

**UNIVERSIDAD CENTRAL**  
**VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTAS DE MEJORAS PARA AUMENTAR EL  
RENDIMIENTO DE LOS CABLES GUÍA EN LA LÍNEA  
OMNIWIRES DE LA EMPRESA GUÍAMED C.R.**

**PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLERATO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ESTUDIANTE: MELANI HERNÁNDEZ GONZÁLEZ**

**TUTOR: ING. JOEL HERRERA OSORNO**

**SEDE METROPOLITANA, COSTA RICA**

**Agosto, 2025**

# CONTENIDO

|                                                 |           |
|-------------------------------------------------|-----------|
| DECLARACIÓN JURADA .....                        | I         |
| CÉDULA DE IDENTIDAD .....                       | II        |
| SOLICITUD DE DEFENSA .....                      | III       |
| CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR.....              | IV        |
| CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL LECTOR .....          | V         |
| CERTIFICADO DEL FILÓLOGO .....                  | VI        |
| CARTA DE ENTENDIMIENTO .....                    | VII       |
| CONTENIDO .....                                 | VIII      |
| TABLAS .....                                    | XIII      |
| FIGURAS.....                                    | XIV       |
| DEDICATORIA.....                                | XVII      |
| AGRADECIMIENTOS .....                           | XVIII     |
| EPÍGRAFE .....                                  | XIX       |
| RESUMEN.....                                    | XXI       |
| <b>CAPÍTULO I. PROBLEMA.....</b>                | <b>1</b>  |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....             | 2         |
| 1.2 OBJETIVOS.....                              | 3         |
| 1.2.1 <i>Objetivo general</i> .....             | 3         |
| 1.2.2 <i>Objetivos específicos</i> .....        | 3         |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN.....                          | 4         |
| 1.4 ANTECEDENTES.....                           | 5         |
| 1.4.1 <i>Antecedentes nacionales</i> .....      | 5         |
| 1.4.2 <i>Antecedentes internacionales</i> ..... | 6         |
| 1.5 PROYECCIONES .....                          | 8         |
| 1.5.1 <i>Alcances</i> .....                     | 8         |
| 1.5.2 <i>Limitaciones</i> .....                 | 9         |
| <b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>         | <b>10</b> |
| 2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES .....             | 11        |

|        |                                               |    |
|--------|-----------------------------------------------|----|
| 2.1.1  | <i>Metodología de DMAIC</i> .....             | 11 |
| 2.1.2  | <i>Gráfico de línea</i> .....                 | 12 |
| 2.1.3  | <i>Project Charter</i> .....                  | 13 |
| 2.1.4  | <i>Matriz de Partes Interesadas</i> .....     | 14 |
| 2.1.5  | <i>Árbol de CTQ</i> .....                     | 15 |
| 2.1.6  | <i>FODA</i> .....                             | 16 |
| 2.1.7  | <i>SIPOC</i> .....                            | 17 |
| 2.1.8  | <i>Diagrama de Flujo</i> .....                | 18 |
| 2.1.9  | <i>Histograma</i> .....                       | 20 |
| 2.1.10 | <i>Caja y Bigotes (Boxplot)</i> .....         | 21 |
| 2.1.11 | <i>Gemba Walk</i> .....                       | 22 |
| 2.1.12 | <i>Gráfico de Ploteo de Posibilidad</i> ..... | 23 |
| 2.1.13 | <i>Análisis de Proceso Capacidad</i> .....    | 24 |
| 2.1.14 | <i>ANOVA</i> .....                            | 25 |
| 2.1.15 | <i>Lluvia de Ideas</i> .....                  | 26 |
| 2.1.16 | <i>Matriz de Hipótesis</i> .....              | 27 |
| 2.1.17 | <i>Diagrama de Ishikawa</i> .....             | 28 |
| 2.1.18 | <i>Tabla Multivoto</i> .....                  | 29 |
| 2.1.19 | <i>Diagrama de Pareto</i> .....               | 30 |
| 2.1.20 | <i>Análisis costo-efectividad</i> .....       | 32 |
| 2.1.21 | <i>Diagrama de Gantt</i> .....                | 33 |
| 2.2    | <b>IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA</b> .....     | 35 |
| 2.2.1  | <i>Visión / Misión</i> .....                  | 35 |
| 2.2.2  | <i>Antecedentes históricos</i> .....          | 35 |
| 2.2.3  | <i>Ubicación geográfica</i> .....             | 36 |
| 2.2.4  | <i>Estructura organizacional</i> .....        | 37 |
| 2.2.5  | <i>Cantidad de empleados</i> .....            | 38 |
| 2.2.6  | <i>Tipos de productos</i> .....               | 38 |

|                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.7 Mercado de exportación .....                             | 39        |
| 2.2.8 Descripción general del proceso productivo .....         | 39        |
| <b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....</b>                  | <b>42</b> |
| 3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN .....                          | 43        |
| 3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN .....                           | 44        |
| 3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN.....                                | 46        |
| 3.3.1 Sujetos de información .....                             | 47        |
| 3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS .....                                | 48        |
| 3.4.1 Conceptual .....                                         | 49        |
| 3.4.2 Operacional .....                                        | 49        |
| 3.4.3 Instrumental .....                                       | 49        |
| 3.5 INSTRUMENTOS .....                                         | 52        |
| 3.5.1 Información de la base de datos BO .....                 | 52        |
| 3.5.2 Reuniones con stakeholders .....                         | 53        |
| 3.5.3 Información de la base de datos SAP .....                | 54        |
| 3.5.4 Bases de datos de producción y defectos históricos ..... | 54        |
| 3.5.5 Información recopilada de Gemba Walks .....              | 55        |
| 3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS .....      | 56        |
| <b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>               | <b>58</b> |
| 4.1 DEFINIR.....                                               | 60        |
| 4.1.1 Grafico de tendencia de rendimiento de la línea.....     | 60        |
| 4.1.2 Project Charter .....                                    | 62        |
| 4.1.3 Matriz de Parte Interesadas .....                        | 65        |
| 4.1.4 Arbol de CTQ (Critical to Quality) .....                 | 68        |
| 4.1.5 Matriz de Análisis FODA .....                            | 71        |
| 4.1.6 SIPOC .....                                              | 74        |
| 4.1.7 Diagrama de flujo .....                                  | 77        |
| 4.2 MEDIR .....                                                | 79        |

|                                                                                                                                                                                                                                            |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2.1 Análisis Descriptivo: .....                                                                                                                                                                                                          | 80         |
| 4.2.2 Grafico de tendencia de defectos.....                                                                                                                                                                                                | 82         |
| 4.2.3 Caminata Gemba .....                                                                                                                                                                                                                 | 86         |
| 4.3 ANALIZAR .....                                                                                                                                                                                                                         | 88         |
| 4.3.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....                                                                                                                                                                                                           | 88         |
| 4.3.2 Lluvia de Ideas .....                                                                                                                                                                                                                | 122        |
| 4.3.3 Matriz Hipótesis.....                                                                                                                                                                                                                | 126        |
| 4.3.4 Diagrama de Ishikawa.....                                                                                                                                                                                                            | 134        |
| 4.3.5 Tabla de Multivoto .....                                                                                                                                                                                                             | 138        |
| 4.3.6 Diagrama de Pareto .....                                                                                                                                                                                                             | 141        |
| <b>CAPÍTULO V. PROPUESTA .....</b>                                                                                                                                                                                                         | <b>146</b> |
| 5.1 MEJORAR .....                                                                                                                                                                                                                          | 147        |
| 5.1.1 Propuesta de Optimización del Proceso de Soldadura: Actualización de Instrucciones e Implementación de Nuevas Herramientas para Mejorar el Rendimiento del Cable Guía, Incluyendo Directrices para la Limpieza de Herramientas. .... | 148        |
| 5.1.2 Crear un cronograma de capacitación regular, incorporando simulaciones prácticas y utilizando evaluaciones de rendimiento.....                                                                                                       | 172        |
| 5.1.3 Crear una guía de evaluación de asignación en base a competencias identificadas, asegurando que los operarios sean colocados en operaciones que corresponden a sus habilidades. ....                                                 | 182        |
| 5.2 CONTROLAR .....                                                                                                                                                                                                                        | 186        |
| 5.2.1 Indicadores de Control .....                                                                                                                                                                                                         | 187        |
| 5.2.2 Actividades de Control.....                                                                                                                                                                                                          | 187        |
| 5.2.3 Viabilidad Financiera total .....                                                                                                                                                                                                    | 188        |
| <b>CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>                                                                                                                                                                                    | <b>195</b> |
| CONCLUSIONES .....                                                                                                                                                                                                                         | 196        |
| RECOMENDACIONES .....                                                                                                                                                                                                                      | 197        |
| <b>REFERENCIAS.....</b>                                                                                                                                                                                                                    | <b>198</b> |
| <b>APÉNDICES Y ANEXOS .....</b>                                                                                                                                                                                                            | <b>201</b> |
| APÉNDICE 1: GLOSARIO DE TÉRMINOS .....                                                                                                                                                                                                     | 202        |
| APÉNDICE 2: TMV DE LA OPERACIÓN DE SMARTCAL .....                                                                                                                                                                                          | 203        |

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| APÉNDICE 3: TMV DE LA OPERACIÓN DE DRIFT ..... | 224 |
| ANEXO 1: N/A .....                             | 226 |
| ANEXO 2: N/A .....                             | 227 |

# TABLAS

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 2.1: Cantidad de empleados por área .....                       | 38  |
| Tabla 3.1: Visión general del proyecto .....                          | 47  |
| Tabla 3.2: Variables de la investigación por objetivo específico..... | 50  |
| Tabla 4.1: Lluvia de Ideas .....                                      | 123 |
| Tabla 4.2: Matriz de Riesgo.....                                      | 126 |
| Tabla 4.3: Matriz Hipótesis .....                                     | 127 |
| Tabla 4.4: Tabla de Multivoto .....                                   | 139 |
| Tabla 4.5: Tabla de Multivoto por porcentaje .....                    | 140 |
| Tabla 4.6: Tabla de causa principales .....                           | 142 |
| Tabla 5.1: Tabla de propuesta para causas principales .....           | 148 |
| Tabla 5.2: Viabilidad Financiera Propuesta 1 .....                    | 169 |
| Tabla 5.3: Tabla de gastos y ingresos propuesta 1 .....               | 170 |
| Tabla 5.4: Viabilidad Financiera Propuesta 2 .....                    | 178 |
| Tabla 5.5: Tabla de gastos y ingresos propuesta 2 .....               | 179 |
| Tabla 5.6: Viabilidad Financiera Propuesta 3 .....                    | 183 |
| Tabla 5.7: Tabla de gastos y ingresos propuesta 3 .....               | 184 |
| Tabla 5.8: Viabilidad Financiera Propuesta 1,2,3 .....                | 189 |
| Tabla 5.9: Tabla de gastos y ingresos propuestas 1,2,3 .....          | 189 |

