLC Distributing**

| Output   | Object path  | Señales de salida   |
|----------|--|---|
| Q0       | ConveyorTransport                                    | Envia señal de movimiento la cinta  |
|          | ConveyorMotorStateLED                                | Envia señal de encendido de Led de motor (indica que el motor esta en uso)      |
| Q1       | ConveyorTransport                                    | Envia señal de reversa de la cinta  |
| Q2       | ConveyorSeparator                                    | Envia señal de uso del separador  |
| Q3       | -  | -   |
| Q4       | StackMagazinePushCylinder<br>ActuatorMoveOutStateLED | Envia señal de encendido de Led (indica que el cilindro esta en funcionamiento) |
|          | StackMagazinePushCylinder<br>Logic                   | Envia señal de movimiento del cilindro  |
| Q5       | -  | -   |
| Q6       | -  | -   |
| Q7       | -  | -   |
| PANEL_P1 | LedStart   | Envia señal de encendido de Led   |
| PANEL_P2 | LedReset   | Envia señal de encendido de Led   |
| PANEL_P3 | LedQ1  | Envia señal de encendido de LedQ1   |
| PANEL_P4 | LedQ2  | Envia señal de encendido de LedQ2   |
| PANEL_Q4 | IOsLeft  | Envia señal de encendido de Led IOsLeft (indica que el conector esta en uso)    |
| PANEL_Q5 | IOsLeft  |   |
| PANEL_Q6 | IOsRight   | Envia señal de encendido de Led IOsRight (indica que el conector esta en uso)   |
| PANEL_Q7 | IOsRight   |   |

Fuente: Elaboración con base al programa CIROS

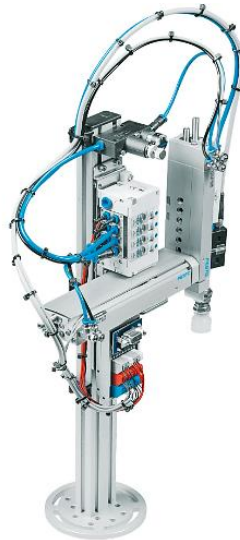
## ESTACIÓN DE PICK & PLACE

### Descripción por módulos

#### A. El módulo Pick & Place

El módulo Pick & Place es una unidad universal de manipulación de dos ejes que se usa para recoger y colocar componentes. Este módulo ofrece la posibilidad de configurar la posición de los sensores de final de carrera, la posición de montaje y la altura de montaje. Las piezas a insertar se recogen mediante la ventosa de fuelle. Un filtro de vacío en la ventosa de fuelle evita que entre suciedad en el generador de vacío.

#### Ilustración 4: Módulo Pick & Place



**Fuente:** Ilustración extraída de la página oficial FESTO

#### B. Módulo cinta de transporte

El módulo transportador sirve de pulmón y para el transporte de las piezas a manipular. Las piezas a manipular se detectan mediante sensores de proximidad ópticos con conductores de fibra óptica al inicio de la cinta, antes del separador y al final de la cinta. La cinta se impulsa con un motorreductor DC.

Ver la **Ilustración 2: Módulo cinta de transporte**

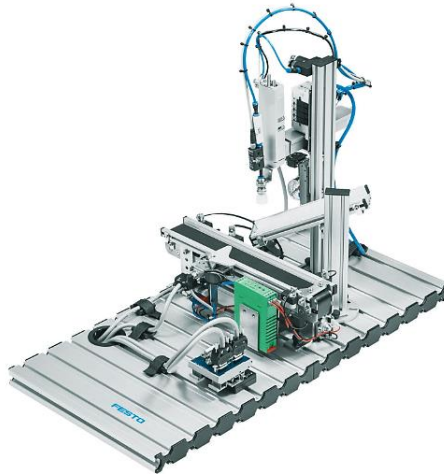
### **Funcionamiento**

La estación Pick & Place está equipada con un módulo Pick & Place y un módulo de cinta para recoger y colocar piezas.

El sensor óptico de reflexión directa o la barrera fotoeléctrica detectan el cuerpo de las piezas depositadas en la cinta. La cinta transporta la pieza hasta el separador de piezas eléctrico. El módulo Pick & Place recoge una pieza del plano inclinado y la introduce en el cuerpo.

La unidad separadora de piezas abre el paso y la pieza completa (cuerpo y pieza interior) avanza hasta el final de la cinta.

**Ilustración 5: Estación de Pick & Place**



**Fuente:** Ilustración extraída de la página oficial FESTO

### **Descripción de las secuencias**

#### **A. Condiciones iniciales para la activación**

- Ausencia de piezas al inicio de la cinta
- Plano inclinado lleno de piezas interiores, a introducir en el cuerpo

Posición inicial

- Motor de la cinta desconectado
- Unidad separadora de piezas en posición avanzada
- Minicarro en posición superior
- Minicarro en posición retraída
- Desconexión del vacío

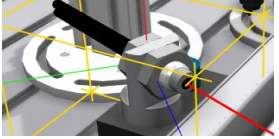
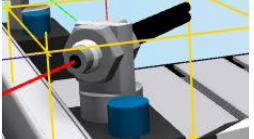
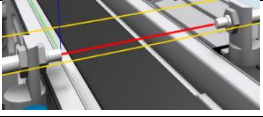
### B. Secuencias

1. Una vez que se detecta una pieza al principio de la cinta, se pone en funcionamiento el motor de la cinta y se transporta una pieza hacia la unidad separadora.
2. Si el sensor de reflexión directa detecta una pieza delante del separador, se desconecta el motor de la cinta.
3. Se recoge una pieza interior que se encuentra en el plano inclinado y, a continuación, dicha pieza se introduce en el cuerpo.
4. Se pone en funcionamiento el motor de la cinta y el separador deja pasar la pieza.
5. La pieza se transporta hasta el final de la cinta.
6. Si se detecta la pieza al final de la cinta, se desconecta el motor de la cinta.

### Identificación de entradas y salidas de PLC\_PickandPlace

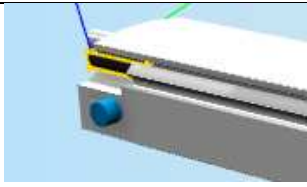
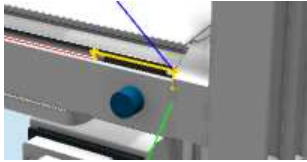
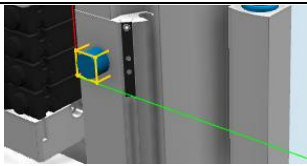
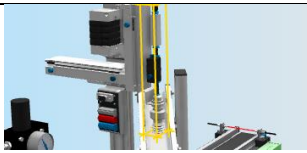
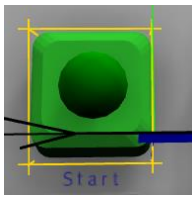
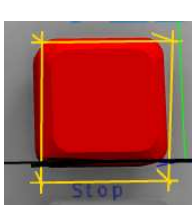
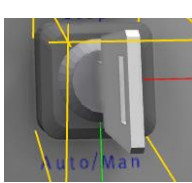
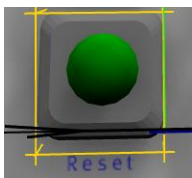
Las entradas están identificadas como (Inputs) y las salidas como (Outputs)

**Tabla 3: Identificación de entradas del PLC Pick and Place (1ra parte)**

| Inputs | Object path               | Señales de entrada  | Grafico   |
|--------|---------------------------|---|---|
| I0     | Conveyor Diffuse Sensor L | Recibe señal que detecta las piezas de ingreso en la cinta            |  |
| I1     | Conveyor Diffuse Sensor R | Recibe señal que detecta las piezas en la posición para insertar tapa |  |
| I2     | Conveyor Light Barrier    | Recibe señal que detecta las piezas al final de la cinta              |  |
| I3     |                           |   |   |

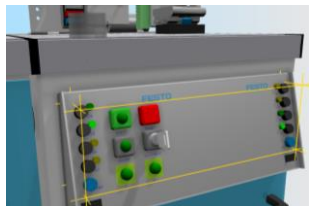
Fuente: Elaboración con base al programa CIROS

**Tabla 3: Identificación de entradas del PLC Pick and Place (2da parte)**

| Inputs   | Object path                                   | Señales de entrada  | Grafico   |
|----------|---|---|---|
| I4       | Pick and Place Horizontal Axis (Retracted)    | Recibe señal de que el Pick and Place esta retraido de manera Horizontal  |    |
| I5       | Pickand Place Horizontal Axis (Extended)      | Recibe señal de que el Pick and Place esta extendido de manera Horizontal |    |
| I6       | Pickand Place Vertical Axis Logic (Retracted) | Recibe señal de que el Pick and Place esta retraido de manera vertical    |    |
| I7       | Pickand Place Vacuum Gripper                  | Recibe señal de objeto detectado e inicio de succion                      |   |
| PANEL_S1 | Push Button Start                             | Recibe señal de presion de Boton Start                                    |  |
| PANEL_S2 | Switch Stop                                   | Recibe señal de presion de Boton Stop                                     |  |
| PANEL_S3 | Switch Auto Man                               | Recibe señal de llave de inicio   |  |
| PANEL_S4 | Push Button Reset                             | Recibe señal de presion de Boton Reset                                    |  |

**Fuente:** Elaboración con base al programa CIROS

**Tabla 3: Identificación de entradas del PLC Pick and Place (3ra parte)**

| Inputs   | Object path | Señales de entrada   | Grafico   |
|----------|-------------|----------------------|---|
| PANEL_I4 | IOsLeft     | Conectores           |  |
| PANEL_I6 | IOsRight    |                      |   |
| PANEL_I7 | IOsRight    |                      |   |
| Em_Stop  | Signal      | Parada de emergencia |   |

Fuente: Elaboración con base al programa CIROS

**Tabla 4: Identificación de salidas del PLC Pick and Place**

| Output   | Object path                            | Señales de salida  |
|----------|--|--|
| Q0       | ConveyorTransport                      | Envia señal de movimiento la cinta   |
|          | ConveyorMotorStateLED                  | Envia señal de encendido de Led de motor (indica que el motor esta en uso)     |
| Q1       | ConveyorTransport                      | Envia señal de reversa de la cinta   |
| Q2       | ConveyorSeparator                      | Envia señal de uso del separador   |
| Q3       | -                                      | -  |
| Q4       | PickandPlaceHorizontalAxis (Retracted) | Envia señal de que el Pick and Place esta retraido de manera Horizontal        |
| Q5       | PickandPlaceHorizontalAxis (Extended)  | Envia señal de que el Pick and Place esta extendido de manera Horizontal       |
| Q6       | PickandPlaceVerticalAxis (Extended)    | Envia señal de que el Pick and Place esta extendido de manera Vertical         |
| Q7       | PickandPlaceVacuumGriper               | Envia señal de movimiento del Gripper  |
|          | PickandPlaceVacuumGriper StateLED_1    | Envia señal de encendido de Led (indica que el Gripper esta en funcionamiento) |
| PANEL_P1 | LedStart                               | Envia señal de encendido de Led  |
| PANEL_P2 | LedReset                               | Envia señal de encendido de Led  |
| PANEL_P3 | LedQ1                                  | Envia señal de encendido de LedQ1  |
| PANEL_P4 | LedQ2                                  | Envia señal de encendido de LedQ2  |
| PANEL_Q4 | IOsLeft                                | Envia señal de encendido de Led IOsLeft (indica que el conector esta en uso)   |
| PANEL_Q5 | IOsLeft                                |  |
| PANEL_Q6 | IOsRight                               | Envia señal de encendido de Led IOsRight (indica que el conector esta en uso)  |
| PANEL_Q7 | IOsRight                               |  |

Fuente: Elaboración con base al programa CIROS

## ESTACIÓN DE CLASIFICACIÓN

### Descripción por módulos

#### A. Módulo de detección

El módulo detecta componentes de metal, rojo y negro. Puede detectar el material o el color de las piezas mediante tres sensores de proximidad con salida digital.

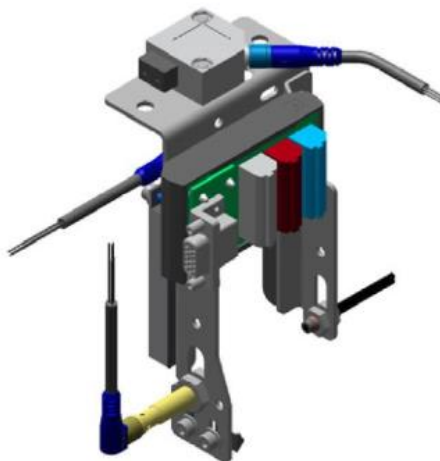
Para lograrlo, se utilizan dos sensores ópticos y un sensor de proximidad inductivo.

- El sensor de proximidad inductivo puede detectar piezas metálicas que se pueden manipular.
- Las piezas rojas y metálicas se pueden manipular con el sensor de reflexión directa.
- Todas las piezas son detectadas por la barrera óptica de la horquilla.

Se utiliza un enlace lógico de las señales de salida para distinguir las piezas.

Es posible colocar el módulo de detección directamente encima de la cinta transportadora.

#### Ilustración 6: Módulo de detección



**Fuente:** Ilustración extraída de la página oficial FESTO



## **B. Módulo cinta de transporte**

El módulo transportador sirve de pulmón y para el transporte de las piezas a manipular.

Las piezas a manipular se detectan mediante sensores de proximidad ópticos con conductores de fibra óptica al inicio de la cinta, antes del separador y al final de la cinta.

La cinta se impulsa con un motorreductor DC.

Se agregan los siguientes componentes:

- Unidad de desvío
- Módulo de freno neumático
- Sensor (sensor de retroreflexión con reflector) para la señal de "plano inclinado lleno"
- Sensor (sensor de proximidad inductivo) para el desvío 1, para la señal que indica que avanzó el desvío 1
- Sensor (sensor de proximidad inductivo) para el desvío 2, para la señal que indica que avanzó el desvío 2
- Los dos desvíos están provistos de un elemento de expulsión, en vez de incluir una unidad separadora de piezas.

El módulo de la cinta transportadora debería avanzar en un solo sentido.

Ver la **Ilustración 2: Módulo cinta de transporte**

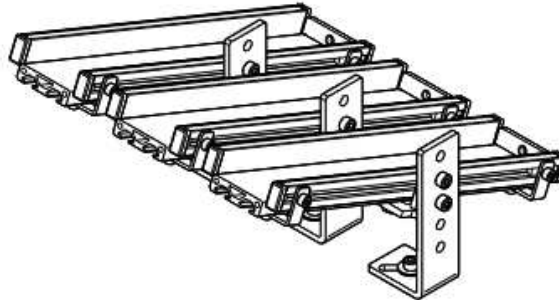
## **C. Módulo plano inclinado**

Las piezas a manipular se pueden transportar o almacenar en el módulo de plano inclinado. Gracias a la capacidad de ajustar la inclinación y la altura, este módulo se puede usar en cualquier lugar. Cinco piezas caben en el plano inclinado si se monta el tope mecánico.

El módulo de plano inclinado se utiliza tres veces en la estación de clasificación, almacena las piezas a manipular de la cinta transportadora.

El sensor de retroreflexión regula la cantidad de piezas acumuladas en el plano inclinado.

### **Ilustración 7: Módulo plano inclinado**



**Fuente:** Ilustración extraída de la página oficial FESTO

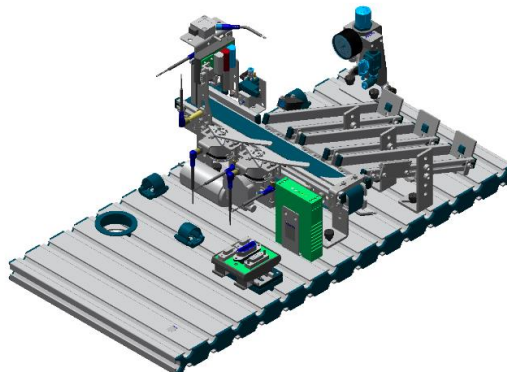
### **Funcionamiento**

La estación de clasificación reparte las piezas, entregándolas a tres planos inclinados. Las piezas colocadas al principio de la cinta de transporte se detectan mediante una barrera óptica en horquilla.

Una unidad neumática de bloqueo frena las piezas para determinar sus características. Los sensores del módulo de detección de piezas identifican el material y el color de las piezas (negras, rojas, metálicas).

Para dirigir las piezas hacia los planos inclinados correspondientes se utilizan derivadores de accionamiento electromagnético. Un sensor de reflexión directa controla la cantidad de piezas que se encuentran en los planos inclinados.

### **Ilustración 8: Estación de clasificación**



**Fuente:** Ilustración extraída de la página oficial FESTO

## **Descripción de las secuencias**

### **A. Condiciones iniciales para la activación**

- Pieza a manipular en el inicio de la cinta

Posición inicial

- Motor de la cinta desconectado
- Barrera en posición avanzada
- Derivador 1 retraído
- Derivador 2 retraído
- Plano inclinado no lleno

### **B. Secuencias**

1. Detección de una pieza al principio de la cinta transportadora
2. Motor de la cinta conectado
3. Identificación del color/material

Detectada una pieza a manipular negra, colocación en el plano inclinado del final de la cinta.

4. Retraer el tope
5. Pieza a manipular expulsada.
6. Paso sin función.

Detectada una pieza a manipular metálica, colocación en el plano inclinado en la mitad de la cinta.

7. Avance del derivador 2
8. Retraer el tope
9. Pieza a manipular expulsada.
10. Retraer el derivador 2

Detectada una pieza a manipular roja, colocación en el plano inclinado del inicio de la cinta.

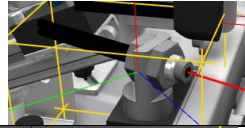

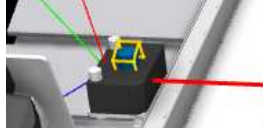
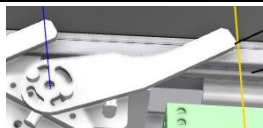
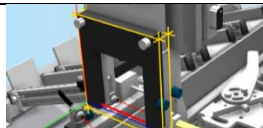
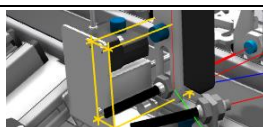
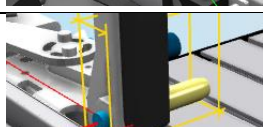
11. Avanzar el derivador 1

12. Retraer el tope
13. Pieza a manipular expulsada.
14. Retraer el derivador 1
15. Motor de la cinta desconectado
16. Extender el tope.

### Identificación de entradas y salidas de PLC\_Sorting

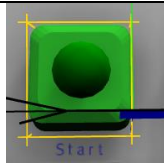
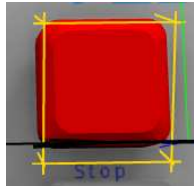
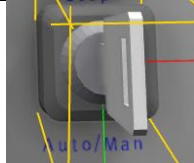
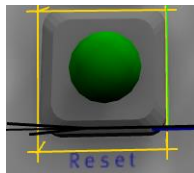
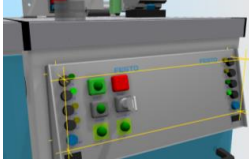
Las entradas están identificadas como (Inputs) y las salidas como (Outputs)

**Tabla 5: Identificación de entradas del PLC Sorting (1ra parte)**

| Inputs | Object path                                | Señales de entrada   | Grafico   |
|--------|--|--|---|
| I0     | Conveyor Diffuse SensorL                   | Recibe señal que detecta las piezas de ingreso en la cinta   |    |
| I1     | Conveyor Separator L                       | Recibe señal de que el primer separador esta extendido   |   |
| I2     | Out Chute L Diffuse Sensor                 | Recibe señal que detecta las piezas llegando al módulo almacén                                       |  |
| I3     | Conveyor Separator M                       | Recibe señal de que el segundo separador esta extendido  |  |
| I4     | Identification Module Fork Light Barrier   | Recibe señal que detecta la piezas al inicio de la cinta   |  |
| I5     | Identification Module Diffuse Sensor Logic | Recibe señal que detecta el material y los colores de piezas al inicio de la cinta (roja o plateada) |  |
| I6     | Identification Module Inductive Sensor     | Recibe señal que detecta el material y los colores de piezas al inicio de la cinta (plateada)        |  |
| I7     | -  | -  | -   |

Fuente: Elaboración con base al programa CIROS

**Tabla 5: Identificación de entradas del PLC Sorting (2da parte)**

| <b>Inputs</b> | <b>Object path</b> | <b>Señales de entrada</b>              | <b>Grafico</b>  |
|---------------|--------------------|--|---|
| PANEL_S1      | Push Button Start  | Recibe señal de presion de Boton Start |    |
| PANEL_S2      | Switch Stop        | Recibe señal de presion de Boton Stop  |    |
| PANEL_S3      | Switch Auto Man    | Recibe señal de llave de inicio        |    |
| PANEL_S4      | Push Button Reset  | Recibe señal de presion de Boton Reset |   |
| PANEL_I4      | IOsLeft            | Conectores                             |  |
| PANEL_I6      | IOsRight           |  |   |
| PANEL_I7      | IOsRight           |  |   |
| Em_Stop       | Signal             | Parada de emergencia                   |   |

Fuente: Elaboración con base al programa CIROS

**Tabla 6: Identificación de salidas del PLC Sorting (1ra parte)**

| <b>Output</b> | <b>Object path</b> | <b>Señales de salida</b>  |
|---------------|--------------------|---|
| Q0            | ConveyorTransport  | Envia señal de movimiento la cinta  |
| Q1            | ConveyorSeparatorL | Envia señal de uso del primer separador                                       |
| Q2            | ConveyorSeparatorM | Envia señal de uso del segundo separador                                      |
| Q3            | ConveyorStopper    | Envia señal de uso del tapon que deja pasar las piezas (extendido o retraido) |
| Q4            |                    |   |
| Q5            |                    |   |
| Q6            |                    |   |
| Q7            |                    |   |

Fuente: Elaboración con base al programa CIROS

**Tabla 6: Identificación de salidas del PLC Sorting (2da parte)**

| <b>Output</b> | <b>Object path</b> | <b>Señales de salida</b>   |
|---------------|--------------------|--|
| PANEL_P1      | LedStart           | Envia señal de encendido de Led  |
| PANEL_P2      | LedReset           | Envia señal de encendido de Led  |
| PANEL_P3      | LedQ1              | Envia señal de encendido de LedQ1  |
| PANEL_P4      | LedQ2              | Envia señal de encendido de LedQ2  |
| PANEL_Q4      | IOsLeft            | Envia señal de encendido de Led IOsLeft<br>(indica que el conector esta en uso)  |
| PANEL_Q5      | IOsLeft            |  |
| PANEL_Q6      | IOsRight           | Envia señal de encendido de Led IOsRight<br>(indica que el conector esta en uso) |
| PANEL_Q7      | IOsRight           |  |

**Fuente:** Elaboración con base al programa CIROS

**CAPÍTULO 5**  
**CIROS en Entornos**  
**de Aprendizaje**  
**Virtual**

## **Introducción**

La automatización industrial es una disciplina en constante evolución que requiere una formación especializada. Los entornos de aprendizaje virtual (EVA) ofrecen una forma innovadora y accesible de enseñar y aprender automatización industrial.

Una plataforma de simulación 3D realista es una herramienta esencial para los EVA de automatización industrial. CIROS Education de Festo es una plataforma de simulación 3D desarrollada por Festo Didactic, especializada en la formación técnica en automatización y robótica.

Esta plataforma ofrece una amplia biblioteca de componentes virtuales, módulos y estaciones MPS prediseñadas que representan sistemas de producción reales. Las estaciones MPS son conjuntos modulares de componentes y equipos que se utilizan para crear líneas de producción automatizadas.

Combinar CIROS y EVA con estaciones MPS crea una poderosa herramienta para la enseñanza y aprendizaje de la automatización industrial en entornos virtuales. En este capítulo, se examinará el uso de CIROS y EVA con estaciones MPS en la formación en automatización industrial. Se discutirán los beneficios de esta combinación, así como ejemplos de su uso en la práctica.

## **CIROS Education**

CIROS Education es una plataforma de simulación 3D realista que ofrece una serie de beneficios para la formación en automatización industrial, como ser:

- ✓ **Seguridad:** Los estudiantes pueden experimentar con diferentes conceptos y tecnologías sin riesgo de lesiones o daños a equipos reales.
- ✓ **Flexibilidad:** CIROS se puede utilizar para una variedad de aplicaciones, desde proyectos simples hasta complejos.
- ✓ **Asequibilidad:** CIROS es una plataforma asequible que es accesible para una amplia gama de escuelas y universidades.



De esta forma vemos que la plataforma ofrece una amplia biblioteca de componentes virtuales, módulos y estaciones MPS prediseñadas que representan sistemas de producción reales.

### **Entornos de aprendizaje virtual**

Los entornos de aprendizaje virtual (EVA) son espacios digitales donde se desarrollan procesos de enseñanza y aprendizaje. Permiten a los estudiantes acceder a contenidos educativos, interactuar con ellos y realizar actividades de forma remota y flexible.

En el contexto de la formación técnica, los EVA pueden incluir simulaciones, laboratorios virtuales, herramientas de colaboración y evaluación.

### **Combinando CIROS y EVA con estaciones MPS**

Combinar CIROS y EVA con estaciones MPS crea una poderosa herramienta para la enseñanza y aprendizaje de la automatización industrial en entornos virtuales.

Los estudiantes pueden:

- ✓ Familiarizarse con el funcionamiento de las estaciones MPS virtuales, que simulan procesos reales de producción industrial.
- ✓ Desarrollar habilidades de programación, diseño y resolución de problemas en un entorno seguro y controlado.
- ✓ Practicar la operación y mantenimiento de sistemas automatizados sin necesidad de equipos físicos costosos.
- ✓ Colaborar con otros estudiantes en proyectos de automatización.

De esta forma podemos ver que la combinación de la tecnología puede ayudar de una manera importante a la educación de los estudiantes, esta herramienta permite a los estudiantes familiarizarse con el funcionamiento de las estaciones MPS virtuales, desarrollar habilidades en programación, diseño y resolución de problemas, practicar la operación y mantenimiento de sistemas automatizados y colaborar con otros estudiantes en proyectos de automatización, todo en un entorno seguro y controlado. En definitiva,

esta combinación representa una solución rentable, efectiva y segura para la enseñanza de la automatización industrial en la era digital.

### **Beneficios de usar CIROS y EVA con estaciones MPS**

Usar CIROS y EVA con estaciones MPS ofrece una serie de beneficios, entre los que se incluyen:

- ✓ **Mejora del aprendizaje:** La simulación 3D realista de CIROS y la interactividad del EVA facilitan la comprensión de conceptos complejos de automatización.
- ✓ **Aumenta la accesibilidad:** La formación virtual permite a los estudiantes aprender desde cualquier lugar y en cualquier momento, superando limitaciones geográficas y temporales.
- ✓ **Reduce los costos:** El uso de simulaciones virtuales elimina la necesidad de invertir en equipos físicos costosos para la formación.
- ✓ **Mejora la seguridad:** Los estudiantes pueden practicar en un entorno virtual sin riesgo de lesiones o daños a equipos reales.

En definitiva, el uso de CIROS y EVA junto con estaciones MPS brinda varios beneficios para el aprendizaje en automatización y producción, como una mejor comprensión de conceptos complejos, mayor accesibilidad en cuanto a lugar y tiempo, reducción de costos y un ambiente seguro para los estudiantes para practicar sin riesgos de lesiones o daños a equipos reales. En resumen, el uso de CIROS y EVA en la formación en sistemas MPS es una opción altamente recomendada para una formación efectiva y eficiente.