## FIGURAS

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Figura 2.1: Ejemplo de DMAIC.....                         | 12 |
| Figura 2.2: Ejemplo de Grafico de línea.....              | 13 |
| Figura 2.3: Ejemplo de Project Charter .....              | 14 |
| Figura 2.4: Ejemplo de Matriz de Partes Interesadas ..... | 15 |
| Figura 2.5: Ejemplo de Árbol CTQ .....                    | 16 |
| Figura 2.6: Ejemplo de FODA .....                         | 17 |
| Figura 2.7: Ejemplo de SIPOC.....                         | 18 |
| Figura 2.8: Ejemplo de Diagrama de Flujo.....             | 19 |
| Figura 2.9: Histograma.....                               | 20 |
| Figura 2.10: Caja y Bigotes .....                         | 21 |
| Figura 2.11: Gemba Walk .....                             | 22 |
| Figura 2.12: Grafico de Ploteo de Posibilidad .....       | 23 |
| Figura 2.13: Proceso de Capacidad.....                    | 24 |
| Figura 2.14: ANOVA .....                                  | 26 |
| Figura 2.15: Lluvia de Ideas.....                         | 27 |
| Figura 2.16: Ejemplo de Matriz de Hipótesis.....          | 28 |
| Figura 2.17: Ejemplo de Diagrama de Ishikawa.....         | 29 |
| Figura 2.18: Ejemplo de tabla Multivoto .....             | 30 |
| Figura 2.19: Ejemplo de tabla diagrama de pareto .....    | 31 |
| Figura 2.20: Ejemplo de Análisis costo-efectividad.....   | 33 |
| Figura 2.21: Ejemplo de Diagrama de Gantt.....            | 34 |
| Figura 2.22: Mapa satelital de GUÍAMED CR C.R. ....       | 36 |
| Figura 2.23: Organigrama de GUÍAMED CR C.R .....          | 37 |
| Figura 2.24: Flujo de proceso productivo .....            | 41 |
| Figura 3.1: DMAIC .....                                   | 45 |
| Figura 3.2: Información de la base de datos BO.....       | 52 |
| Figura 3.3: Reuniones con stakeholders.....               | 53 |

|                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 3.4: Información de la base de datos SAP .....                | 54  |
| Figura 3.5: Bases de datos de producción y defectos historicos ..... | 55  |
| Figura 3.6: Información recopilada de Gemba Walks .....              | 56  |
| Figura 3.7: Diagrama de recolección de datos.....                    | 57  |
| Figura 4.1: Grafico de tendencia del Rendimiento de la línea.....    | 61  |
| Figura 4.2: Project Charter .....                                    | 63  |
| Figura 4.3: Stakeholders .....                                       | 66  |
| Figura 4.4: Árbol de CTQ .....                                       | 68  |
| Figura 4.5: Matriz de Análisis FODA.....                             | 72  |
| Figura 4.6: SIPOC.....                                               | 75  |
| Figura 4.7: Diagrama de flujo.....                                   | 78  |
| Figura 4.8: Grafico rendimiento de la linea mensual.....             | 80  |
| Figura 4.9: Grafico de Pareto de defectos .....                      | 83  |
| Figura 4.10: Análisis estadístico por Mes.....                       | 89  |
| Figura 4.11: Análisis estadístico por turno .....                    | 92  |
| Figura 4.12: Ploteo de probabilidad de Smartcal .....                | 94  |
| Figura 4.13: Proceso de capacidad de Smartcal .....                  | 95  |
| Figura 4.14: Ploteo de probabilidad de Drift.....                    | 97  |
| Figura 4.15: Proceso de capacidad de Drift .....                     | 98  |
| Figura 4.16: Anova del TMV de la operación de Smartcal .....         | 101 |
| Figura 4.17: Anova del TMV de la operación de Drift.....             | 104 |
| Figura 4.18: Sensor de imágenes LIT. ....                            | 108 |
| Figura 4.19: Resultados del rastreo de voltaje de corriente .....    | 110 |
| Figura 4.20: Radiografías de Conexiones Eléctricas .....             | 113 |
| Figura 4.21: Corte transversal.....                                  | 118 |
| Figura 4.22: Diagrama de Ishikawa.....                               | 135 |
| Figura 4.23: Diagrama de Pareto .....                                | 142 |
| Figura 5.1: Distribución de repeticiones a temperatura 810 °F .....  | 150 |
| Figura 5.2: Distribución de repeticiones a temperatura 820 °F .....  | 150 |
| Figura 5.3: Distribución de repeticiones a temperatura 830 °F .....  | 151 |

|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 5.4: Resultados de tención.....                                       | 153 |
| Figura 5.5: Proceso de conexión la actual .....                              | 157 |
| Figura 5.6: Instrucciones de conexión la actual .....                        | 158 |
| Figura 5.7: Criterios de aceptación y fallos actuales .....                  | 159 |
| Figura 5.8: Proceso de conexión propuesta.....                               | 160 |
| Figura 5.9: Instrucciones de conexión propuesta.....                         | 161 |
| Figura 5.10: Criterios de aceptación y fallos propuestos.....                | 162 |
| Figura 5.11: Punta Plana .....                                               | 163 |
| Figura 5.11: Instrucciones de conservación y limpieza de la punta plana..... | 165 |
| Figura 5.12: Cronograma Propuesto.....                                       | 174 |
| Figura 5.13: Herramienta de seguimiento de capacitación .....                | 175 |
| Figura 5.14: Grafica de la curva de capacitación .....                       | 176 |
| Figura 5.15: Diagrama de Gantt.....                                          | 194 |

## DEDICATORIA

En primer lugar, la dedicatoria se dirige a Dios, cuya guía espiritual ha sido un acompañamiento decisivo a lo largo de este arduo camino. Su presencia indiscutible otorgó fuerzas para superar las adversidades, permitiendo el renacimiento desde la dificultad hasta el éxito culminante.

Del mismo modo, el reconocimiento se extiende a mi bisabuela, María Elena Rojas Alpízar. Su amor y sabiduría brillaron como faros de orientación en mi vida. Aunque su presencia física ya no acompaña mis días, su espíritu y el perdurable legado de su fortaleza permanecen activos en mi ser. Esta tesis se dedica a su memoria con profunda gratitud, por cada enseñanza impartida y por la esencia del amor incondicional que siempre me ha rodeado en su compañía. El recuerdo de María Elena es un tesoro invaluable almacenado con ternura en el rincón máspreciado de mi memoria.

Asimismo, mi familia merece un reconocimiento especial como el sólido escenario sobre el cual se despliega mi vida académica. Ellos han sido pilares irremplazables, ofreciendo un amor constante y apoyo inquebrantable, cimentando un ambiente de confianza que ha sido crucial para mi éxito. Sin su presencia y respaldo, este logro académico no habría llegado a materializarse. Esta dedicatoria es una muestra de gratitud por aquella constancia y fe en mi capacidad para alcanzar metas. Así, a través de estas palabras, se consagra el triunfo como un fruto compartido y una evidencia del amor que nos enlaza intrínsecamente.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quisiera manifestar mi profunda gratitud a Dios, cuya presencia ha sido para mí fuente de salud y fortaleza, capacitándome para afrontar las adversidades inherentes al arduo tránsito de la investigación científica.

De igual modo, es imperativo destacar el papel de mi familia, cuyos valores y amor incondicional han sido pilares fundamentales en mi vida académica. Mis padres, abuelas, bisabuelas, tíos y tías, en su infinita generosidad y sacrificio, han impulsado mi espíritu hacia la consecución de mis metas. La formación y el apoyo constante recibidos de ellos han posibilitado la materialización de este logro académico.

El agradecimiento se extiende, de manera singular, al señor Joel Herrera, mi tutor de tesis, cuya vasta experiencia y comprensión han sido esenciales para desenvolverme en la complejidad y el gratificante desafío que es el proceso investigativo. Su capacidad para ofrecer orientación continua y su fe inquebrantable en mis habilidades constituyen factores motivacionales que me han permitido ascender a nuevas alturas académicas. La deuda de gratitud que tengo con él es, sin duda, inestimable.

En tercer lugar, debo agradecer a mis amigos y compañeros de estudios, quienes con su presencia constante brindaron alivio y alegría en momentos de estrés y dificultad. La confianza, el apoyo y el cariño compartidos por cada uno de ellos han sido invaluableles en mi trayectoria estudiantil. Su papel como mi punto de apoyo, mi equipo motivacional y la familia que yo escogí destaca en el transcurso de este viaje.

Por último, deseo expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas, conocidas y desconocidas, que posibilitaron la culminación de esta investigación. A través de estas líneas, pretendo reconocer y honrar a aquellos que, de manera directa o indirecta, han contribuido a mi formación académica y personal. Así, esta obra se convierte no solo en una realización individual, sino en un testimonio de gratitud hacia una comunidad que sostiene y nutre el desarrollo del conocimiento.

## EPÍGRAFE

*La educación es el arma más poderosa que puedes usar para cambiar el mundo.*

*Nelson Mandela*

*Si lo puedes soñar, lo puedes lograr.*

Walt Disney



## RESUMEN

Este proyecto de investigación se lleva a cabo en GUÍAMED CR, ubicada en la Zona Franca del Coyol. La empresa se dedica a manufacturar dispositivos médicos como Dispositivos de Terapia Guiada por Imágenes (IGTD) y Cuidado del Sueño y Respiración. Se emplea el análisis DMAIC para tratar el problema de rendimiento en la línea de Omniwires, el cual, durante el periodo de julio a diciembre, no cumplió con el objetivo de un 72%.

Esta situación impactó, negativamente, los estándares de calidad y resultó en un aumento de unidades rechazadas, lo que generó pérdidas económicas de hasta ₡435,596,913.23.

Durante el proceso investigativo reveló un aumento significativo en los defectos de los cables guías no conformes.

A través de la fase de "Analizar", se identificaron varios factores negativos que contribuyeron a estos defectos, lo que afectó el rendimiento de la línea de ensamblaje. Se llevaron a cabo pruebas para determinar el origen de la pérdida de conexión eléctrica, y se concluye que el desgaste de la soldadura en la conexión eléctrica del cable guía es el principal factor implicado.

Para identificar y tratar las causas primarias de los defectos, se emplearon diversas herramientas ingenieriles, tales como: Gráfico de línea, Project Charter, Matriz de Partes Interesadas, Árbol de CTQ, FODA, SIPOC, Diagrama de Flujo, Histograma, Caja y Bigotes (Boxplot), Gemba Walk, Gráfico de Ploteo de Posibilidad, Análisis de Proceso Capacidad, Lluvia de Ideas, Matriz de Hipótesis, Diagrama de Ishikawa, Tabla Multivoto, Diagrama de Pareto, Análisis costo-efectividad, Diagrama de Gantt. Estas herramientas permitieron un enfoque estructurado para detallar en las causas principales de los problemas de conexión.

A partir de los hallazgos obtenidos, se diseñaron tres propuestas principales orientadas a mejorar el rendimiento de la línea de ensamblaje de Omniwires. Estas

propuestas prevén un incremento del rendimiento de más del 5% en aumentos del rendimiento de la línea equivalentes a establecer los estándares mínimos de un 72% por mes.

La implementación de estas mejoras requerirá una inversión total de ₡840,965,639.29, lo que espera generar un beneficio neto significativo y un retorno sobre la inversión (ROI) del 27,82%.

Las propuestas desarrolladas no solo prometen alcanzar el objetivo de aumentar el rendimiento al menos un 5%, sino también mejorar la calidad y reducir las pérdidas económicas asociadas con los productos rechazados, alineándose con los objetivos estratégicos de GUÍAMED CR.