### **Ejemplos de uso de CIROS y EVA con estaciones MPS**

CIROS y EVA con estaciones MPS se pueden utilizar para una variedad de aplicaciones de formación en automatización industrial.

Algunos ejemplos incluyen:

- ✓ **Formación básica en neumática e hidráulica:** Los estudiantes pueden aprender los principios básicos de estos sistemas a través de simulaciones interactivas de circuitos y componentes.

- ✓ Programación de controladores lógicos programables (PLC): Los estudiantes pueden desarrollar y probar programas de PLC en un entorno virtual seguro antes de implementarlos en equipos reales.
- ✓ Diseño y simulación de líneas de producción: Los estudiantes pueden diseñar y simular líneas de producción automatizadas utilizando estaciones MPS virtuales para optimizar el proceso y detectar posibles problemas.

Se ofrece una amplia gama de aplicaciones para la capacitación en automatización industrial, como la enseñanza de los principios fundamentales de la neumática y la hidráulica a través de simulaciones interactivas de circuitos y componentes, programación de controladores lógicos programables (PLC) en un entorno virtual seguro, antes de su implementación en equipos reales, y diseño y simulación de líneas de producción automatizadas mediante estaciones MPS virtuales para detectar posibles problemas y optimizar el proceso. En resumen, ofrece una solución altamente eficiente y segura para la formación en automatización industrial.

# **CAPÍTULO 6**

## **Estaciones MPS en Programa CIROS**

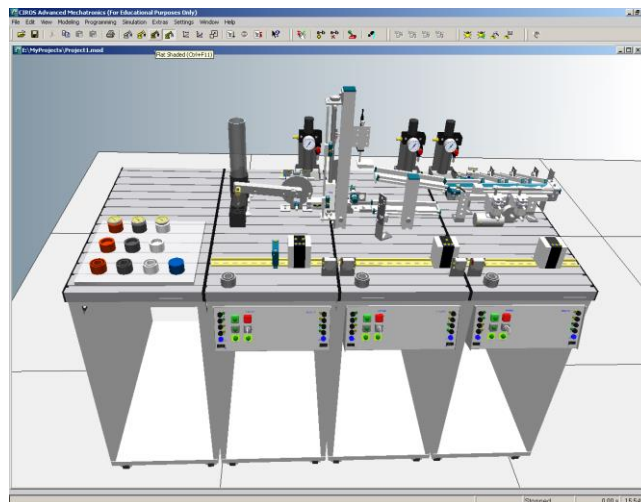
## Gemelo digital y simulación

En CIROS, un gemelo digital es una representación virtual en tiempo real de un proceso o sistema físico. El Gemelo Digital de CIROS le permite imaginar con precisión cómo funcionará un sistema o proceso en el mundo real. Un gemelo digital recrea las características y el comportamiento de un sistema físico utilizando datos y modelos. Esto permite a los usuarios probar diferentes configuraciones, simular situaciones y tomar decisiones informadas antes de realizar cambios o invertir en el mundo real.

Los sistemas de producción modulares (MPS) de Festo Didactic se utilizan para simular sistemas de producción en un entorno virtual. Los usuarios pueden experimentar con diferentes configuraciones y escenarios de producción en el programa de simulación Festo CIROS (Configurable Integrated Robot Operating System), utilizando componentes virtuales como tablas MPS.

La interfaz del programa permite a los usuarios configurar y personalizar tablas MPS en CIROS, permitiéndoles seleccionar y configurar varios componentes para satisfacer las necesidades de producción específicas de una empresa. Para simular diferentes procesos de producción y experimentar con diferentes configuraciones, los usuarios pueden conectar las Mesas MPS a otros componentes virtuales del programa.

**Ilustración 1: Gemelo digital**



**Fuente:** Ilustración extraída de la página oficial FESTO

# **CAPÍTULO 7**

## **Prácticas de**

### **Laboratorio**

## **PRACTICA 7: GENERACIÓN DE INTERFAZ CON NODE-RED (DESARROLLO DE PANTALLAS SCADA)**

### **1. INTRODUCCIÓN**

Ahora que Node-RED está configurado, nos enfocaremos en mejorar nuestras habilidades para desarrollar pantallas SCADA, mejorando así, la visualización y el control del sistema. Al finalizar la práctica, serás capaz de diseñar interfaces intuitivas e implementar funcionalidades interactivas que permitan una supervisión más eficiente.

### **2.OBJETIVOS**

- Desarrollar pantallas SCADA en Node-RED para visualizar datos en tiempo real.
- Crear nodos en Node-RED para monitorizar datos de las estaciones MPS.
- Implementar controles de usuario para interactuar con las estaciones MPS.
- Configurar alarmas y eventos en Node-RED para notificar situaciones específicas.

### **3.REQUERIMIENTOS**

- Node-RED instalado y licenciado.
- Conexión de Ciros a Node-RED
- Datos generados desde estaciones MPS de Ciros.
- Variables añadidas en OPC
- Información de variables de cada estación

### **4.DESARROLLO**

#### **I. Análisis para la creación de Dashboards**

- **Ejercicio:** En la primera parte de la práctica, se llevará a cabo un análisis detallado para la creación de Dashboards en Node-RED. Se explorarán las capacidades de la plataforma para diseñar interfaces intuitivas que mejoren la visualización y el control del sistema industrial.
- **Tarea:** La tarea consistirá en realizar un análisis exhaustivo para identificar los requisitos específicos de los Dashboards en Node-RED. Se enfocará en definir las

métricas clave a visualizar, los controles de usuario necesarios y las alarmas relevantes para una supervisión eficiente de las estaciones MPS..

- **Esquema de la situación:** El objetivo es mejorar la visualización y el control del sistema mediante la creación de interfaces intuitivas que muestren métricas de estado clave. Al finalizar, se espera que los participantes sean capaces de tener toda la información para diseñar interfaces efectivas para una supervisión más eficiente del sistema.
- **Procedimiento:**
  - 1) Iniciaremos esta práctica desde la conexión de CiroS a través de OPC Expert con NODE-Red como se hizo en la primera parte de la “Practica 6: **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**”
  - 2) Para recolección de los datos haremos un análisis de lo que se pueda añadir para muestra de nuestro SCADA y viendo nuestras señales de entrada y salida podríamos tomar datos de:

Las “Métricas de estado” lo que nos proporcionará una visualización de la situación de las estaciones mediante el uso de señales rojas y verdes. Estas métricas nos permitirán identificar rápidamente el estado actual de las estaciones, utilizando el color rojo para indicar un estado problemático o fuera de servicio, y el color verde para indicar un estado operativo o funcional. De esta manera, podemos tener una visión instantánea y comprensible de la condición de las estaciones en cualquier momento dado.

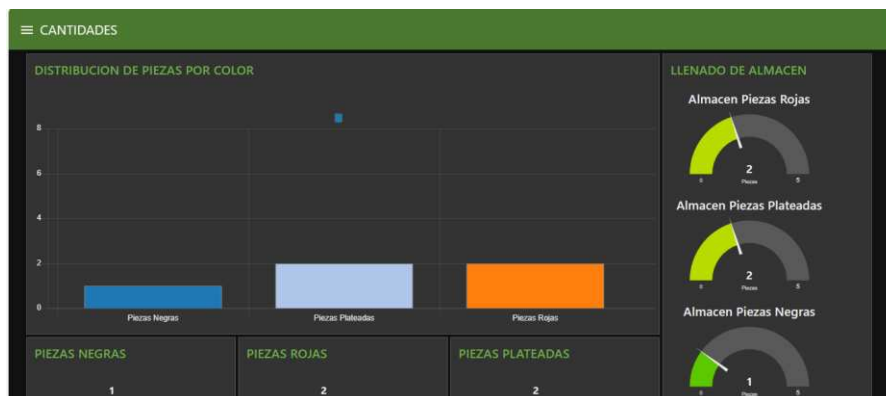




El apartado de “Tiempos” nos permite gestionar los periodos de actividad de cada estación, así como los tiempos de espera o inactividad durante el proceso. Además, se incluirá un gráfico de torta para un análisis visual más detallado en el ámbito industrial. Esto nos permitirá obtener conclusiones sobre el rendimiento de cada estación en el contexto del proceso completo, facilitando así la identificación de áreas de mejora y optimización.



En el apartado de “Cantidades”, se analizará la producción de piezas por parte de las estaciones, categorizadas por colores: rojo, plateado y negro. Se utilizará un medidor visual (Gauge) para representar el estado de almacenamiento de cada tipo de pieza, ofreciendo una alerta visual cuando el almacenamiento esté próximo a alcanzar su capacidad máxima. Además, se mostrará la cantidad total de piezas procesadas de cada color mediante gráficos de barras, lo que facilitará la visualización y comprensión de la distribución de la producción.



3) Una vez definido los datos que deseemos obtener para nuestro scada empezaremos a ver que tipos de nodos utilizaremos para el desarrollo, los cuales describiremos a continuación:

- **Inject:** Inyecta mensajes en el flujo de manera manual o programada.



- **OPC UA Item:** Lee/escribe valores de variables OPC UA.



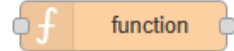
- **OPC UA Client:** Conecta con un servidor OPC UA para intercambiar datos.



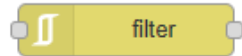
- **LED:** Representa visualmente el estado con luces LED.



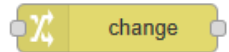
- **Función:** Ejecuta un bloque de código JavaScript personalizado.



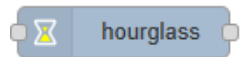
- **Filter:** Filtra mensajes basados en condiciones definidas.



- **Change:** Modifica mensajes agregando, eliminando o transformando propiedades, (payload, headers, etc.).



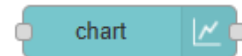
- **Hourglass:** Muestra un icono de reloj de arena indicando el progreso de una operación.



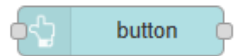
- **Gauge:** Representa valores numéricos con un medidor visual.



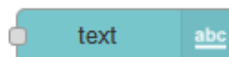
- **Chart:** Visualiza datos en gráficos como líneas, barras o tortas.



- **Button:** Activa acciones o eventos con un botón interactivo.

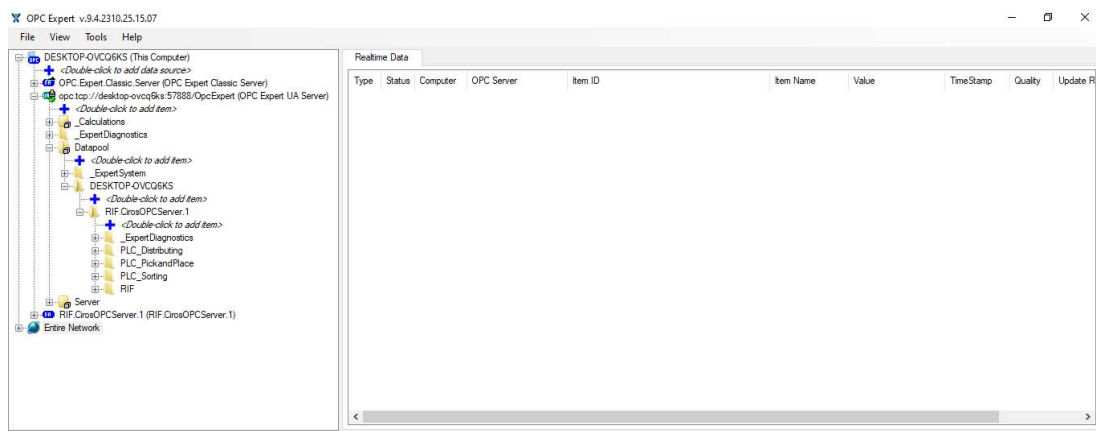


- **Text:** Muestra texto estático o dinámico en el flujo.



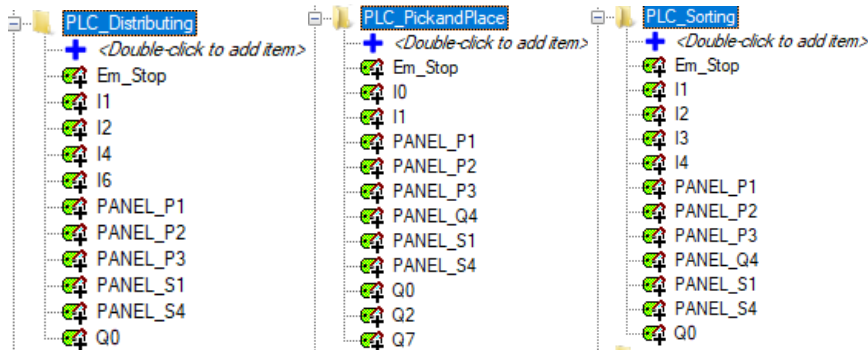
## II. Creación de Dashboards

- **Ejercicio:** En la segunda parte de la práctica, se enfocará en la creación de Dashboards en Node-RED. Se utilizarán las habilidades desarrolladas para diseñar interfaces intuitivas y funcionales que permitan visualizar datos en tiempo real y faciliten la supervisión y el control del sistema industrial.
- **Tarea:** La tarea consistirá en desarrollar los Dashboards en Node-RED, utilizando los nodos adecuados para la visualización de datos en tiempo real provenientes de las estaciones MPS. Se implementarán controles de usuario para interactuar con dichos datos y se configurarán alarmas y eventos para notificar situaciones específicas de manera eficiente.
- **Esquema de la situación:** En esta etapa, se enfocará en la creación de Dashboards en Node-RED para mejorar la visualización y el control del sistema. Al finalizar, se espera que los participantes sean capaces de diseñar interfaces intuitivas que mejoren la supervisión del sistema
- **Procedimiento:**
  - 1) Antes de iniciar con las configuraciones e iniciemos añadiendo los nodos en el flow, procederemos a añadir las siguientes variables al “OPC Expert”.
  - 2) Para ello desglosamos las carpetas del lado izquierdo de la pantalla tal como se hizo en el paso anterior.