## **CAPÍTULO I: PROBLEMA**

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proyecto se lleva a cabo en la empresa GUÍAMED CR, la cual está ubicada en la Zona Franca del Coyoil. La compañía se dedica a manufacturar dispositivos médicos, tales como: dispositivos de Terapia Guiada por Imágenes, (IGTD por sus siglas en inglés) y Cuidado del sueño y respiración.

Actualmente, la empresa GUÍAMED CR cuenta con una línea de producción llamada Omniwires, donde consiste en la fabricación de cables guía, que son esenciales para medir la presión arterial en pacientes. Estos cables se producen, mediante la conexión eléctrica entre dos componentes: el distal core y el composite core.

En la línea Omniwires, la conexión correcta es fundamental para garantizar la funcionalidad de los cables guía. Sin embargo, se ha identificado que en el indicador de rendimiento de línea establecido en la línea de ensamble de Omniwires donde la meta debe ser igual o mayor a 72% mensualmente ha disminuido su porcentaje de cumplimiento del rendimiento de la línea mensual. Eso conduce a un alto porcentaje de cables no conformes, que pierden su funcionalidad. Y así genera la necesidad de desecho de los cables guías, lo cual podría provocar aumento de retrabajos de producción o falsos datos y genera pérdidas económicas.

Como consecuencia de unidades no conformes en la línea de manufactura se provoca a una pérdida de rendimiento de la línea, aproximadamente, del 5% en la línea de producción, lo que causaría una pérdida económica de ₡ 435 596 913,23 en los últimos seis meses y afectaría la reputación de la calidad de los productos de GUÍAMED CR.

Para analizar este problema, la empresa necesita mejorar, significativamente, el proceso del rendimiento de la línea, con el objetivo de reducir el número de cables guías no conformes. La mejora en esta etapa no solo incrementará el rendimiento de la línea y la productividad de esta, sino que también asegurará una mayor calidad en los

dispositivos finales, y reduce pérdidas económicas y potencia la imagen de calidad de la empresa.

¿Cómo se puede mejorar el rendimiento de la línea y reducir el número de cables guía no conformes y asegurar, así la calidad y funcionalidad de los dispositivos finales y disminuyen las pérdidas económicas?

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general**

Evaluar el proceso de manufactura en la línea de producción Omniwires de GUÍAMED CR, para que muestre las causas de la disminución del rendimiento de la línea y aumento de cables guía no conformes, para que propongan mejoras que aseguren la calidad al menos un 5% del rendimiento de la línea y funcionalidad de los dispositivos médicos, reduzcan las pérdidas económicas y fortalezcan la reputación de la empresa.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Identificar el nivel de cumplimiento, el indicador de rendimiento y el impacto de cables defectuosos para la línea Omniwires.
- Determinar los defectos que llevan a la no conformidad y pérdidas económicas en la línea Omniwires.
- Identificar las operaciones donde se producen fallos en el proceso de manufactura de cables guía.
- Analizar los datos obtenidos del proceso de manufactura para determinar las causas raíz de la disminución del rendimiento de la línea y del aumento de cables guía no conformes.
- Plantear propuestas factibles para mejorar el proceso de manufactura en la línea Omniwires que aseguren la calidad y funcionalidad de los dispositivos médicos y

reduzcan las pérdidas económicas, y así se fortalezca la reputación de GUÍAMED CR.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La necesidad de este proyecto surge en respuesta a la obligación de cumplir con el objetivo de aumentar un 5% del rendimiento de la línea de Omniwires respecto a los últimos 6 meses del año anterior.

Esta disminución del rendimiento de la línea está afectando negativamente la productividad y eleva el riesgo de incumplimiento de las metas de producción por hora.

El proyecto tiene como objetivo estratégico optimizar el rendimiento de la línea de ensamblaje de Omniwires. Las tres propuestas desarrolladas para abordar estos desafíos prevén un incremento del rendimiento de más del 5%, estableciendo los estándares mínimos de un 72% por mes. La implementación de esas medidas conlleva una inversión total de ₡164 234 720,53 y se anticipa a un beneficio neto, significativo y un retorno sobre la inversión (ROI) proyectado del 62%.

Más allá de cumplir con el objetivo, el proyecto está diseñado para mejorar la calidad y reducir las pérdidas económicas asociadas con los productos rechazados. Se estima que, a través de las mejoras propuestas, se logrará una reducción considerable de la necesidad de retrabajos, especialmente, aquellos relacionados con los defectos de conexión.

Este proyecto representa una inversión estratégica crítica, orientada a consolidar la competitividad de GUÍAMED CR al establecer una operación más eficiente y sostenible. Con esta iniciativa, la empresa no solo refuerza su compromiso con la calidad y el rendimiento, sino que también se posiciona, favorablemente, para enfrentar los desafíos futuros de la industria médica.

## 1.4 ANTECEDENTES

### 1.4.1 Antecedentes nacionales

- Según Kenny Roberts Ureña del año 2017 al implementar herramientas de control estadístico en el proceso de *Análisis del rendimiento y eficiencia actual en la producción de madera aserrada de la empresa El Aserradero El Almendro S.A., Cartago* se logró un estudio de tiempos y movimientos se obtuvo un 84%,88%,87%,84% y 83% de trabajo productivo correspondientes al aserradero 1(AS01), aserradero 2 (AS02), aserradero pequeño (AS03), re aserradora (RA01) y despuntadora (DP01), respectivamente. Además, se calculó el factor de recuperación de madera aserrada (FRM) para las especies de *Eucalyptus spp* y *Cordia alliodora*, obteniendo un 50,32% y 52.66%, respectivamente. Resulta que las características que más influyen en el rendimiento del proceso son la presencia de nudos para *Eucalyptus spp* y la torcedura en *C. alliodora*.

Según Manuel Enrique Umaña Calderón del año 2013 al implementar herramientas de control estadístico en el proceso de Evaluación de una planta de procesamiento para la elaboración de un producto tradicional y un producto funcional obtenido a partir del grano de cacao *En la Universidad de Costa Rica Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Agrícola* se logró determinar los factores que afectan la producción por la carencia de infraestructura y alternativas de procesamiento. Como principales resultados de la investigación, se destaca que el rendimiento de la obtención del cacao en baba de la mazorca es de un 23%. Los rendimientos de la obtención del producto tradicional y funcional son 34% y

43% respectivamente además se determina que este debe tener un área de 1286 m<sup>2</sup>, donde 460m<sup>2</sup> corresponden a las zonas de proceso de la planta para mejorar el espacio de la infraestructura y se proponen mejoras en los procesos elaborados que permitan estandarizar las tareas entre los operadores.

- Según Luis Antonio Obando Mora del año 2018 al implementar herramientas de lean *manufacturing* en el proceso de *Reducción de defectos del proceso productivo mediante la disminución de Scrap en el Área de Wires de la empresa Medical Component* se logró mejorar los defectos de la línea de producción por manipulación, por ende, se mejoró la productividad de la empresa.
- Según Roy Steve Alfaro Arce del año 2010 al implementar herramientas de lean manufacturing en el *Proceso de reducción del porcentaje de defectos en la calidad del producto de la Línea de Manufactura Neuro de la empresa Medical Technologies S. A.* se logró mejorar el proceso de defectos por medio de un nuevo equipo que se implementó para ejecutar el proceso en la línea de producción el cual se analizó tener este equipo en el área de entrenamiento para poder perfeccionar la técnica de los operarios antes de ejecutarlos en la operación correspondiente.
- Según Mailyn Marín Abarca del año 2017 al implementar herramientas de lean manufacturing en propuesta de: *Mejora de procesos para el aumento de producción el area de Enbl en la empresa manufacturera de implantes de silicón* se logró mejorar la cantidad de defectos por partículas en los implantes mamarios.

#### **1.4.2 Antecedentes internacionales**

- Según Elvis Gabriel Desimavilla Espinoza del año 2021 al, *Implementar herramientas de lean manufacturing en el proceso de Disminución de defectos en el proceso de envasado de agua de una industria de bebidas en la universidad Universidad Politécnica Salesiana Ecuador* se logró disminuir los defectos y reprocesos en la línea de envasado para así maximizar la producción, obteniendo

en la línea de envasado un desempeño operacional al 80% obteniendo un mejor utilización de los recursos y un compromiso del talento humanos, así se logró una solución integral al problema con un máximo rendimiento en la línea de envasado de licores.

- Según el Eliana María González Neira del año 2022 al *Implementar herramientas de lean manufacturing en el proceso de mejora continua de la universidad Javeriana Facultad de Ingeniería* se logró determinar la importancia que todos los procesos en las empresas, por excelentes que parezcan, son susceptibles de ser mejorados. Las empresas deben hacer siempre un seguimiento continuo a sus procesos, siendo críticos y analizando cada paso, con el fin de encontrar mejores soluciones a toda oportunidad de mejora que se vea, siempre teniendo en mente su norte.

En la mayoría de los casos es posible lograr un alto aprovechamiento de línea en los procesos de producción, pero en algunos casos, como este, las restricciones, en cuanto a costos por contratación de nuevo personal, adquisición de más máquinas y ampliación de la planta como consecuencia de eso son parte de las restricciones, que hacen que se deba buscar el mejor aprovechamiento de línea posible con los recursos disponibles.

- Según Humberto Gutiérrez Pulido del año 2009 al *Implementar herramientas de lean manufacturing en el proceso de SEIS SIGMA de la universidad Ciencias Exactas e Ingeniería* se logró una estrategia de mejora continua del negocio que busca mejorar el desempeño de los procesos de una organización y reducir su variación; con eso es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio.
- Según Uribe Ortega, del año 2017 al *Implementar herramientas de lean manufacturing en el proceso de defectos más representativos en la industria*

*cerámica ladrillera de la universidad Francisco de Paula Santander* se logró identificar los defectos que se generaban en la ejecución de cerámica, se logró la disminución de los defectos.

- Según Orestes Hernández Areu del año 2001 al *Implementar herramientas de lean manufacturing en el* proceso de fallos en transformadores en el a Fábrica de Transformadores Latino se logró la disminución del índice de mortalidad en transformadores de distribución, pudo constatarse por las inspecciones post-averías realizadas a los equipos en los talleres, que las fallas se presentaban, en apariencia, con ciertas diferencias a las apreciadas en años anteriores.

## **1.5 PROYECCIONES**

El proyecto, centrado en GUÍAMED CR, se dedica a investigar los factores que generan defectos en la línea de manufactura relativa a la resistencia en la operación de Eléctrica del Departamento de Omniwires.

El objetivo es identificar oportunidades de crecimiento y desarrollar una estrategia que aumente el rendimiento de la línea al menos un 5% para el tercer cuatrimestre de 2025, Mediante la metodología DMAIC y control estadístico, se buscará entender y mejorar los procesos. Este enfoque garantiza un impacto directo en la efectividad y rendimiento de la operación específica.

### **1.5.1 Alcances**

El estudio se llevará a cabo en la empresa GUÍAMED CR, específicamente, en la línea de manufactura de Omniwires. Este análisis abarcará desde el inicio del proceso de producción (Proceso de montaje de sensor) hasta la fase de empaquetado (Proceso de empaquetado del cable guía). Se evaluarán aspectos relacionados con la eficiencia operativa, la calidad del producto

### **1.5.2 Limitaciones**

No se visualizan limitaciones, durante el desarrollo de este presente estudio.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

## **2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES**

Seguidamente, se detallan las herramientas y conceptos ingenieriles que se tomaron en cuenta para el desarrollo de este presente estudio.