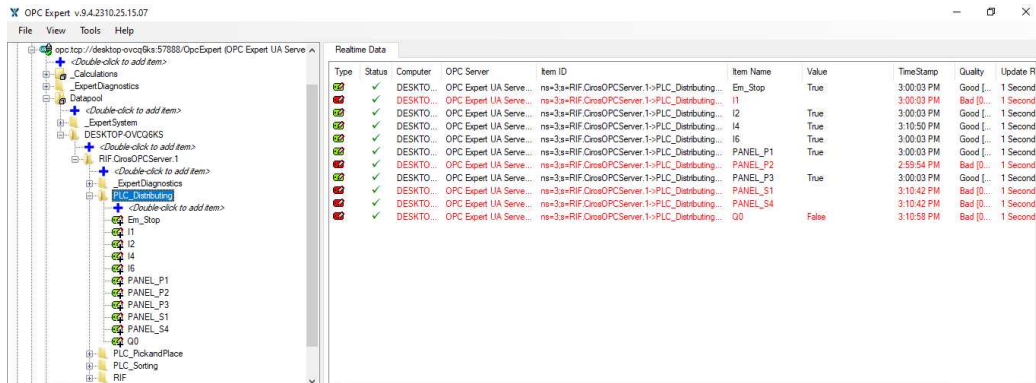


3) E iniciamos añadiendo las variables que utilizaremos de cada uno del PLC de las estaciones:

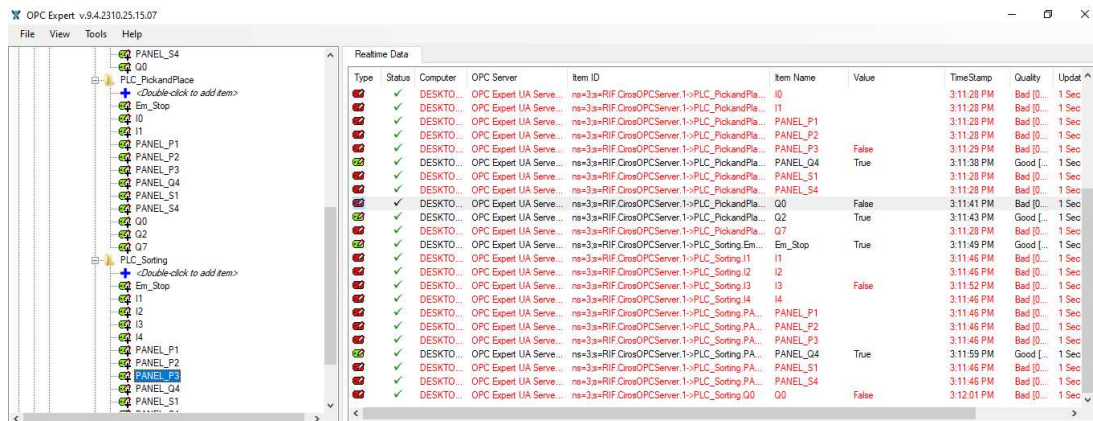
Del “PLC Distributing”, “PLC Pick and Place” y “PLC Sorting”



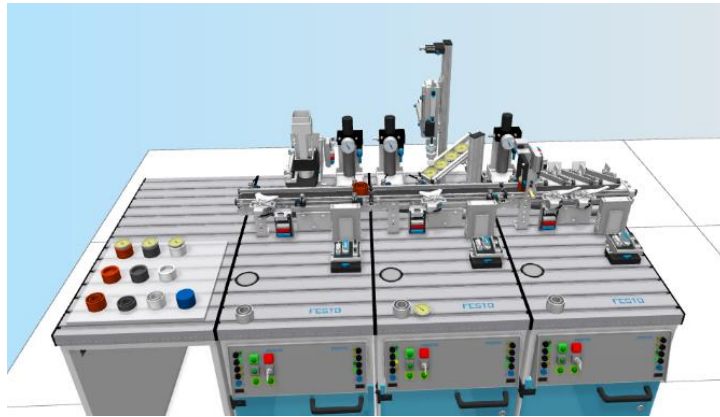
4) Haciendo doble click sobre todas las figuras de etiquetas de color verde iniciamos añadiendo a la pantalla de datos y va quedando de la siguiente manera:



5) Una vez se haya añadido todas las variables debe quedar de la siguiente manera:



- 6) Si algunas señales quedan de color rojo en la pantalla quiere decir que no hay buena conexión entre ellas y el OPC Expert para remediar el problema solo necesitamos poner en marcha las estaciones las veces que sean necesarias hasta que las señales queden de la siguiente manera:



| Type | Status | Computer  | OPC Server             | Item ID  | Item Name | Value | TimeStamp  | Quality    | Up  |
|------|--------|-----------|------------------------|--|-----------|-------|------------|------------|-----|
| 🟢    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_Distributing.E... | Em_Stop   | True  | 3:00:03 PM | Good [...] | 1 S |
| 🟢    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_Distributing.I1   | I1        | False | 3:21:02 PM | Good [...] | 1 S |
| 🟢    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_Distributing.I2   | I2        | False | 3:21:02 PM | Good [...] | 1 S |
| 🟢    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_Distributing.I4   | I4        | True  | 3:21:02 PM | Good [...] | 1 S |
| 🟢    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_Distributing.I6   | I6        | True  | 3:21:00 PM | Good [...] | 1 S |
| 🟢    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_Distributing.P... | PANEL_P1  | False | 3:19:53 PM | Good [...] | 1 S |
| 🟢    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_Distributing.P... | PANEL_P2  | False | 3:19:53 PM | Good [...] | 1 S |
| 🟢    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_Distributing.P... | PANEL_P3  | False | 3:19:32 PM | Good [...] | 1 S |
| 🔴    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_Distributing.P... | PANEL_S1  | False | 3:10:42 PM | Bad [0...] | 1 S |
| 🔴    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_Distributing.P... | PANEL_S4  | False | 3:10:42 PM | Bad [0...] | 1 S |
| 🟢    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_Distributing.Q0   | Q0        | False | 3:21:03 PM | Good [...] | 1 S |
| 🟢    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_PickandPlace...   | Em_Stop   | True  | 3:11:31 PM | Good [...] | 1 S |
| 🟢    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_PickandPlace...   | I0        | False | 3:20:48 PM | Good [...] | 1 S |
| 🟢    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_PickandPlace...   | I1        | True  | 3:21:00 PM | Good [...] | 1 S |
| 🟢    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_PickandPlace...   | PANEL_P1  | True  | 3:21:04 PM | Good [...] | 1 S |
| 🟢    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_PickandPlace...   | PANEL_P2  | False | 3:19:52 PM | Good [...] | 1 S |
| 🟢    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_PickandPlace...   | PANEL_P3  | True  | 3:21:04 PM | Good [...] | 1 S |
| 🟢    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_PickandPlace...   | PANEL_Q4  | False | 3:20:59 PM | Good [...] | 1 S |
| 🟢    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_PickandPlace...   | PANEL_S1  | False | 3:15:19 PM | Good [...] | 1 S |
| 🔴    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_PickandPlace...   | PANEL_S4  | False | 3:11:28 PM | Bad [0...] | 1 S |
| 🟢    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_PickandPlace...   | Q0        | True  | 3:20:59 PM | Good [...] | 1 S |
| 🟢    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_PickandPlace...   | Q2        | True  | 3:20:58 PM | Good [...] | 1 S |
| 🟢    | ✓      | DESKTO... | OPC Expert UA Serve... | ns=3,s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_PickandPlace...   | Q7        | False | 3:21:04 PM | Good [...] | 1 S |

Puede haber una excepción con las señales del “Panel S1 y Panel S4”. De todas las estaciones.

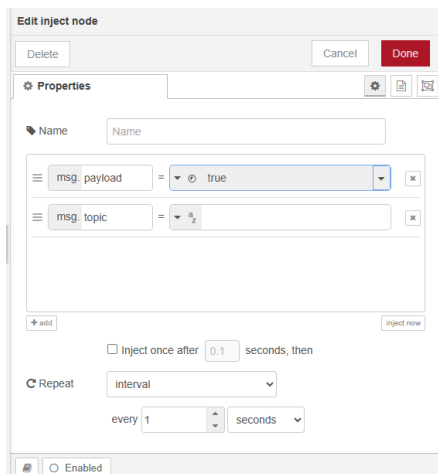
### A. Pantalla 1: “METRICAS DE ESTADO”

#### Señal de alerta del sistema:

- 1) Para realizar las métricas de estado utilizaremos los nodos: “Inject”, “OPC UA Item”, “OPC UA Client”, “led” y en algunos casos el nodo de “function”. Los acomodamos de la siguiente manera:



2) Iniciaremos modificando el nodo “Inject” haciendo doble click sobre el nodo:



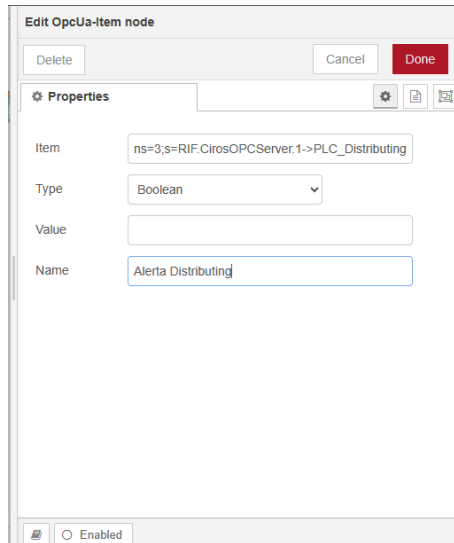
Y lo configuraremos de la siguiente manera: En “msg.payload” hacemos click sobre el símbolo **timestamp** en la lista desplegada elegiremos el estilo “boolean” ya que los datos que necesitamos inyectar son de este tipo. En “msg.topic” lo dejamos vacio, en “repeat” seleccionamos la opción “Interval” y elegiremos el intervalo de “1 segundo” en la opción “every”, esto quiere decir que solicitaremos los datos en un intervalo de un segundo y guardamos los cambios presionando “Done”.

3) Seguimos con la configuración del nodo “OPC UA Item”


**Nota:** Para la señal de alerta del sistema utilizaremos el foco de alerta de las estaciones que con las variables dadas por el “PANEL\_P3” de la estación “Distributing”

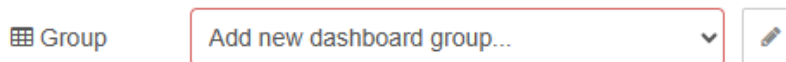
4) Hacemos doble click sobre el nodo y se abrirá una ventana que nos pide los datos de la señal a utilizar.

5) En este nodo lo más importante es conseguir el “Item” y para ello necesitaremos conseguir el “Node ID” de la variable como se enseñó en el paso **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** de la segunda parte de la practica anterior para este punto el “Item Name es: PANEL\_P3”. Una vez conseguido los datos, lo configuramos tal cual se muestra en la imagen:

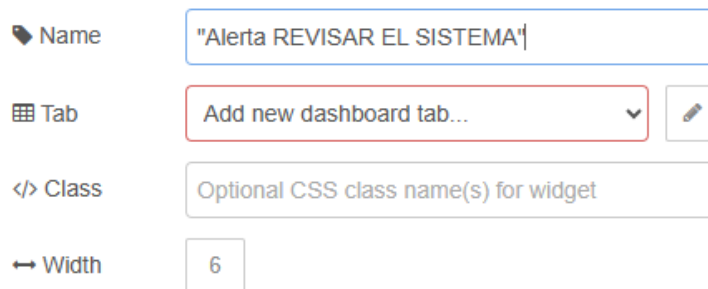


- 6) Para el nodo OPC UA Client solo se requiere añadir una vez la dirección del sistema OPC UA en este caso el del CIROS, tal cual se muestra en la primera parte de la práctica anterior:
- 7) Si se desea insertar más nodos “OPC UA Client” solo es necesario copiar y pegar.
- 8) Y para la configuración del último nodo “LED” hacemos doble click y lo configuramos de la siguiente manera:

Para la primera parte “Group” que significa el grupo del dashboard al que pertenecerá esta señal, hacemos click en la figura de lápiz 

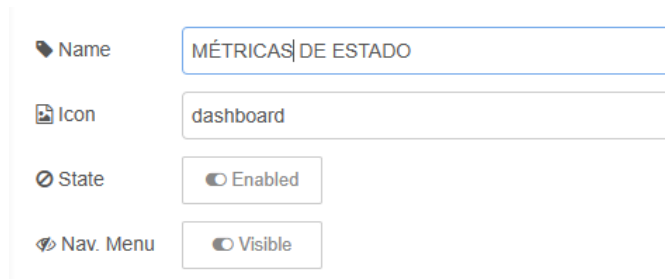


He ingresaré a una nueva ventana, la que llenaremos de la siguiente manera:



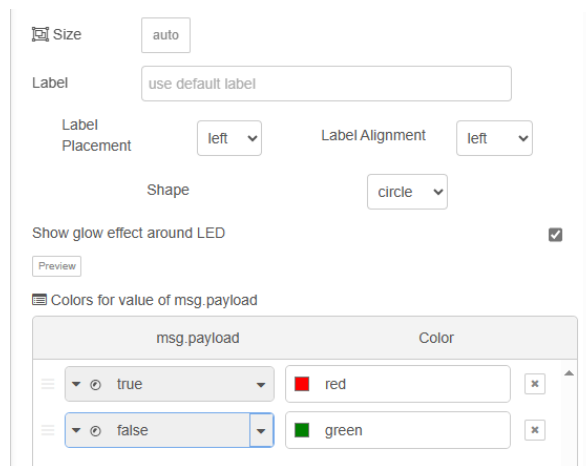
Presionamos “Update”. Y en la parte de “Tab” que significa la pantalla a la que pertenecerá esta señal que en este caso es “METRICAS DE ESTADO”, para ello

presionaremos nuevamente el lápiz y se abrirá una nueva ventana de configuración la que llenaremos de la siguiente manera:



|           |                    |
|-----------|--------------------|
| Name      | MÉTRICAS DE ESTADO |
| Icon      | dashboard          |
| State     | Enabled            |
| Nav. Menu | Visible            |

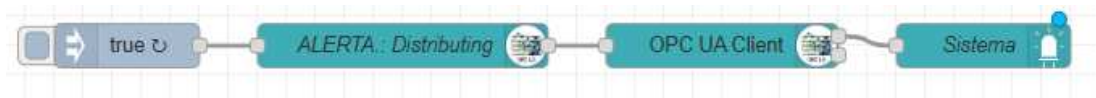
Presionamos “Update” y retornaremos a la primera ventana donde proseguiremos con la configuración del led, donde continuaremos y lo configuraremos tal cual se muestra en la imagen:



| msg.payload | Color |
|-------------|-------|
| true        | red   |
| false       | green |

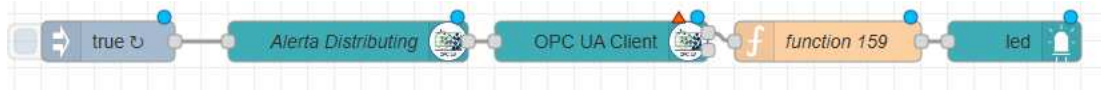
Lo que significa que cada vez que la señal de la variable nos diga “true” el led se pondrá rojo y si nos dice “false” el led se pondrá de color verde.

Una vez configurado presionamos “Done” para finalizar la configuración.



- 9) En algunos casos se utiliza el nodo “function” para modificar las señales hasta llegar a las acciones requeridas de “true” y “false” considere usarlo si lo necesita, en ese caso el nodo se debe añadir antes del nodo led.

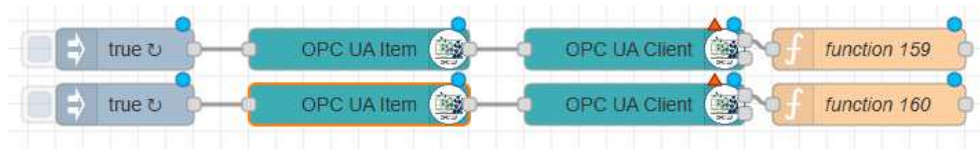




## B. Pantalla 2: “TIEMPOS”

### Tiempo de funcionamiento de funcionamiento de “Distributing”

- 1) Iniciaremos definiendo las señales de funcionamiento del “MPS Distributing” para ello utilizaremos dos señales la de inicio será cuando el cilindro que empuja las piezas a la cinta está en movimiento (I4) y la segunda señal será la del movimiento de la cinta (Q0).
- 2) Los nodos los acomodaremos de la siguiente manera:



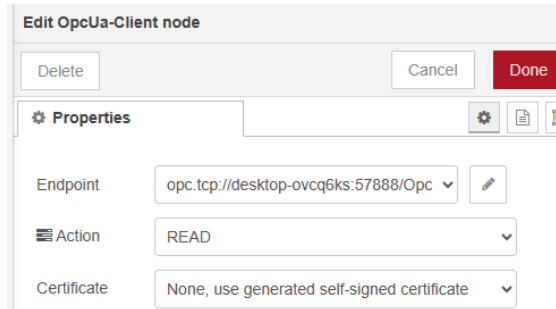
- 3) Las configuraciones de los nodos “inject” y “OPC UA Client” se deben configurar de la misma manera que en el punto anterior.

**Nota:** Ambos nodos podemos copiar y pegar del ejercicio anterior

Las configuraciones deben quedar de la siguiente manera:

- **Nodo Inject:**

- **Nodo “OPC UA Client”:**



4) Para los nodos “OPC UA Item” de cada señal lo configuraremos tal cual se muestra en la imagen:

- Señal “Item Name: I4” de la estación “Distributing”

|       |  |
|-------|--|
| Item  | ns=3;s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_Distributing.I4 |
| Type  | Boolean  |
| Value |  |
| Name  | Cilindro: Distributing                           |

- Señal “Item Name: Q0” de la estación “Distributing”

|       |  |
|-------|--|
| Item  | ns=3;s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_Distributing.Q0 |
| Type  | Boolean  |
| Value |  |
| Name  | Cinta: Distributing                              |

5) Para los nodos “function” tenemos que recibir las señales en variables para poder trabajarlas y llamarlas más adelante.

Para la función de I4:

Para la función de Q0:

|   |   |
|---|---|
| <pre>1 flow.set("cil",msg.payload); 2 return msg;</pre> | <pre>1 flow.set("cinta",msg.payload); 2 return msg;</pre> |
|---|---|

En resumen, este código:

- Almacena el valor del payload del mensaje en la variable global "cil".
  - Envía el mensaje original sin modificaciones al siguiente nodo.
- 6) Luego de definir las señales de funcionamiento, pasamos a la segunda parte donde tomaremos el tiempo de funcionamiento que lo definirá el nodo "Hourglass". Este nodo requiere recibir 4 señales en específico para su funcionamiento: "Start" para iniciar el conteo del tiempo, "Stop" para finalizar el conteo del tiempo, "Status" es la señal que envía el estado del reloj en este caso "Start" y "Stop" y por ultimo la señal "Reset" para reiniciar el conteo de los tiempos.

Teniendo en cuenta todo este proceso procedemos a armar a todos los nodos de la siguiente manera:



#### a) Para la primera señal "Start" (Primera fila):

- Iniciaremos configurando el nodo Inject de la misma manera que en los casos anteriores.
- Para el primer nodo "function" definiremos la condición para enviar la señal de "Start" para ello, escribiremos el siguiente código.

```
1  var cinta = flow.get("cinta");
2  var cil = flow.get("cil");
3  if(cil == false){
4    msg.payload = true;
5  } else {
6    if (cinta == true) {
7      msg.payload = true;
8    } else {
9      msg.payload = false
10   }
11  return msg;
```

Este código verifica dos variables globales: cil y cinta.

- Si la variable “cil” es false, el payload del mensaje se establece en true.
- Si la variable “cil” no es false, verifica cinta.
- Si la variable “cinta” es true, el payload del mensaje se establece en true.
- Si variable “cinta” no es true, el payload del mensaje se establece en false.

Básicamente, el código establece el payload del mensaje a true solo si la variable “cil” es false y variable “cinta” es true. De lo contrario, establece el payload a false.

- El nodo “filter” lo utilizaremos para poder filtrar los mensajes y no saturar el sistema ya que en nuestro nodo inject solicitamos que los mensajes se envíen cada segundo, hay ocasiones donde los mensajes entre segundos son los mismos entonces este nodo nos ayudara a enviar los mensajes solo una vez por cambio, dejamos este nodo con sus configuraciones por defecto.
- Con el segundo nodo “function” definiremos el mensaje para enviar la señal al reloj de acuerdo al mensaje payload de la primera “function” para ello escribiremos el siguiente código:

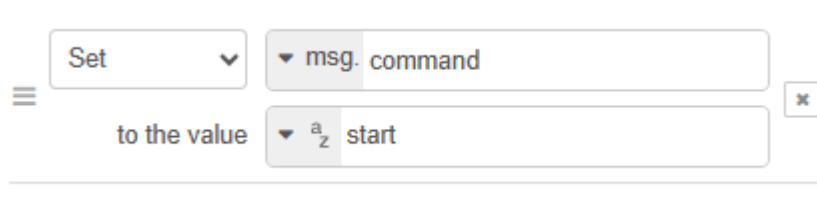
```

1  if(msg.payload == true){
2  |   msg.payload = "start";
3  } else {
4  |   msg.payload = "";
5  }
6  return msg;

```

El código lo que hace es modificar la propiedad payload del mensaje a "start" si el valor original es true. Si el valor original no es true, se establece la propiedad payload a una cadena de texto vacía. El mensaje modificado se devuelve a la siguiente parte del flujo para su posterior procesamiento.

- Para el nodo “Change” lo que haremos será configurar de la siguiente manera:



### b) Para la segunda señal de “Stop” (Segunda fila):

Las configuraciones básicamente son las mismas con ligeras modificaciones.

- Iniciaremos configurando el nodo Inject de la misma manera que en los casos anteriores.
- Para el primer nodo “function” definiremos la condición para enviar la señal de “Stop” para ello, utilizaremos el mismo código que para la señal “Start”.
- El nodo “filter” tiene la misma función que en el caso anterior.
- Con el segundo nodo “function” definiremos el mensaje para enviar la señal al reloj de acuerdo al mensaje payload de la primera “function” para ello escribiremos el siguiente código:

```
1  if(msg.payload == false){
2      msg.payload = "stop";
3  } else {
4      msg.payload = "";
5  }
6  return msg;
```

El código lo que hace es modificar la propiedad payload del mensaje a "stop" si el valor original es false. Si el valor original no es false, se establece la propiedad payload a una cadena de texto vacía. El mensaje modificado se devuelve a la siguiente parte del flujo para su posterior procesamiento.

- Para el nodo “Change” lo que haremos será configurar de la siguiente manera:



The image shows a configuration interface for a 'Set' node. It consists of two main input fields. The first field is labeled 'Set' and has a dropdown arrow. The second field is labeled 'to the value' and has a dropdown arrow. The value 'msg.command' is entered in the first field, and the value 'stop' is entered in the second field. There is a small 'x' icon in the top right corner of the configuration box.

### c) Para la señal “Status” (Tercera fila):


- Iniciaremos configurando el nodo Inject de una manera ligeramente distinta que en los casos anteriores. Lo configuramos de la siguiente manera:

The screenshot shows the configuration for an Inject node. It features two input fields: 'msg.payload' with a dropdown menu set to 'status', and 'msg.topic' with a dropdown menu set to 'a\_z'. Below these fields, there is a checkbox for 'Inject once after 0.1 seconds, then' and a 'Repeat' section with a dropdown set to 'interval' and 'every 1 seconds'.

- Para el nodo “Change” lo que haremos será configurar de la siguiente manera:

The screenshot shows the configuration for a Change node. It has a 'Set' dropdown menu and a 'to the value' dropdown menu. The 'msg.command' field is set to 'status'.

#### d) Para la señal Reset (Cuarta fila):

- Iniciaremos configurando el nodo del botón “button” de la siguiente manera:  
Para la primera parte “Group” que significa el grupo del dashboard al que pertenecerá esta señal, hacemos click en la figura de lápiz  e ingresará a una nueva ventana, la que llenaremos de la siguiente manera:

The screenshot shows the configuration form for a button. It includes fields for 'Group' (set to 'Add new dashboard group...'), 'Name' (set to 'TIEMPOS DE FUNCIONAMIENTO POR ESTACION'), 'Tab' (set to 'Add new dashboard tab...'), 'Class' (set to 'Optional CSS class name(s) for widget'), and 'Width' (set to '8').

Presionamos “Update”. Y en la parte de “Tab” que significa la pantalla a la que pertenecerá esta señal que en este caso es “TIEMPOS”, para ello presionaremos nuevamente el lápiz y se abrirá una nueva ventana de configuración la que llenaremos de la siguiente manera:

A configuration form for a tab. It has four rows: 'Name' with a text input containing 'TIEMPOS'; 'Icon' with a text input containing 'dashboard'; 'State' with a toggle switch labeled 'Enabled' that is turned on; and 'Nav. Menu' with a toggle switch labeled 'Visible' that is turned on.

Presionamos “Update” y retornaremos a la primera ventana donde proseguiremos con la configuración del botón, donde continuaremos y lo configuraremos tal cual se muestra en la imagen:

A configuration form for a button. It has several rows: 'Icon' with a text input containing 'optional icon'; 'Label' with a text input containing 'Reset Tiempo'; 'Tooltip' with a text input containing 'optional tooltip'; 'Color' with a text input containing 'optional text/icon color'; 'Background' with a text input containing 'optional background color'; a checked checkbox labeled 'When clicked, send:'; 'Payload' with a dropdown menu showing 'reset'; and 'Topic' with a dropdown menu showing 'msg. topic'.

- Con el nodo “function” definiremos el mensaje para enviar la señal al reloj de acuerdo al botón para ello escribiremos el siguiente código:

```
1 var botton = msg.payload;
2 global.set("bottonglobal",botton);
3 msg.payload = global.get("bottonglobal");
4
5 return msg;
```

Con este código lo hace es captar la señal de “true” y “false” del botón.

➤ Para el nodo “Change” lo que haremos será configurar de la siguiente manera:



- 7) El nodo “Hourglass” no requiere ninguna configuración y se lo deja con las configuraciones por defecto.
- 8) Para el siguiente nodo que es el de “function” le pondremos el siguiente código:

```
1 var tiempo = msg.elapsed.millis;
2 msg.payload = tiempo;
3 msg.topic = "Distribucion";
4 flow.set("tiempo", tiempo)
5 return msg;
```

En resumen:

- El código captura el tiempo transcurrido desde que se recibió el mensaje.
- Asigna ese tiempo al payload del mensaje.
- Establece el topic del mensaje a "Distribucion".
- Almacena el tiempo en una variable global para su uso posterior.
- Devuelve el mensaje modificado.