### **2.1.1 Metodología de DMAIC**

Es una herramienta interactiva utilizada para la mejora de procesos. Su uso más común es en proyectos que utilizan la metodología Seis Sigma, pero su aplicación no es exclusiva para proyectos guiados por esta estrategia, o sea, usted puede utilizar esa herramienta en cualquier situación, en la cual desee implantar mejoras.

DMAIC es el acrónimo en inglés para cinco pasos: Definir, Medir, Analizar, Controlar y Mejorar (Define, Measure, Analyze, Improve y Control). Cada uno de estos pasos debe realizarse en el orden D-M-A-I-C y, si al final del ciclo el resultado esperado no se alcanza, el ciclo se debe reiniciar. Este proceso debe repetirse hasta que se alcance la mejora deseada. (Teoría de Blog de la calidad (2025) DMAIC).

En este proyecto se utilizará la herramienta presente en el estudio para la implementación del proyecto.

Figura 2.1: Ejemplo de DMAIC



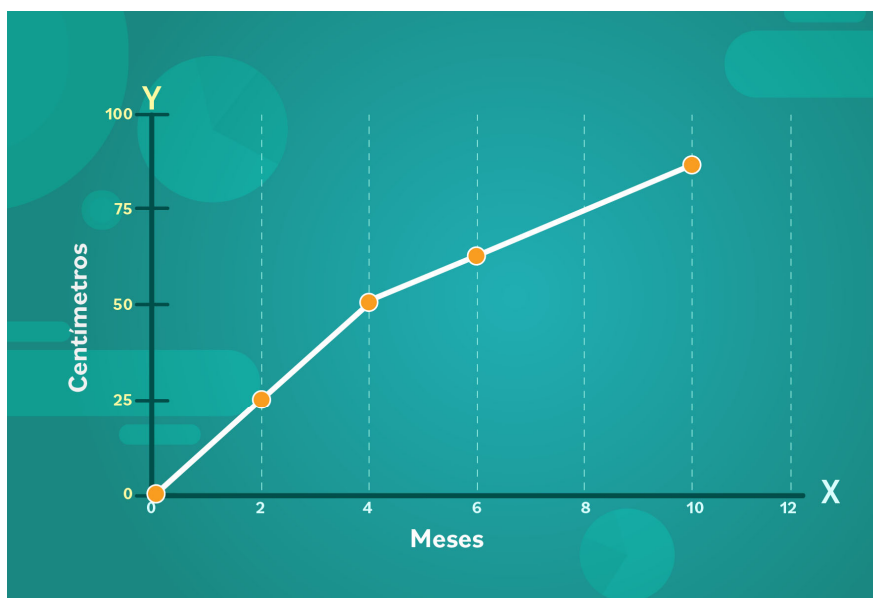
Fuente: Blog de la calidad., 2025

### 2.1.2 Gráfico de línea

La línea conecta todos los puntos de datos dentro de una única variable dependiente. “Su movimiento muestra el aumento y la disminución de la información a lo largo del tiempo. También puede compararse fácilmente con otras líneas, siempre que todos los conjuntos de datos se midan en periodos de tiempo similares”. (Teoría de GCFGLOBA (2022) Diagrama de flujo.)

En este proyecto se utilizará esta herramienta para identificar el rendimiento de la línea en los últimos seis meses del año 2024.

Figura 2.2: Ejemplo de Gráfico de línea



Fuente: GCFGLOBAL, 2022

### 2.1.3 Project Charter

El project charter o acta de constitución del proyecto es una presentación de alto nivel de los objetivos, el alcance y las responsabilidades del proyecto para obtener la aprobación de las partes interesadas clave al inicio del proyecto. (Teoría de asana (2024) Project Charter).

En este proyecto se utilizará la herramienta presente en el estudio para tener más contexto, respecto de cómo se emplea este término en el proyecto o entorno en el que está trabajando.

Figura 2.3: Ejemplo de Project Charter



**Dirección de TICS**  
**Coordinación de Gestión de Redes y Comunicaciones**

| Información General del Proyecto |                                                    |                                                |                      |
|----------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------|
| * ID. Proyecto:                  | CGRC-2013II01                                      |                                                | * Fecha: 28/08/2013  |
| * Nombre del Proyecto:           | Solución de Comunicación y colaboración en la nube |                                                |                      |
| * Gerente del Proyecto:          | Ing. Cesar Augusto                                 |                                                |                      |
| * Preparado por:                 | Ing. Jorge Iván                                    |                                                |                      |
| * Versión                        | Fecha                                              | Autor                                          | Razón del cambio     |
| 1                                | 26/08/2013                                         | Coordinación Gestión de Redes y Comunicaciones | Creación             |
| 2                                | 04/03/2014                                         | Coordinación Gestión de Redes y Comunicaciones | Cambio en el Alcance |

Fuente: blog.hubspot, 2025.

## 2.1.4 Matriz de Partes Interesadas

La matriz de partes interesadas son todas aquellas personas y colectivos que están interesados, de un modo u otro, en nuestra empresa. Este término existe desde hace mucho tiempo, concretamente desde 1984. (Teoría de OBS BUSINESS SCHOOL (2022) Stakeholders).

En este proyecto se utilizará la herramienta presente en el estudio para determinar las partes interesadas seleccionadas para este proyecto y evidenciar el nivel de poder y el nivel de influencia, así como las posibles acciones de impacto positivo o negativo que pueden llegar a tomar y conclusiones.

IFigura 2.4: Ejemplo de Matriz de Partes Interesadas



Fuente: El blog Jose Facchin, 2024

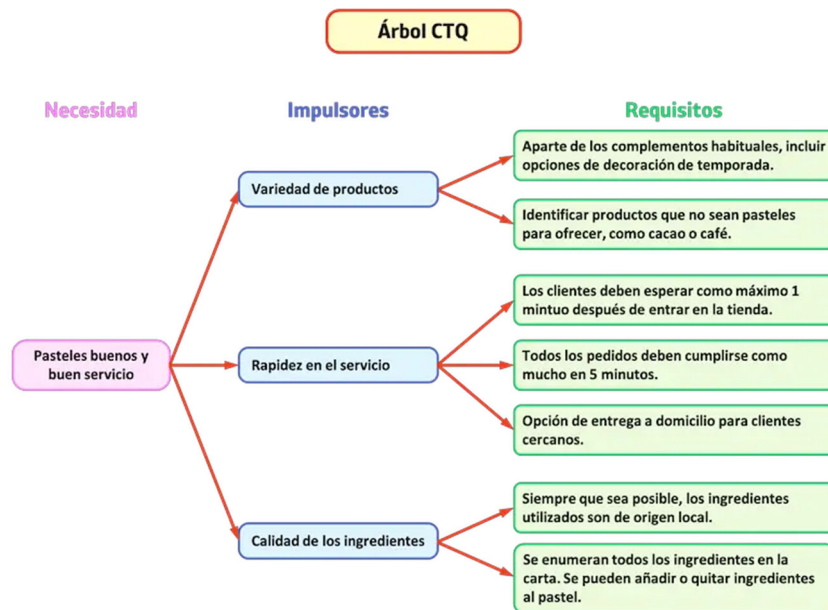
### 2.1.5 Árbol de CTQ

Un árbol CTQ, también conocido como CTQ tree o árbol crítico para la cualidad, es un diagrama que se utiliza para identificar las necesidades del cliente y traducir esa información en requisitos medibles de productos y procesos.

De manera que los árboles CTQ permiten a las organizaciones comprender las características de un producto o servicio que más valoran los clientes como calidad. (Teoría de Posibilidad y Estática de Academia Balderix (2024) Árbol CTQ.)

En este proyecto se utilizará la herramienta presente en el estudio, con fin de comprender cuáles son esos factores críticos en el producto que permitan cumplir con los estándares de calidad.

Figura 2.5: Ejemplo de Árbol CTQ



Fuente: Posibilidad y Estática de Academia Balderix, 2024

## 2.1.6 FODA

El análisis FODA es una herramienta diseñada para conocer la situación real de una organización, empresa, o proyecto dentro del mercado. Consiste en realizar una lista con las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, para facilitar la toma de decisiones a futuro. (Teoría de Blog de Zendesk (2023) FODA).

En este proyecto se utilizará la herramienta presente en el estudio para analizar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la situación actual de la empresa.

Figura 2.6: Ejemplo de FODA



Fuente: Administra Bien., 2023

### 2.1.7 SIPOC

El acrónimo SIPOC significa Suppliers (proveedores), Inputs (entradas), Process (proceso), Outputs (salidas) y Customers (clientes). En general, el diagrama SIPOC es una herramienta útil para mejorar la eficiencia y la calidad de los procesos al proporcionar una visión clara y detallada de cómo se realiza un proceso. (Teoría de Question Pro (2014) SIPOC.)

En este proyecto se utilizará la herramienta presente en el estudio para dar trazabilidad a la necesidad requerida para construir el producto.

Figura 2.7: Ejemplo de SIPOC



Fuente: Question Pro ,2014

### 2.1.8 Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo es un diagrama que describe un proceso, sistema o algoritmo informático. Se emplean en numerosos campos para documentar, estudiar, planificar, mejorar y comunicar procesos que suelen ser complejos en diagramas claros y fáciles de comprender.

Los diagramas de flujo emplean rectángulos, óvalos, diamantes y otras numerosas figuras para definir el tipo de paso, junto con flechas conectoras que establecen el flujo y la secuencia.

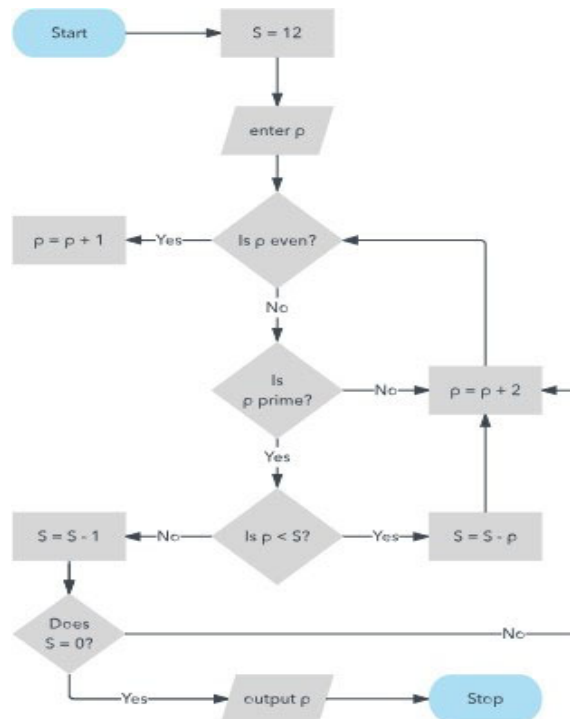
Pueden variar desde diagramas simples y dibujados a mano hasta diagramas exhaustivos creados por computadora que describen múltiples pasos y rutas. Si se toma en cuenta las diversas figuras de los diagramas de flujo por ser uno de los diagramas más comunes del mundo, usados por personas con y sin conocimiento técnico en una variedad de campos.

Los diagramas de flujo a veces se denominan con nombres más especializados, como "diagrama de flujo de procesos", "mapa de procesos", "diagrama de flujo funcional", "mapa de procesos de negocios", "notación y modelado de procesos de negocio (BPMN)" o "diagrama de flujo de procesos (PFD)".

“Están relacionados con otros diagramas populares, como los diagramas de flujo de datos (DFD) y los diagramas de actividad de lenguaje unificado de modelado” (UML). (Teoría de Lucid Chart (2014) Diagrama de flujo.)

En este proyecto se utilizará la herramienta presente en el estudio para describir el flujo del proceso de la línea.

Figura 2.8: Ejemplo de Diagrama de Flujo



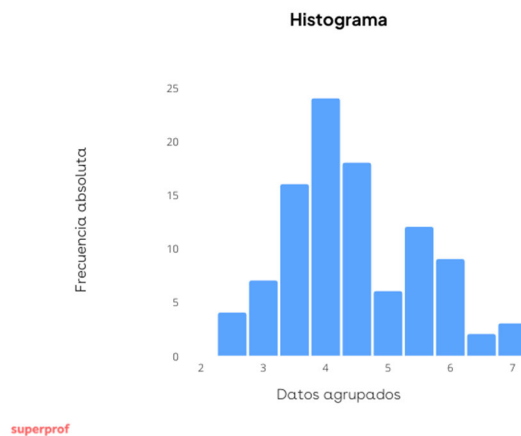
Fuente: Lucid chart,2014

### 2.1.9 Histograma

Un histograma es la representación gráfica en forma de barras, que simboliza la distribución de un conjunto de datos. Sirven para obtener una "primera vista" general, o panorama, de la distribución de la población, o de la muestra, respecto a una característica, cuantitativa y continua. (Teoría de Superprof(2025) Histograma.)

En este proyecto se utilizará la herramienta presente en el estudio para realizar un análisis, descriptivo del rendimiento de la línea.

Figura 2.9: Histograma



Fuente: Superprof,2025

### 2.1.10 Caja y Bigotes (Boxplot)

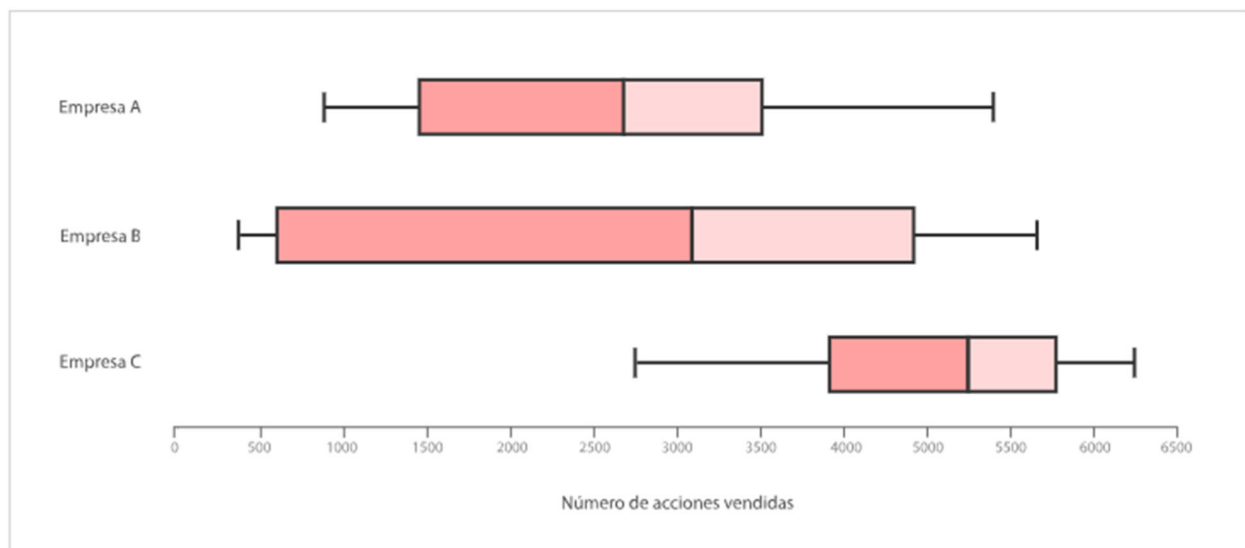
Un diagrama de cajas y bigotes es una manera conveniente de mostrar, visualmente, grupos de datos numéricos, a través de sus cuartiles.

Las líneas que se extienden paralelas a las cajas se conocen como «bigotes», y se usan para indicar variabilidad fuera de los cuartiles superior e inferior. Los valores atípicos se representan, a veces como puntos individuales que están en línea con los bigotes. Los diagramas de cajas y bigotes se pueden dibujar vertical u horizontalmente.

Normalmente, utilizado en estadísticas descriptivas, los gráficos de cajas y bigotes son una excelente forma de examinar, rápidamente uno o más conjuntos de datos gráficamente. Aunque parezcan primitivos en comparación con un Histograma o un Gráfico de Densidad, tienen la ventaja de ocupar menos espacio, lo cual es útil cuando se comparan distribuciones entre muchos grupos o conjuntos de datos. (Teoría de dataviz (2024) Histograma.)

En este proyecto se utilizará la herramienta presente en el estudio para identificar posibles valores atípicos en su conjunto de datos.

Figura 2.10: Caja y Bigotes



Fuente: dataviz,2024

### 2.1.11 Gemba Walk

Un Gemba Walk es un recorrido por el lugar de trabajo cuyo objetivo es observar a los empleados, preguntarles por sus tareas e identificar las mejoras de productividad. Gemba Walk se deriva de la palabra japonesa «Gemba» o «Gembutsu», que significa «el lugar real», por lo que suele definirse, literalmente, como el acto de ver dónde ocurre el trabajo real.

“Un paseo gemba es un método lean sencillo pero potente que realizan los empresarios para promover la mejora continua”. (Teoría de safetyculture (2025) Gemba)

En este proyecto se utilizará la herramienta presente en el estudio para identificar los problemas o ineficiencias que ocurren en el proceso.

Figura 2.11: Gemba Walk

#### GEMBA WALK DEL PROCESO DE SMARTCAL Y DRIFT

**Acciones:**

Observar los flujos de proceso.  
Revisar las condiciones de trabajo.  
Observar técnica de ejecución.

**Preguntas:**

- ¿Puedes explicarme cómo funciona este proceso?
- ¿Cómo sabes si el proceso está funcionando bien?
- ¿Qué cambiarías para mejorar este proceso?
- ¿Qué cambiarías para mejorar este proceso?

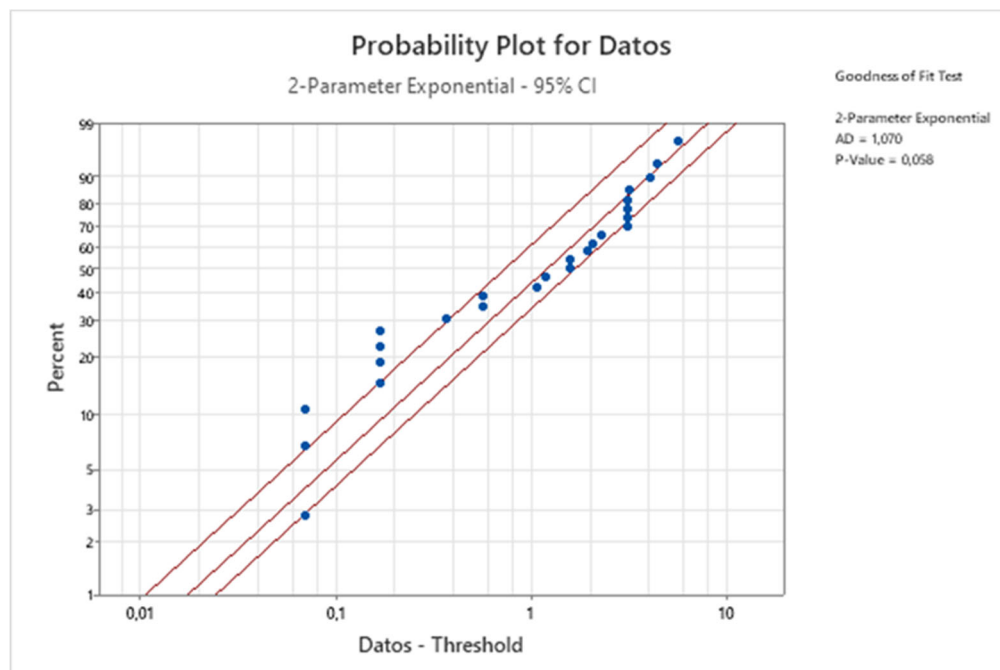
### 2.1.12 Gráfico de Ploteo de Posibilidad

Utilice la gráfica de probabilidad para evaluar el ajuste de una distribución a los datos, estimar percentiles y comparar distribuciones de la muestra. Una gráfica de probabilidad presenta cada valor en comparación con el porcentaje de valores de la muestra que son inferiores o iguales a él, a lo largo de una línea de distribución ajustada.

El eje y se transforma de tal manera que la distribución ajustada forme una línea recta. (Teoría de Minitab (2025) Gráfico de Ploteo de Posibilidad)

En este proyecto se utilizará la herramienta presente en el estudio para asegurar que las predicciones derivadas de este modelo sean precisas y confiables.

Figura 2.12: Gráfico de Ploteo de Posibilidad



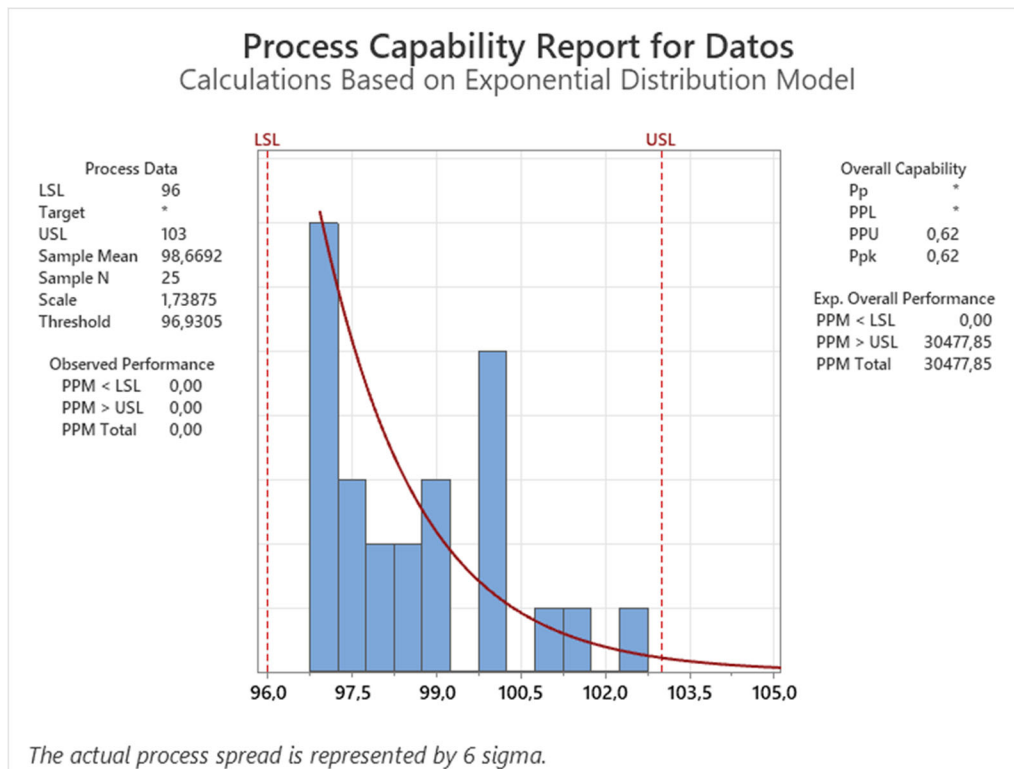
Fuente: Autor,2025

### 2.1.13 Análisis de Proceso Capacidad

Una de las herramientas de calidad empleadas para determinar si un proceso es capaz de cumplir con las especificaciones técnicas deseadas es el análisis de capacidad, lo cual constituye una de las premisas para garantizar la calidad de los productos. (Teoría de Scielo (2024) Análisis de Proceso de Capacidad)

En este proyecto se utilizará la herramienta presente en el estudio para para evaluar si un proceso es capaz de cumplir con las especificaciones de la operación de *smartcal* y *drift*.