- 9) Ya en el último nodo (Gauge) que es el que se mostrará en nuestro dashboard lo configuraremos de la siguiente manera:

Para la primera parte “Group” lo configuraremos igual que para el botón:



Lo demás lo configuraremos de la siguiente manera:



Type: Compass

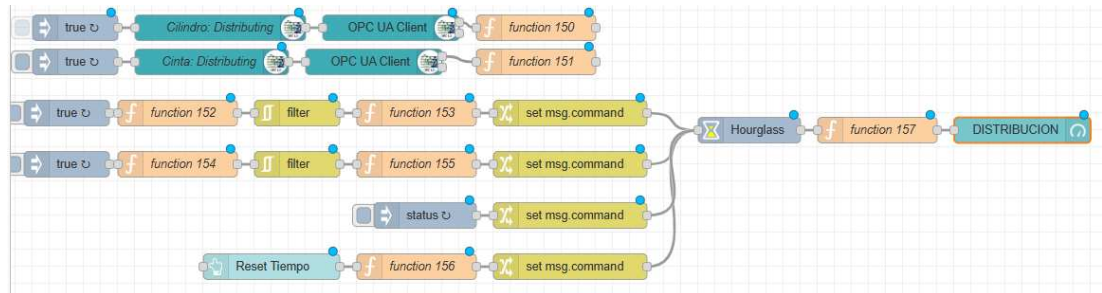
Label: DISTRIBUCION

Value format: {{value}}

Units: SEG

Range: min 0 max 600

10) Con todas las configuraciones el sistema quedaría así:



### C. Pantalla 3: “CANTIDADES”

- 1) Iniciaremos definiendo las señales que nos indicaran la presencia de piezas en este caso procesadas en la estación “Distributing” para ello utilizaremos la señal de detector de piezas en la cinta (I1). También necesitaremos contadores tanto el inicial como el contador que guarda los datos.
- 2) De esta manera los nodos los acomodaremos de la siguiente manera:



- 3) Las configuraciones del primer nodo “inject” y “OPC UA Client” se deben configurar de la misma manera que en el punto anterior o se puede copiar y pegar.
- 4) Para el nodo “OPC UA Item” utilizaremos la señal “I1” de la estación “Distributing” y lo configuraremos de la siguiente manera:

|       |  |
|-------|--|
| Item  | ns=3;s=RIF.CirosOPCServer.1->PLC_Distributing.I1 |
| Type  | Boolean  |
| Value |  |
| Name  | Piezas: Distributing                             |

- 5) El nodo “filter” tiene la misma función que en el caso anterior.
- 6) Para el siguiente nodo que es el de “function” le pondremos el siguiente código:

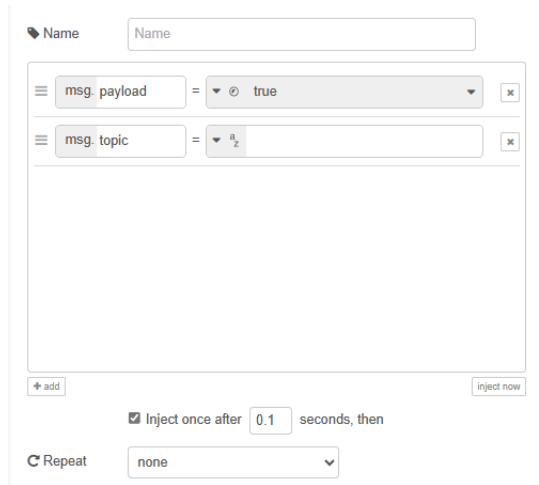
```

1  var cnt = flow.get ("cont");
2  var val_ant =flow.get("val_ant");
3
4  var val_act = msg.payload
5
6  if(val_act != val_ant) {
7      if (val_act == true) {
8          flow.set("cont",(cnt + 1));
9          msg.payload = cnt
10     }
11 }
12 val_ant = val_act;
13 msg.payload = cnt;
14 flow.set("cnt", cnt);
15 return msg;

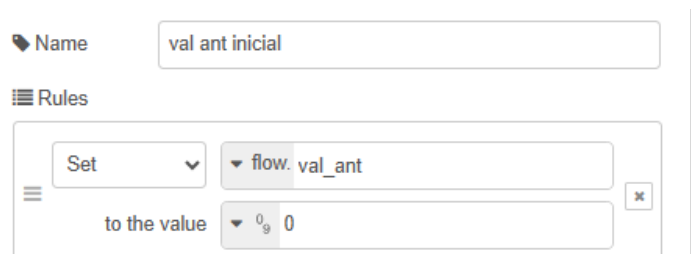
```

En resumen:

- El código monitorea un valor o estado que se recibe a través del payload de los mensajes.
  - Solo actualiza el contador global "cont" y envía un mensaje con el valor del contador si:
    - El valor actual (val\_act) es diferente al valor anterior (val\_ant).
    - El valor actual es true (indica un cambio de estado relevante).
  - Esto permite contar la cantidad de veces que se produce un cambio de estado o evento específico.
- 7) Para los contadores iniciaremos con los nodos de “inject” ambos se deben configurar de la siguiente manera:



8) Para los nodos “Change” lo que haremos será configurar de la siguiente manera:  
**Change de la primera fila:**



**Change de la segunda fila:**



9) Con todas las configuraciones el sistema quedaría así:



Con estas bases se pueden realizar distintos tipos de contadores, tomar el tiempo para otras funcionalidades crear más sistemas de control visual a través de las alertas con los leds. Ya depende de las necesidades que se tengan.

## **5. RECOMENDACIONES**

### **Recomendaciones:**

Como recomendación, se sugiere a los participantes practicar continuamente con Node-RED y explorar sus capacidades para el diseño de Dashboards aún más complejos y personalizados. Además, se les insta a mantenerse actualizados sobre las últimas tendencias y tecnologías en el campo de la visualización de datos y la supervisión industrial, para seguir mejorando sus habilidades y adaptarse a las demandas cambiantes del sector.

## **6. CUESTIONARIO**

**Pregunta 1:** ¿Cuál es el objetivo principal de la práctica “Generación de Interfaz con Node-RED”?

**Pregunta 2:** ¿Qué herramienta se utiliza para desarrollar las interfaces SCADA en esta práctica?

**Pregunta 3:** ¿Cuál es uno de los objetivos específicos de la primera parte de la práctica?

**Pregunta 4:** ¿Qué implica la tarea de la segunda parte de la práctica?

**Pregunta 5:** ¿Por qué es importante la práctica de Generación de Interfaz con Node-RED en el contexto industrial?

**Pregunta 6:** Proporcione al menos una sugerencia para mejorar la efectividad de esta práctica.

**Pregunta 7:** En una escala del 1 al 5, donde 1 es insatisfactorio y 5 es excelente, ¿cómo calificaría la utilidad educativa de esta práctica?

## **PRACTICA 10: CONEXIÓN DE POWER BI CON MYSQL**

### **1. INTRODUCCIÓN**

La visualización y el análisis de datos son pasos cruciales en el proceso de toma de decisiones. En esta práctica, nos sumergiremos en Power BI, conectándolo a nuestra base de datos MySQL y creando visualizaciones dinámicas que nos ayudarán a comprender mejor el rendimiento del sistema.

### **2. OBJETIVOS**

- Configurar Power BI para conectarse a MySQL.
- Crear consultas y visualizaciones en Power BI para analizar datos de las estaciones MPS.

### **3. REQUERIMIENTOS**

- Computadoras con acceso de administrador.
- Power BI Desktop instalado.
- MySQL instalado y configurado.
- Datos generados desde Ignition.

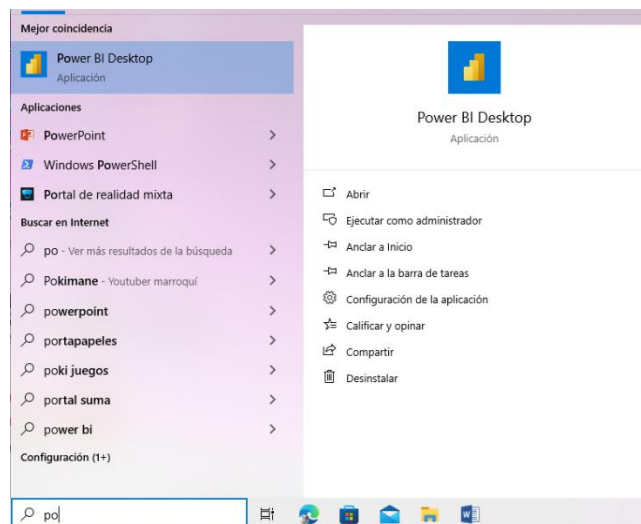
### **4. DESARROLLO**

- **Ejercicio:** Nos sumergiremos en Power BI, conectándolo a nuestra base de datos MySQL lo que nos ayudarán en adelante a crear visualizaciones dinámicas para comprender mejor el rendimiento del sistema industrial. Utilizaremos Power BI Desktop para configurar la conexión y generar consultas que nos permitan analizar los datos de las estaciones MPS almacenados en MySQL.
- **Tarea:** La tarea consistirá en configurar Power BI para conectarse a MySQL. Se requerirá la generación de consultas efectivas para extraer la información relevante para la futura creación de gráficos y tablas que faciliten la comprensión del rendimiento del sistema.
- **Esquema de la situación:** En esta práctica, nos enfocaremos en la conexión de Power BI con MySQL para analizar datos provenientes de las estaciones MPS. El objetivo

principal es utilizar Power BI en una próxima practica para crear visualizaciones dinámicas que nos permitan comprender mejor el rendimiento del sistema industrial. Para ello, configuraremos la conexión en Power BI Desktop.

- **Procedimiento:**

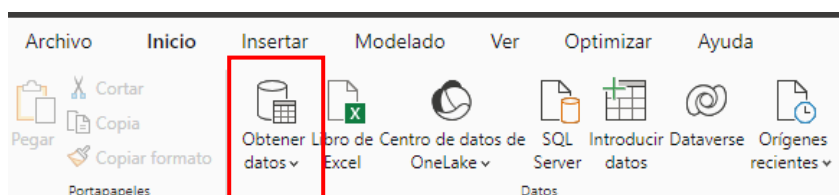
- 1) Iniciaremos abriendo el programa de Power BI en el buscador del sistema. Y presionamos “Abrir”.



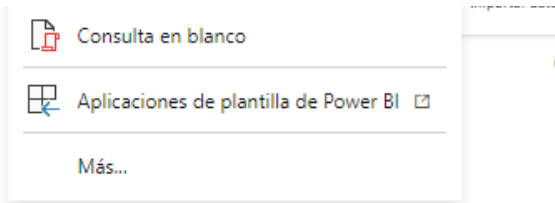
- 2) Nos dirigimos a la opción “Nuevo” y hacemos doble click.



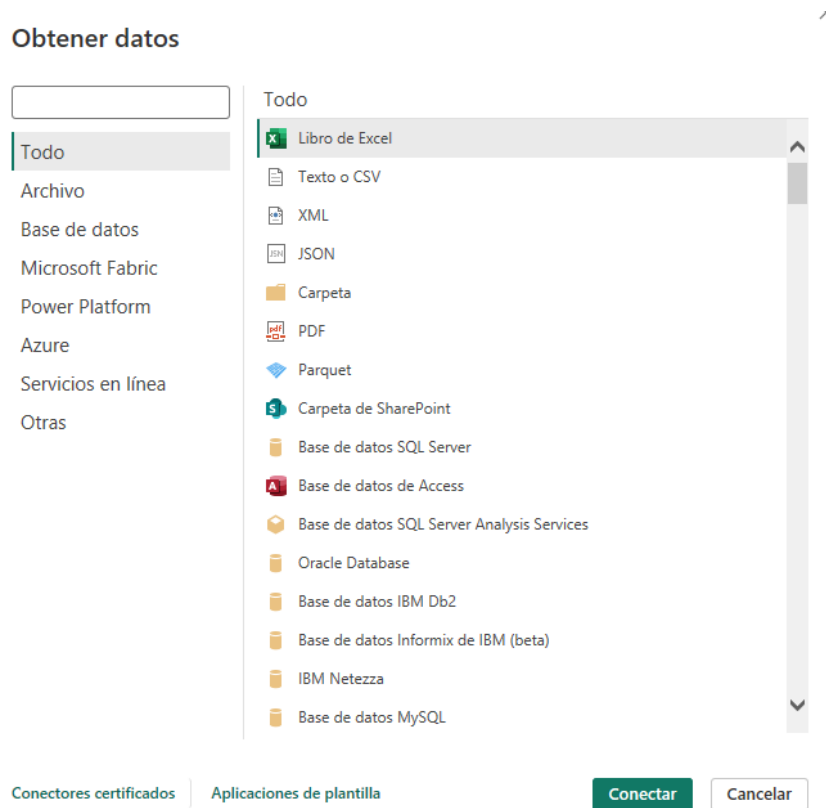
- 3) Se abrirá una nueva ventana de trabajo y nos dirigimos a la cinta de opciones para buscar la opción “Obtener datos” y hacemos click sobre la opción.



- 4) Y se desplegara una ventana de opciones, en ese lugar nos dirigimos hasta el final de las opciones y hacemos click sobre la opción “Mas...”



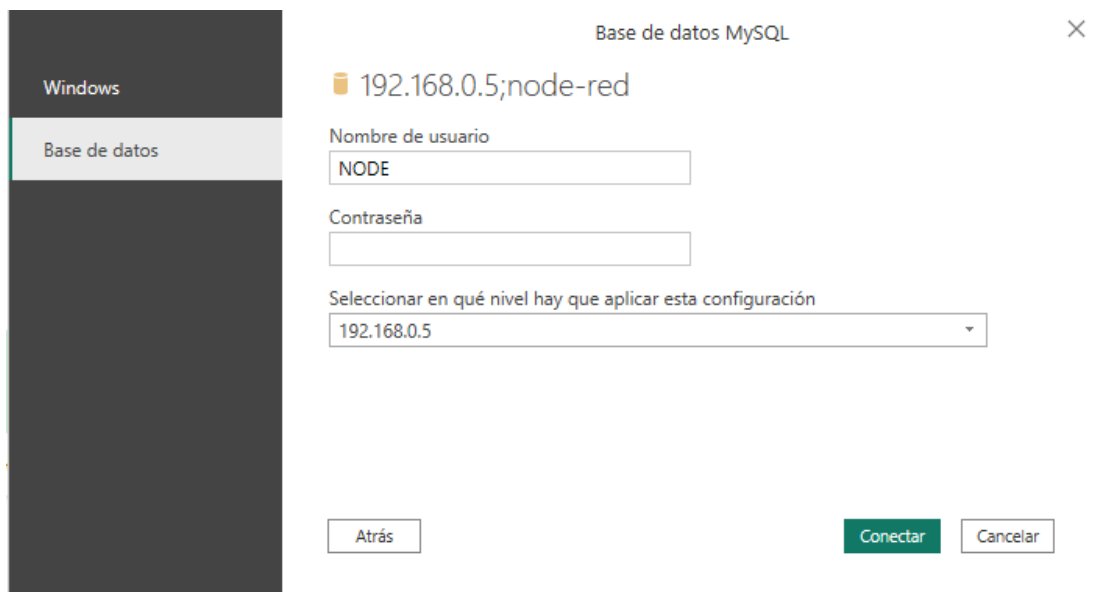
- 5) Automáticamente se abrirá una nueva ventana, de la que buscaremos la opción “Base de datos MySQL” y haremos click sobre el botón de color verde “Conectar”



- 6) Una vez se conecte a MySQL se abrirá una pequeña ventana, donde nos pedirán los datos de “Servidor” y el nombre de la “Base de datos”. Para ello recordaremos la practica anterior en el punto. en la parte “Database” encontraremos los datos que requerimos y llenamos las opciones y presionamos “Aceptar”.