Figura 2.13: Proceso de Capacidad



Fuente: Autor,2025

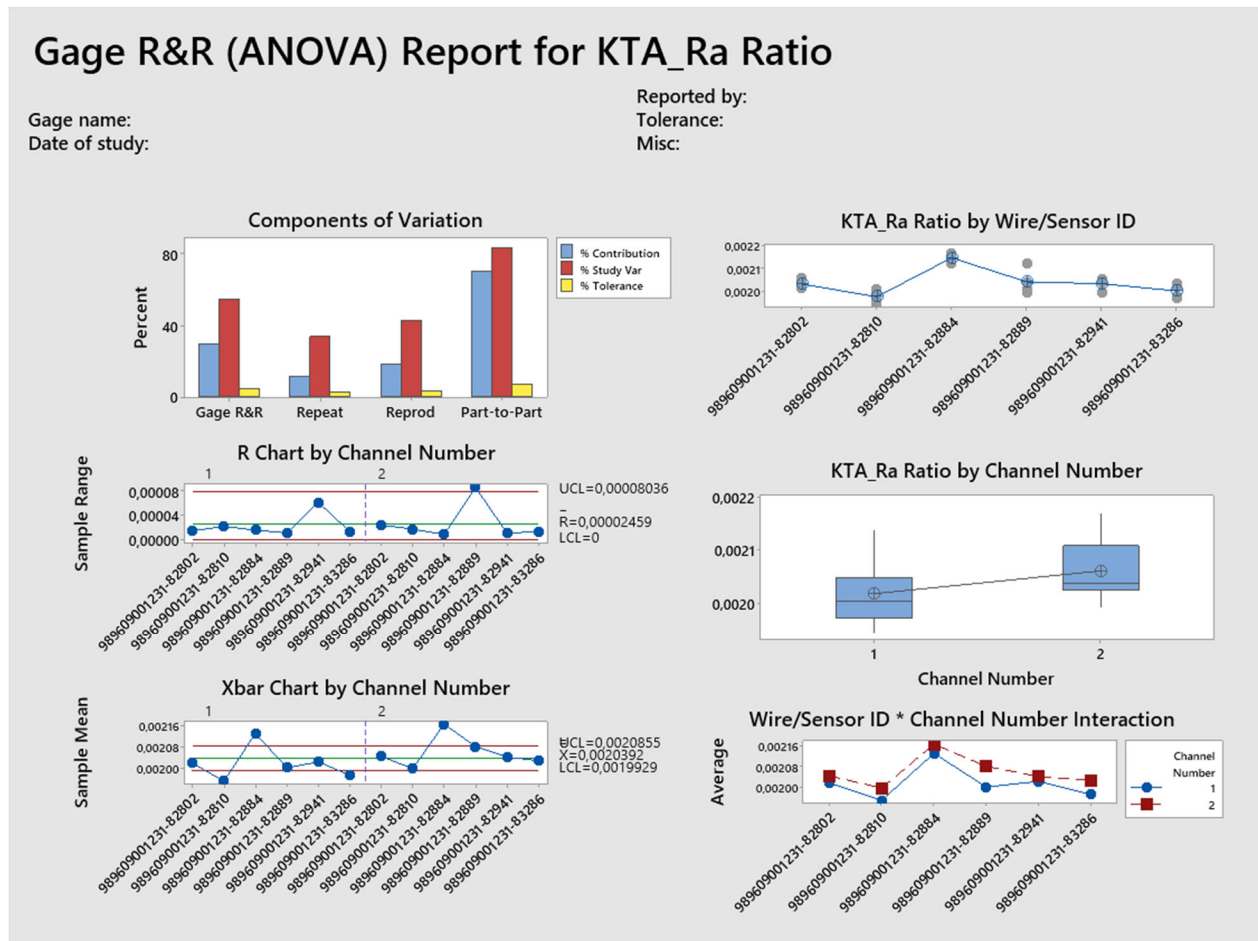
#### 2.1.14 ANOVA

El Análisis de la Varianza (ANOVA) es una técnica estadística que se utiliza para comparar la media de tres o más grupos y determinar si existen diferencias significativas entre ellas.

En otras palabras, ANOVA te ayuda a saber si hay una diferencia significativa en la media entre los grupos que estás comparando o si cualquier diferencia que hayas observado se debe simplemente al azar. (Teoría de questionpro (2025) ANOVA)

En este proyecto se utilizará la herramienta presente en el estudio, para comparar las medias de grupos en las operaciones de *smartcal* y *drift* para determinar si existen diferencias significativas entre ellos.

Figura 2.14: ANOVA



Fuente: Autor,2025

### 2.1.15 Lluvia de Ideas

La lluvia de ideas, también llamada tormenta de ideas o *brainstorming*, es una técnica para generar ideas nuevas, espontáneas y creativas, con el fin de solucionar un problema. Este método fue desarrollado en 1939 por Alex Osborn, ejecutivo de publicidad.

En su libro *Your Creative Power (Tu poder creativo)*, Osborn subraya que, el éxito depende del poder creativo, no sólo, en el área de negocios, sino también en todas las esferas.

A su vez, señala que la creatividad a menudo termina sofocada porque las personas involucradas en el proceso creativo rechazan rápidamente las ideas innovadoras. Según

él, todos tienen el potencial para desarrollar habilidades creativas.(Teoría de ebac. mx(2023) Lluvia de Ideas.)

En este proyecto se utilizará la herramienta presente en el estudio para la recopilación de ideas, las cuales podrían afectar y generar el defecto.

Figura 2.15: Lluvia de Ideas

FORMATO PARA LA LLUVIA DE IDEAS

**Fecha:**

**Hora:**

**Ubicación:**

**Facilitador:**

**Participantes:**

**Tema:**

| Nombre de la Persona | Descripción de la Idea | Comentarios | Responsable de Seguimiento |
|----------------------|------------------------|-------------|----------------------------|
|                      |                        |             |                            |
|                      |                        |             |                            |
|                      |                        |             |                            |
|                      |                        |             |                            |
|                      |                        |             |                            |
|                      |                        |             |                            |
|                      |                        |             |                            |
|                      |                        |             |                            |
|                      |                        |             |                            |
|                      |                        |             |                            |
|                      |                        |             |                            |
|                      |                        |             |                            |
|                      |                        |             |                            |
|                      |                        |             |                            |
|                      |                        |             |                            |

Fuente: Autor,2025

### 2.1.16 Matriz de Hipótesis

Una Matriz de Hipótesis es una herramienta que permite recoger las distintas

hipótesis y favorece planear los experimentos y obtener los resultados.

Se trata de identificar los puntos clave del concepto por tratar, así como sus valores o métricas para aceptar un resultado de forma positiva o negativa.

Se define como: “dónde se incluyen los siguientes campos: hipótesis, prototipo, aspectos positivos y aspectos negativos”. (Teoría del dothinklab (2024) Matriz de Hipótesis.)

En este proyecto se utilizará la herramienta presente en el estudio para: investigar, desarrollar, organizar y gestionar las hipótesis por probar durante el desarrollo del proyecto.

Figura 2.16: Ejemplo de Matriz de Hipótesis

| HIPÓTESIS   | PROTOTIPO |
|-------------|-----------|
| Hipótesis 1 |           |
| Hipótesis 2 |           |
| Hipótesis 3 |           |

Fuente: dothinklab, 2024.

### 2.1.17 Diagrama de Ishikawa

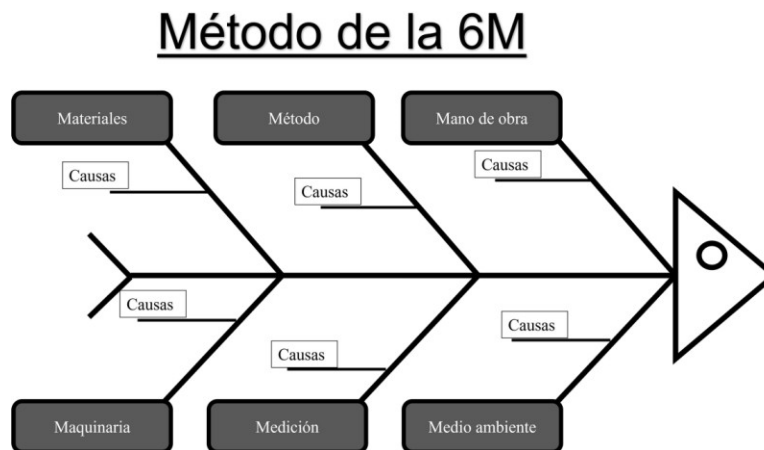
También llamada diagrama de causa-efecto o espina de pescado fue desarrollado

por el Doctor en química Kaoru Ishikawa alrededor de 1943. Este diagrama analiza de forma organizada y sistémica los problemas y busca llegar a una causa raíz mediante un análisis minucioso de cada una de las causas, sucesivamente.

El modelo más utilizado para llegar a la causa raíz de un problema es el análisis de las causas genéricas o 6M: “Maquinaria, Mano de obra, Materiales, Métodos, Medición y Medio ambiente”. (Teoría del Yoingeniero (2019) Diagrama de Ishikawa.)

En este proyecto se utilizará la herramienta presente en el estudio para determinar la categoría en el nivel de 6M de cada posible causa que podría influir en la generación de defectos.

Figura 2.17: Ejemplo de Diagrama de Ishikawa



Fuente: Voingeniero, 2019.

### 2.1.18 Tabla Multivoto

Se utiliza para identificar las causas más relevantes de una amplia lista de ideas. Con esta herramienta se reduce la cantidad de causas encontradas, lo que permite, así a los involucrados centrarse en las más importantes o de mayor peso.

Se somete a una votación en un grupo de personas, donde cada una de ellas

asignará una puntuación a cada causa identificada, con un valor de 1 a 5, el número 1 significa que es la causa de menor importancia y el número 5 significa que es la de mayor importancia.

Cuando finaliza la votación, se eliminarán las causas por las que menos votaron, en caso de que el grupo sea de seis a quince personas, se eliminarán aquellos elementos que tengan 3 votos o menos y se trabajará con las causas de mayor peso. (Teoría de Universidad Hispanomericana (2022) Tabla Multivoto.)

En este proyecto se utilizará la herramienta presente en el estudio para priorizar ideas, a través de un proceso estructurado en el que los participantes pueden asignar múltiples votos a las opciones que consideran más importantes o relevantes.

Figura 2.18: Ejemplo de tabla Multivoto

| MATRIZ DE MULTIVOTACIÓN DE CAUSAS                                                                                                                                                                                                                                             |                                                             |          |      |       |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------|------|-------|-------|
| <b>Tema:</b> Problemas que afectan la Demanda irregular en el primer semestre del año en una Franquicia<br><b>Propósito:</b> Elegir las causas raíz de mayor impacto en el problema de existir desconocimiento de la marca en el mercado local, a través de la multivotación. |                                                             |          |      |       |       |
| Item                                                                                                                                                                                                                                                                          | Problemas                                                   | VOTACIÓN |      |       |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                             | 1ra.     | 2da. | Prom. | Orden |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                             | Exigen materiales especiales para sus productos             | 3        | 1    | 2     |       |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                             | Falta de una mejor estrategia de marketing                  | 5        | 5    | 5     | 1ro.  |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                             | Desmotivación del personal                                  | 4        | 4    | 4     | 3ro.  |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                             | Mayor preferencia del público por la informalidad           | 3        | 4    | 3.5   | 5to.  |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                             | La competencia tiene tecnología avanzada                    | 4        | 5    | 4.5   | 2do.  |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                             | En el proceso de producción se presenta cambios del cliente | 4        | 4    | 4     | 4to.  |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                             | Influencia de Fenómenos Externos: Mercado Globalizado       | 3        | 0    | 1.5   |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                             |          |      |       |       |

Fuente: Google, 2023.

### 2.1.19 Diagrama de Pareto

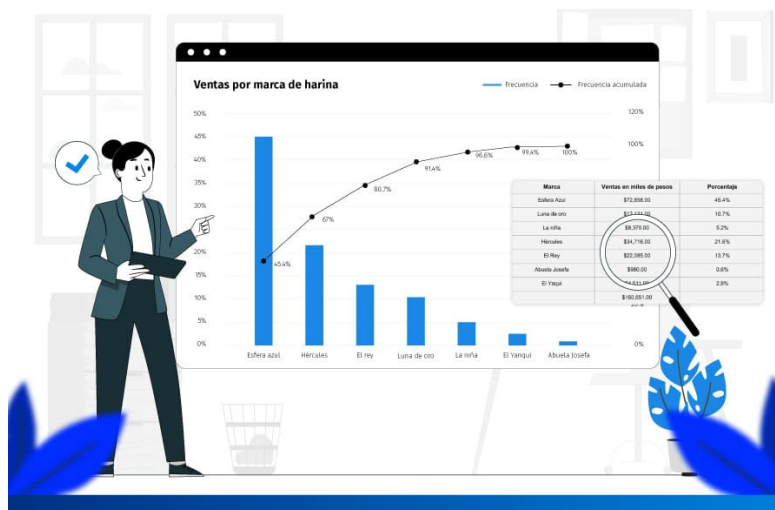
Un diagrama de Pareto es una técnica que permite clasificar, gráficamente, la información de mayor a menor relevancia, con el objetivo de reconocer los problemas más importantes en los que deberías enfocarte y solucionarlos.

Esta técnica se basa en el principio de Pareto o regla 80/20, la cual establece una relación de correspondencia entre los grupos 80-20, donde el 80 % de las consecuencias provienen del 20 % de las causas.

El diagrama de Pareto, también conocido como curva de distribución ABC, consiste en una gráfica que clasifica los aspectos relacionados con una problemática y los ordena de mayor a menor frecuencia, con lo que permite visualizar de forma clara cuál es la causa principal de una consecuencia. (Teoría de Question Pro (2014) Diagrama de Pareto)

En este proyecto se utilizará la herramienta presente en el estudio para identificar y visualizar las causas principales de un problema, centrándose en aquellos factores que tienen el mayor impacto.

Figura 2.19: Ejemplo de tabla diagrama de Pareto



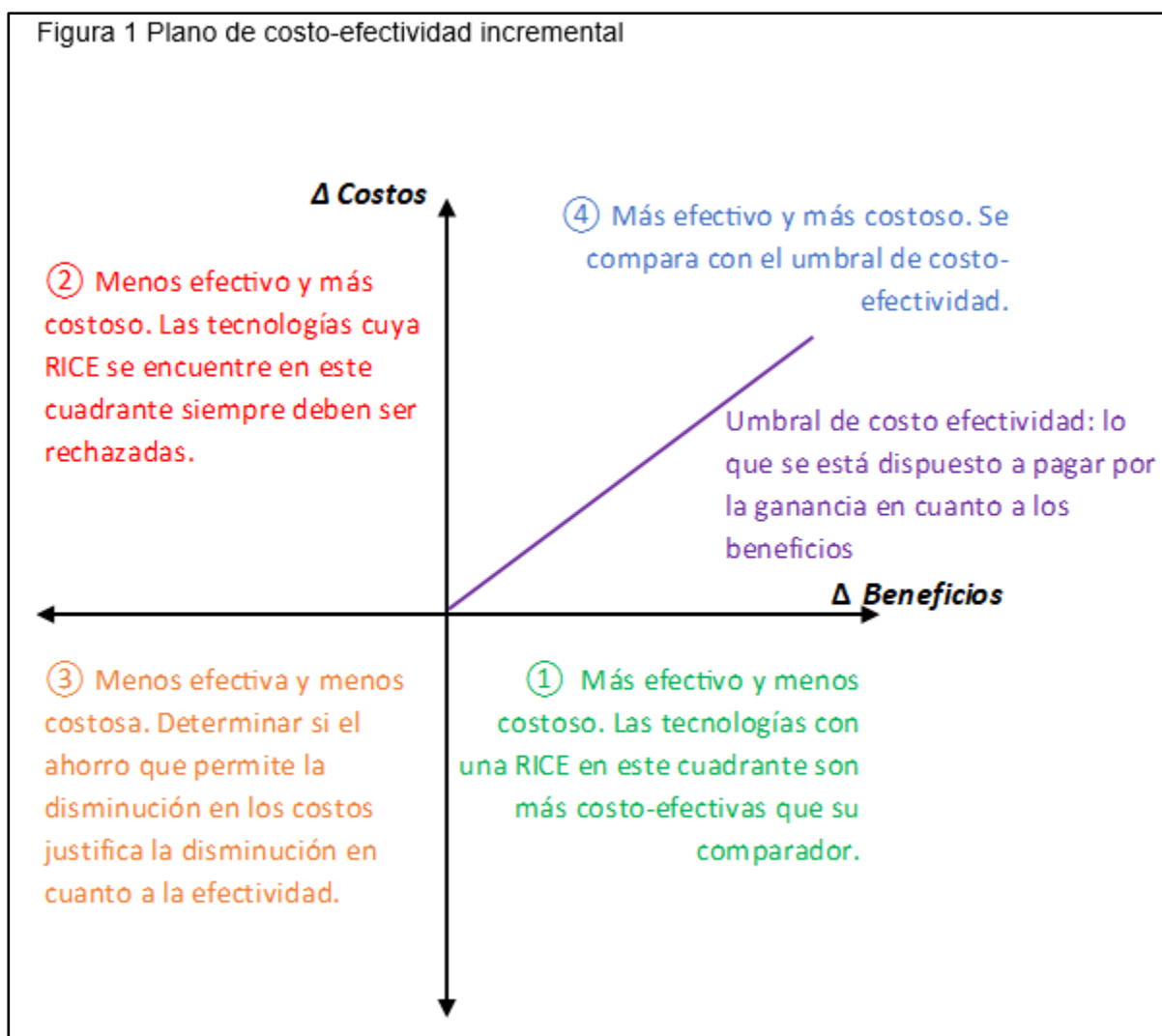
Fuente: Question Pro, 2025.

### **2.1.20 Análisis costo-efectividad**

Es la relación entre los impactos obtenidos (valorados en dinero) y el valor presente de los costos, también en dinero, en que incurrió la actividad desarrollada. El costo efectividad incluye la posibilidad de traducir ciertos impactos sociales a valores expresados en moneda corriente. (Teoría de OTI/Cintefor (2024) Análisis costo-efectividad.)

En este proyecto se utilizará la herramienta presente en el estudio para evaluar y comparar las alternativas u opciones disponibles en función de los costos y los beneficios que ofrecen, de una manera cuantitativa, para determinar cuál es la opción eficiente, en términos de costos para lograr un objetivo específico.

Figura 2.20: Ejemplo de Análisis costo-efectividad



Fuente: neuroeconomix, 2025.

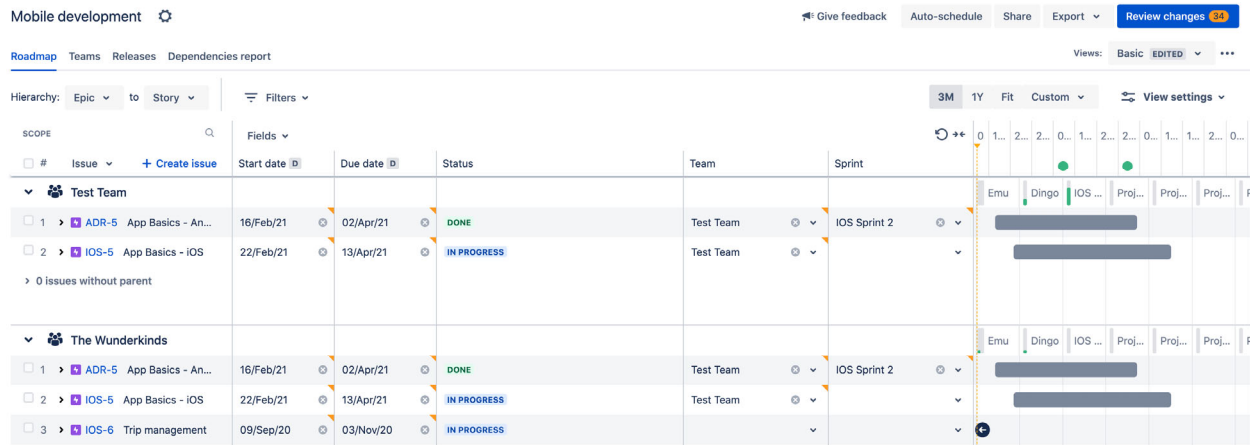
### 2.1.21 Diagrama de Gantt

El diagrama de barras visual que se utiliza para planificar y hacer un seguimiento del progreso de un proyecto. Actúa como un cronograma que muestra la lista de tareas implicadas, sus fechas de inicio y finalización, los hitos, las dependencias entre las tareas y las personas asignadas. (Teoría de atlassian (2024) Diagrama de Gantt.)

En este proyecto se utilizará la herramienta presente en el estudio para establecer un cronograma con las fechas de inicio y fin de cada tarea, lo que favorece para asegurar

que el proyecto se realice de manera eficiente y dentro del plazo establecido.

Figura 2.21: Ejemplo de Diagrama de Gantt



Fuente: atlassian, 2024.

## **2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA**

A continuación, se verá los detalles más importantes de la empresa GUÍAMED CR de Costa Rica donde se realizará el estudio.

### **2.2.1 Visión / Misión**

La visión y misión de la empresa se muestran, seguidamente.

#### **Visión**

“La visión y misión de la empresa se muestran, seguidamente”. (GUÍAMED CR C.R., 2025).

#### **Misión**

“Contribuir para hacer del mundo un lugar más sustentable y saludable” (GUÍAMED CR C.R., 2025).