- 7) De la misma manera que llenamos la ventana anterior, en esta ventana ponemos los datos requeridos “Nombre de usuario”, “Contraseña (vacío ya que nuestro servidor no cuenta con contraseña)” y dejamos por defecto la última opción. Una vez tenemos todos los datos presionamos sobre el botón “Conectar”



- 8) Esperamos unos segundos para que Power BI se conecte con MySQL, una vez conectado se abrirá una ventana “Navegador” donde veremos todas las tablas que hemos creado en la base de datos. Debemos marcar todas para poder cargarlas al sistema, una vez marcadas presionamos el botón “Cargar”.



## Navegador

node-red.tiempos

| Nº | Distribucion | Pick and Place | Clasificacion |
|----|--------------|----------------|---------------|
| 1  | 0            | 4              | 7             |
| 2  | 0            | 0              | 0             |
| 3  | 0            | 0              | 0             |
| 4  | 1            | 0              | 0             |
| 5  | 2            | 0              | 0             |
| 6  | 2            | 1              | 0             |
| 7  | 3            | 1              | 0             |
| 8  | 4            | 1              | 1             |
| 9  | 4            | 1              | 1             |
| 10 | 4            | 1              | 2             |
| 11 | 5            | 2              | 2             |
| 12 | 5            | 3              | 2             |
| 13 | 7            | 3              | 2             |
| 14 | 8            | 3              | 2             |
| 15 | 8            | 3              | 3             |
| 16 | 8            | 4              | 4             |
| 17 | 8            | 5              | 4             |
| 18 | 9            | 5              | 4             |
| 19 | 9            | 5              | 5             |
| 20 | 9            | 6              | 6             |
| 21 | 10           | 7              | 6             |
| 22 | 11           | 7              | 6             |
| 23 | 11           | 7              | 7             |
| 24 | 12           | 9              | 8             |

Seleccionar tablas relacionadas Cargar Transformar datos Cancelar

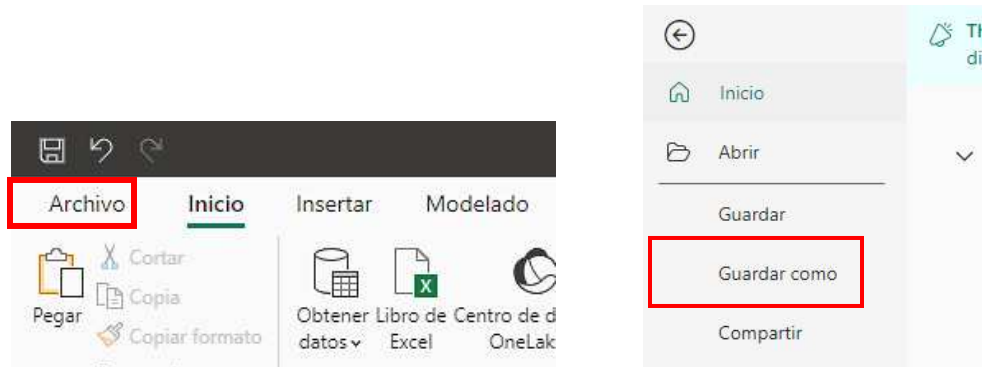
- 9) Esperamos unos segundos y veremos un anuncio que nos dirá que todo esta de manera correcta, para verificarlo nos dirigimos a la parte derecha de la pantalla y abriremos la opción “Datos” en esa pestaña debemos encontrar todas las tablas que hemos cargado, si verificamos que están todas entonces quiere decir que hemos hecho una buena conexión de MySQL a Power BI.

Datos >>

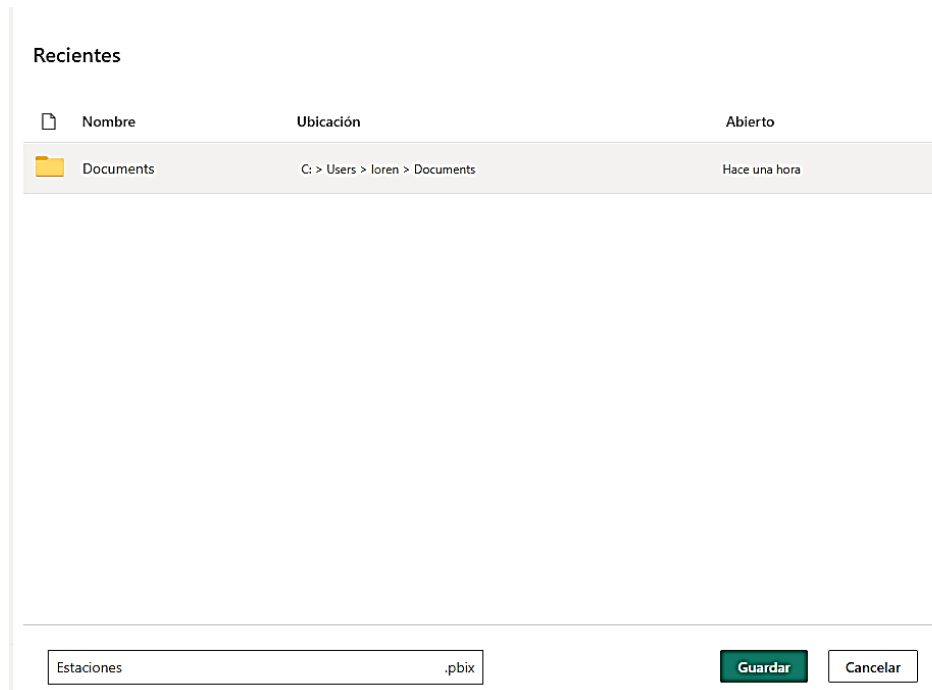
Buscar

- > node-red alertas
- > node-red colores
- > node-red espera
- > node-red piezas
- > node-red tiempos
- > node-red tiempos

10) Luego de obtener todos los datos en el Power BI, guardaremos el documento, hacemos click sobre la pestaña “Archivo”, dentro de la pestaña haremos click sobre la opción “Guardar como”.



11) Automáticamente se abrirá la dirección de la carpeta donde se guardara el documento, en la parte de debajo de la pantalla se pide insertar el nombre del trabajo en este caso le pondremos “Estaciones” y haremos click en “Guardar”.



**“TAREA FINALIZADA”**

## 5. RECOMENDACIONES

### Recomendaciones:

Para maximizar el potencial de esta integración, se recomienda continuar explorando las capacidades de Power BI y MySQL en la práctica diaria. Es crucial seguir optimizando las consultas y la configuración de Power BI para garantizar una extracción eficiente de datos de MySQL. Además, se sugiere documentar y mantener actualizadas las conexiones y configuraciones para facilitar futuras tareas de análisis y visualización de datos.

## 6. CUESTIONARIO

**Pregunta 1:** ¿Cuál es el objetivo principal de la práctica de conexión de Power BI con MySQL?

**Pregunta 2:** ¿Cuáles son los requisitos necesarios para llevar a cabo esta práctica?

**Pregunta 3:** ¿Cuál es el paso inicial para configurar Power BI para conectarse a MySQL?

**Pregunta 4:** ¿Qué tipo de datos se espera analizar con Power BI en esta práctica?

**Pregunta 5:** ¿Cuál es el beneficio principal de la conexión entre Power BI y MySQL?

**Pregunta 6:** Proporcione al menos una sugerencia para mejorar la efectividad de esta práctica.

**Pregunta 7:** En una escala del 1 al 5, donde 1 es insatisfactorio y 5 es excelente, ¿cómo calificaría la utilidad educativa de esta práctica?

## **PRACTICA 11: DISEÑO DE PANELES INTERACTIVOS EN POWER BI**

### **1. INTRODUCCIÓN**

En esta fase, nos centraremos en la visualización avanzada de datos mediante el diseño de paneles interactivos en Power BI. Crearemos interfaces dinámicas que proporcionarán a los usuarios una comprensión detallada de la operación del sistema. Esta práctica es fundamental para la toma de decisiones basada en datos.

### **2. OBJETIVOS**

- Diseñar paneles interactivos en Power BI para visualizar datos en tiempo real.
- Agrega gráficos, tablas y otros elementos visuales relevantes.
- Implementar controles de usuario para explorar y analizar datos de manera interactiva.
- Configurar alertas y notificaciones visuales en Power BI para eventos críticos del sistema.

### **3. REQUERIMIENTOS**

- Power BI Desktop instalado.
- Conexión a la base de datos MySQL.
- Datos generados desde NODE-Red o Ciro.

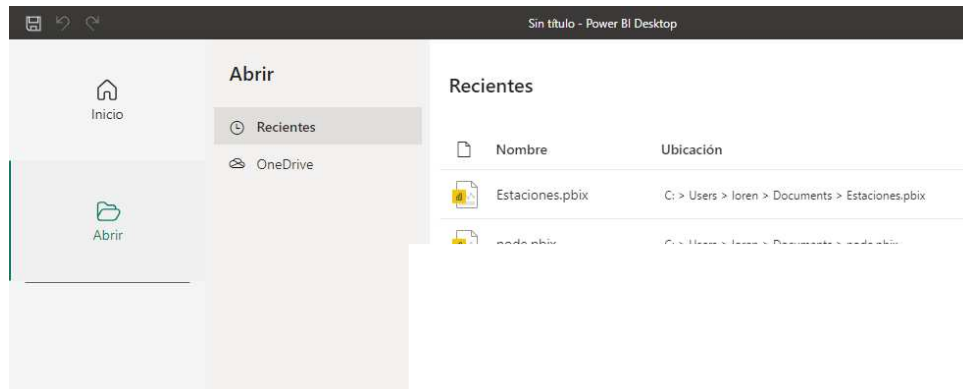
### **4. DESARROLLO**

- **Ejercicio:** En esta práctica, nos enfocaremos en el diseño de paneles interactivos en Power BI. Utilizaremos Power BI Desktop para crear interfaces dinámicas que permitan una comprensión detallada de la operación del sistema industrial. Los paneles mostrarán datos en tiempo real y facilitarán la toma de decisiones basada en datos.
- **Tarea:** La tarea consistirá en diseñar paneles interactivos en Power BI para visualizar datos en tiempo real. Agregaremos gráficos, tablas y otros elementos visuales relevantes para mejorar la presentación de la información. Además, implementaremos controles de usuario para explorar y analizar datos de manera interactiva, y configuraremos alertas y notificaciones visuales para eventos críticos del sistema.

- **Esquema de la situación:** En esta fase, nos centraremos en la visualización avanzada de datos mediante el diseño de paneles interactivos en Power BI. El objetivo es proporcionar a los usuarios una comprensión detallada de la operación del sistema, facilitando así la toma de decisiones basada en datos. Se requiere la conexión a la base de datos MySQL y la disponibilidad de datos generados desde NODE-Red o Ciroso para llevar a cabo esta práctica.

- **Procedimiento:**

- 1) Iniciaremos abriendo el documento abrimos nuestro Power BI nuevamente y ya dentro del área de trabajo nos dirigimos hacia el icono en forma de carpeta con el nombre “Abrir”, en seguida nos mostrará una lista de documentos listos para abrir, ubicamos el documento guardado y hacemos clic sobre él y se abrirá inmediatamente.



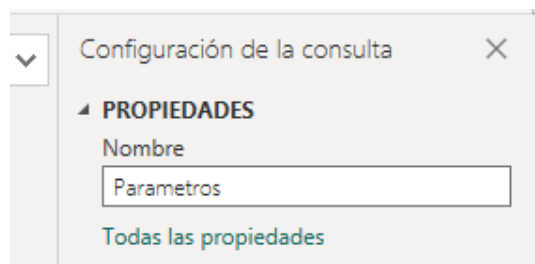
- 2) Una vez abierto el documento con los datos de MySQL, iniciaremos insertando un cuadro de texto para insertar el nombre a nuestra pantalla.



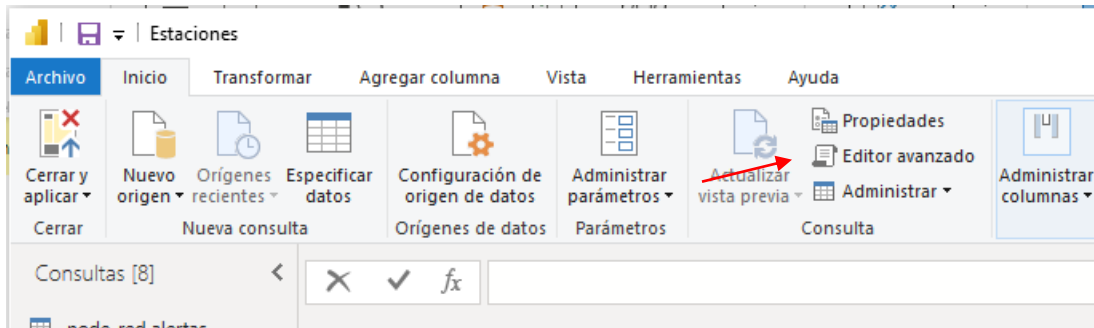
- 3) Insertaremos la visualización de la última actualización de todos los datos. Para ello nos dirigimos a la pestaña de “Inicio” y presionamos en la opción “Obtener Datos” se desplegará automáticamente una ventana con opciones, nos dirigimos a la parte de abajo y seleccionamos la opción de “Consulta en blanco”.



- 4) Dentro de la ventana de la consulta en blanco, nos dirigiremos a la parte derecha de la pantalla para ponerle un nombre a nuestra consulta “Parámetros”

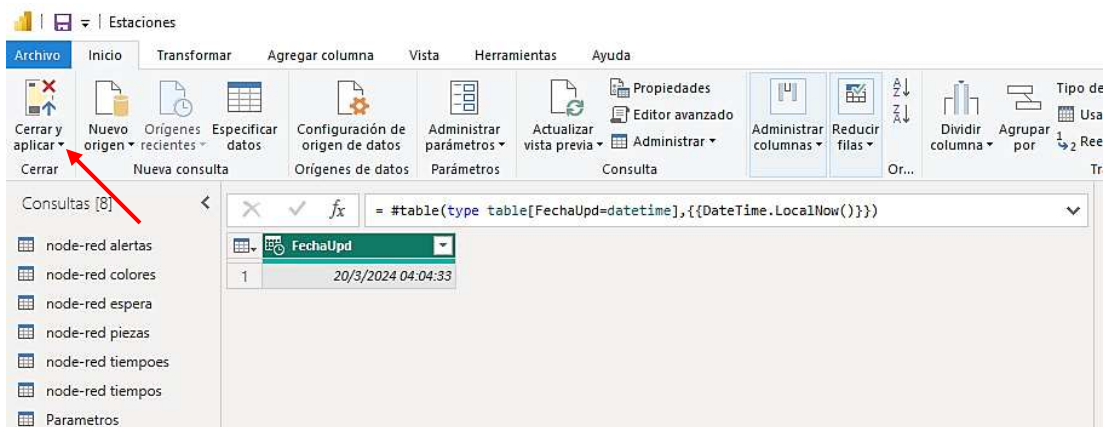


- 5) Y posteriormente nos dirigiremos a la opción de editor avanzado, donde se abrirá una nueva ventana, al cual se le insertará el siguiente código.

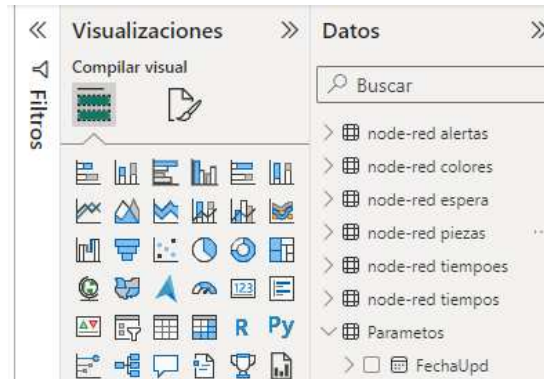


**Código:** `#table(type table[FechaUpd=datetime], {{DateTime.LocalNow()}})`

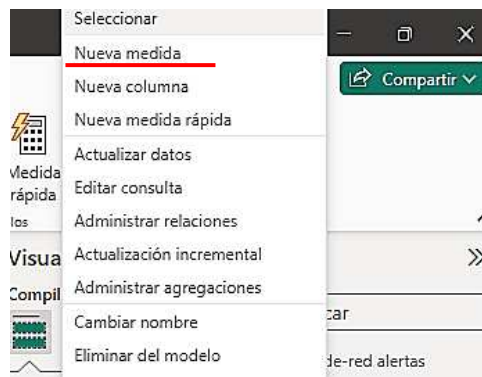
- 6) Presionamos “Listo” y ya tenemos nuestra consulta hecha. Para salir presionamos la pestaña “Cerrar y aplicar”.



- 7) Una vez cerrado en la pestaña de datos verificamos que se haya creado una nueva tabla con el nombre que le pusimos.



- 8) Hacemos click derecho sobre el nombre de la tabla y se abrirá una pestaña, donde buscaremos “Nueva medida”



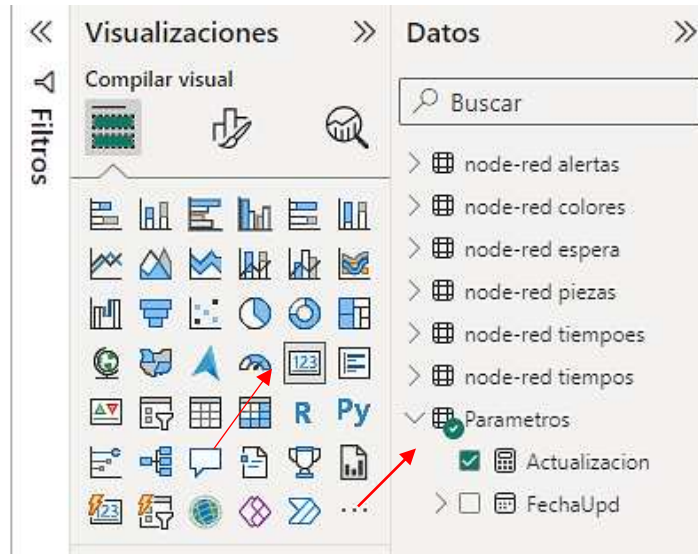
- 9) En la parte de arriba de la hoja de trabajo nos aparecerá un recuadro para poder ingresar el código a nuestra nueva medida a la cual se le ingresará el siguiente código y al final confirmamos haciendo click en la figura “check”:

`Actualizacion="Ultima Actualizacion: "& LASTDATE(Parametros[FechaUpd])`



Una vez confirmado procederemos a inserta la primera visualización: “Tarjeta” y seleccionaremos la nueva medida como dato para la tarjeta.

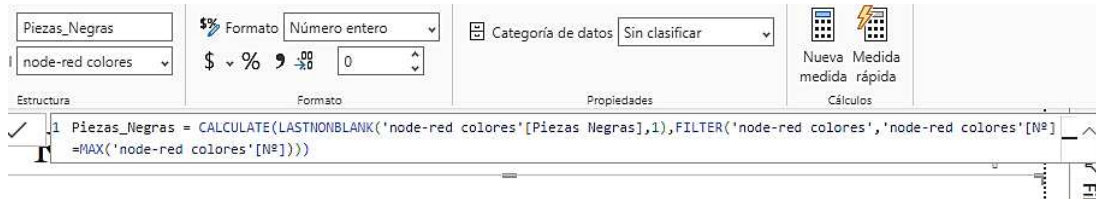




**Nota:** Cabe recordar que los datos proporcionados por NODE-Red ya vienen con un contador en que nos da el dato final de cada proceso en la última fila, esto quiere decir que en Power BI, no es necesario que se haga un resumen de datos (Suma de toda la fila) para la toma de datos deberemos configurar nuestro Power BI para mostrar solo el último dato de la fila.

- 10) Seguidamente procederemos a añadir las demás “Visualizaciones” para nuestros datos, en este caso insertaremos tarjetas que muestren el número de piezas por color procesadas para este punto utilizaremos la tabla “node-red: colores” y considerando la nota anterior crearemos “nuevas medias” para cada pieza de color.
- 11) Para ello haremos click derecho sobre la tabla y añadiremos una nueva medida donde añadiremos el siguiente código:

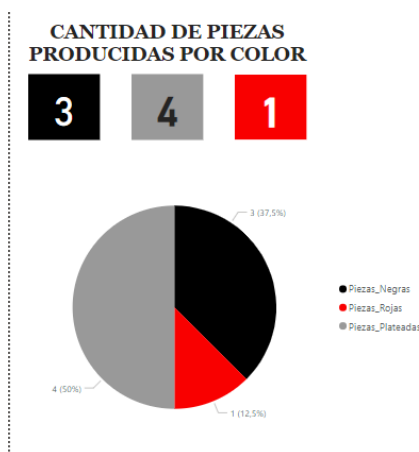
```
Piezas_Negras = CALCULATE(LASTNONBLANK('node-red colores'[Piezas Negras],1),FILTER('node-red colores','node-red colores'[Nº]=MAX('node-red colores'[Nº])))
```



12) Una vez confirmado procederemos a inserta la primera visualización: “Tarjeta” y seleccionaremos la nueva medida como dato para la tarjeta. Que en este saco será el contador de piezas



13) Así mismo puede utilizar la misma medida para poder insertar Gráficos como en este caso se añadió el grafico circular.



14) Con los mismos códigos puede crear nuevas medidas para cada tabla según los datos que desee mostrar en su Power Bi y añadir nuevos gráficos. Y de esta manera puede crear el panel interactivo de visualización de datos en Power Bi.

**“TAREA FINALIZADA”**

## 5. RECOMENDACIONES

### Recomendaciones

Para futuras implementaciones, se recomienda seguir explorando las capacidades de Power BI para diseñar paneles aún más interactivos y personalizados, adaptados a las necesidades específicas del sistema industrial. Además, es importante continuar actualizando y mejorando la calidad de los datos almacenados en la base de datos MySQL, asegurando su precisión y relevancia para la toma de decisiones. Se sugiere también realizar pruebas exhaustivas de los paneles diseñados para garantizar su correcto funcionamiento y usabilidad, y proporcionar capacitación adicional a los usuarios para maximizar su aprovechamiento de estas herramientas de visualización de datos.

## 6. CUESTIONARIO

**Pregunta 1:** ¿Cuál es el objetivo principal de la práctica de diseño de paneles interactivos en Power BI?

**Pregunta 2:** ¿Qué elementos visuales se pueden agregar a los paneles interactivos en Power BI?

**Pregunta 3:** ¿Cuáles son los requisitos para realizar la práctica de diseño de paneles interactivos en Power BI?

**Pregunta 4:** ¿Qué tipo de datos se espera analizar con Power BI en esta práctica?

**Pregunta 5:** ¿Por qué es importante implementar controles de usuario en los paneles interactivos de Power BI?

**Pregunta 6:** Proporcione al menos una sugerencia para mejorar la efectividad de esta práctica.

**Pregunta 7:** En una escala del 1 al 5, donde 1 es insatisfactorio y 5 es excelente, ¿cómo calificaría la utilidad educativa de esta práctica?



2024-TTES-1161-D-1

DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR  
Y DERECHOS CONEXOS  
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-2631/2024  
La Paz, 28 de agosto de 2024

**VISTOS:**

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **22 de agosto de 2024**, por **ESMERALDA LORENA RIVAS CHUQUI** con C.I. N° **8407442 LP**, con número de trámite **DA 1514/2024**, señala la pretensión de inscripción del Proyecto de Grado titulado: **"DISEÑO DE LABORATORIOS DIDÁCTICOS PARA LA FORMACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES CON EL ENFOQUE DE INDUSTRIA 4.0"**, cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

**CONSIDERANDO:**

Que, en observación al Artículo 4° del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el *"Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración"*.

Que, el Artículo 16° del Decreto Supremo N° 27938 establece *"Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión"*. En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6° de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26° inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4° de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18° de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18° de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: *"la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios"*

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4° de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7° de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: *"...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"*

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley N° 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: *"... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los"*



*ciudadanos ...*”, por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

**POR TANTO:**

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas.

**RESUELVE:**

**INSCRIBIR** en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, el Proyecto de Grado titulado: **"DISEÑO DE LABORATORIOS DIDÁCTICOS PARA LA FORMACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES CON EL ENFOQUE DE INDUSTRIA 4.0"** a favor de la autora y titular: **ESMERALDA LORENA RIVAS CHUQUI** con C.I. N° **8407442 LP**, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.

CASA/lm

Firmado Digitalmente por:

Servicio Nacional de Propiedad Intelectual - SENAPI  
**CARLOS ALBERTO SORUCO ARROYO**  
**DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS**  
LA PAZ - BOLIVIA



Firma:



cysCk9Lj5Ik74H

PARA LA VALIDACIÓN DEL PRESENTE DOCUMENTO INGRESAR A LA PÁGINA WEB [www.senapi.gob.bo/verificacion](http://www.senapi.gob.bo/verificacion) Y COLOCAR CÓDIGO DE VERIFICACIÓN O ESCANEAR CÓDIGO QR.



Oficina Central - La Paz  
Av. Montes, N° 515,  
entre Esq. Uruguay y  
C. Batallón Illimani.  
Telfs.: 2115700  
2119276 - 2119251

Oficina - Santa Cruz  
Av. Uruguay, Calle  
prolongación Quijarro,  
N° 29, Edif. Bicentenario.  
Telfs.: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba  
Calle Bolívar, N° 737,  
entre 16 de Julio y Antezana.  
Telfs.: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto  
Av. Juan Pablo II, N° 2560  
Edif. Multicentro El Ceibo  
Ltda. Piso 2, Of. 5B,  
Zona 16 de Julio.  
Telfs.: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca  
Calle Kilómetro 7, N° 366  
casi esq. Urriolagoitia,  
Zona Parque Bolívar.  
Telf.: 72005873

Oficina - Tarija  
Av. La Paz, entre  
Calles Ciro Trigo y Avaroa  
Edif. Santa Clara, N° 243.  
Telf.: 72015286

Oficina - Oruro  
Calle 6 de Octubre, N° 5837,  
entre Ayacucho  
y Junín, Galería Central,  
Of. 14.  
Telf.: 67201288

Oficina - Potosí  
Av. Villazón entre calles  
Wenceslao Alba y San Alberto,  
Edif. AM. Salinas N° 242,  
Primer Piso, Of. 17.  
Telf.: 72018160



**Nombre Completo:** Esmeralda Lorena Rivas Chuqui

**Correo electrónico:** esmeraldalorenarivaschuqui@gmail.com

**Número de celular:** +591 74704104