### **2.2.2 Antecedentes históricos**

Royal GUÍAMED CR es una empresa con más de 130 años de fundada por Frederik GUÍAMED CR y su hijo. Nació en Los Países Bajos. Inició con innovación en el mercado de la iluminación. En la década de 1910 inició la incursión en los mercados de salud, a través de la investigación y manufactura de dispositivos relacionados a rayos X. En la década de 1930 agrega otras líneas de innovación, tales como: los artículos de cuidado personal.

En los años 1940 ingresa al mercado de electrodomésticos con la televisión. En 1960 introduce el primer reproductor de casete compacto y con este las versiones portátiles para los vehículos e individuales para las personas. En 1970 continua con la introducción de este tipo de tecnología a través de la primera grabadora de video 15

casete (VCR). En los años 1980 lanza el mercado los primeros discos compactos (CDs) desarrollados en conjunto con Sony.

A partir de los años 2000, con el surgimiento de nuevas tecnologías, GUÍAMED CR decide continuar innovando en el área de salud y de cuidado personal. En el año 2012, nace en Costa Rica Volcarica SRL, planta encargada de la manufactura de dispositivos médicos desechables para Volcano Corp. En el 2015, Royal GUÍAMED CR adquiere Volcano Corp. y desde entonces se inicia un proceso de integración entre Royal GUÍAMED CR y GUÍAMED CR de Costa Rica. (Teoría de GUÍAMED CR (2024) *Antecedentes Históricos*)

### 2.2.3 Ubicación geográfica

La empresa se encuentra ubicada en la Zona Franca Coyoil, Alajuela. Edificio B37.

Figura 2.22: Mapa satelital de GUÍAMED CR C.R.

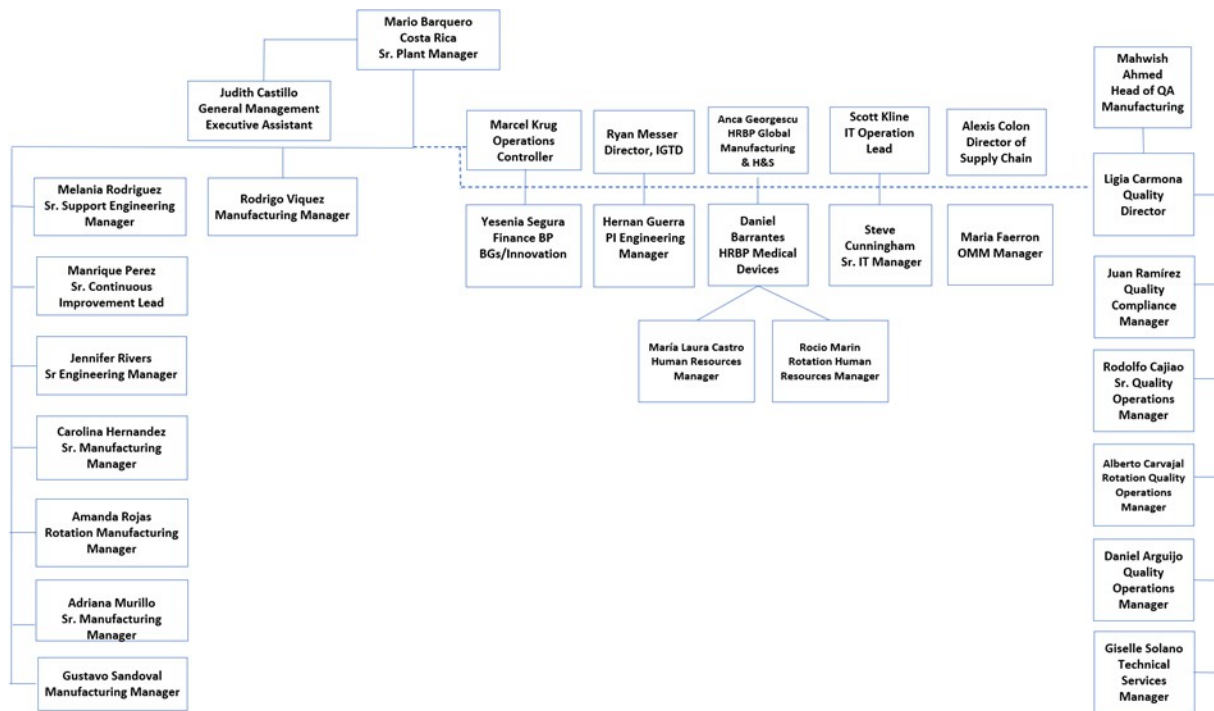


Fuente: Google Maps, 2025.

## 2.2.4 Estructura organizacional

El organigrama de la empresa se muestra a continuación:

Figura 2.23: Organigrama de GUÍAMED CR C.R



Fuente: RR.HH. Phillips de Costa Rica. S.R.L, 2024.

### 2.2.5 Cantidad de empleados

La cantidad de empleados por área se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 2.1: Cantidad de empleados por área

| Puesto o Área              | Cantidad    |
|----------------------------|-------------|
| Personal administrativo    | 250         |
| Operarios turno matutino   | 1400        |
| Operarios turno vespertino | 750         |
| Operarios turno nocturno   | 400         |
| <b>Total</b>               | <b>2800</b> |

Fuente: R.R.H.H. GUÍAMED CR. S.R.L., 2024.

### 2.2.6 Tipos de productos

GUÍAMED CR de Costa Rica es una de las tres plantas multimodalidad que tiene Royal GUÍAMED CR en el mundo. En esta planta se manejan tres unidades de negocio principales las cuales son Image Guided Therapy Devices (IGTD) que son dispositivos de terapia guiada por imagen para diagnóstico de enfermedades cardiovasculares y periféricas, dentro de esta división están los catéteres y los cables guías; Sleep and Respiratory Care (S&RC) que son dispositivos utilizados en el tratamiento de la apnea del sueño, dentro de esta división se encuentra Hospital and Respiratory Care (H&RC) que son dispositivos para medir la oximetría de los pacientes cuando se encuentran con respiración asistida a nivel hospitalario.

La tercera unidad de negocio es Hospital Patient Monitoring (HPM) que son dispositivos de medición de oximetría de pulso. La siguiente tabla resume las actividades

de manufactura de la empresa en Costa Rica.

Tabla 2.2: Resumen de productos manufacturados en GUÍAMED CR

| Unidad de negocio | Segmento | Producto                 |          |                      |   |
|-------------------|----------|--------------------------|----------|----------------------|---|
|                   |          | Periférico               | Vascular | Sueño y respiratorio |   |
| IGTD              | Catheter | EEP                      | X        |                      |   |
|                   |          | FM                       | X        |                      |   |
|                   |          | PV                       | X        |                      |   |
|                   | Wire     | Verrata +                |          | X                    |   |
|                   |          | Omniwire                 |          | X                    |   |
| S&RC              | Sleep    | Dreamwear Full           |          |                      | X |
|                   |          | Dreamwear under the nose |          |                      | X |
|                   |          | Wisp                     |          |                      | X |
|                   |          | Dreamwisp                |          |                      | X |
|                   |          | Comfort Gel Blue         |          |                      | X |
|                   |          | Diametric Pillows        |          |                      | X |
|                   | H&RC     | Mainstream               |          |                      | X |
|                   |          | LoFLo                    |          |                      | X |
|                   |          | Capnotrak                |          |                      | X |
|                   |          | Reusables                |          |                      | X |
|                   |          | Reusables M 1196         |          |                      | X |
| HPM               |          | Reusables M1192-94       |          |                      | X |
|                   |          | Disposables M 1131       |          |                      | X |
|                   |          | Disposables M 1132-34    |          |                      | X |
|                   |          |                          |          |                      | X |

Fuente: R.R.H.H. GUÍAMED CR. S.R.L., 2024.

### 2.2.7 Mercado de exportación

GUÍAMED CR no distribuye, directamente, a los clientes o pacientes finales. Cuenta con centros de distribución principales ubicados en Estados Unidos, Bélgica, y Japón. Los productos manufacturados en GUÍAMED CR se transportan por vía marítima y aérea

### 2.2.8 Descripción general del proceso productivo

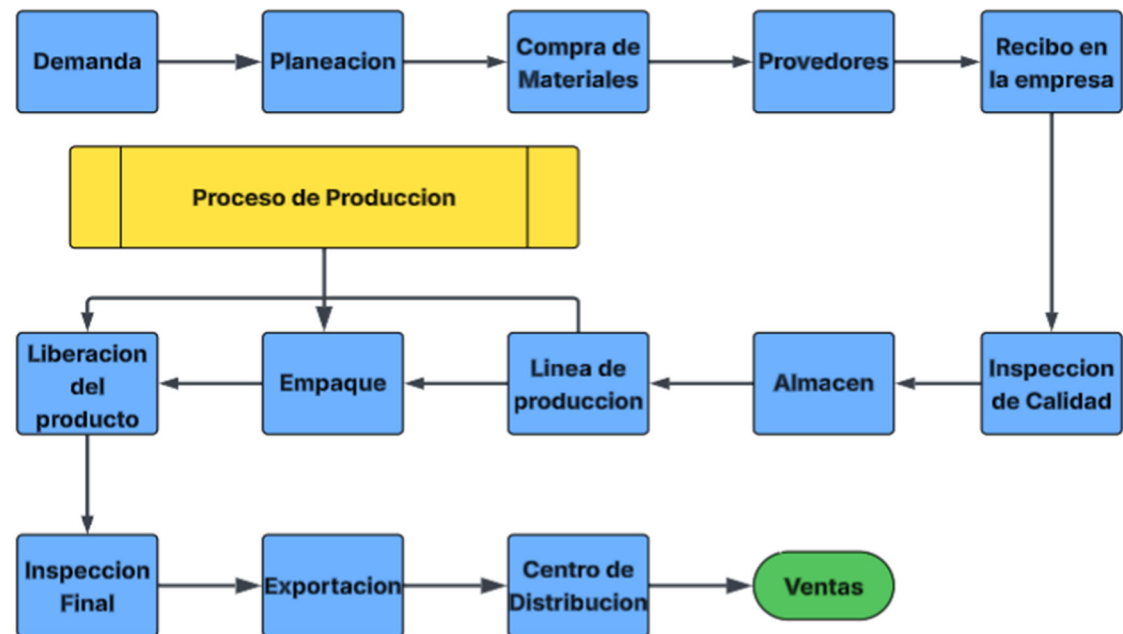
En GUÍAMED CR, los procesos productivos inician por la recepción de demanda de los productos y planeación de la producción. Luego, se da la adquisición de materias primas y materiales necesarios. Una vez ingresados a la planta, se realiza inspección de calidad.

Cuando los materiales y materias primas son aceptados se colocan en almacén y luego se transfieren a los diferentes procesos de producción descritos en la sección 2.2.6 de este informe.

Cuando finaliza el proceso de manufactura, se da una inspección final que puede incluir pruebas de aceptación de producto final. Luego de ser aceptados y estar finalizados, se exportan hacia los diferentes centros de distribución, según lo descrito en la sección 2.2.7 de este informe.

Los procesos de manufactura tienen diferentes requisitos dependiendo de los estándares de calidad bajo los cuales se deban producir, las necesidades de áreas de ambientes controlados y los controles de calidad necesarios para proceder con las ventas.

Figura 2.24: Flujo de proceso productivo



Fuente: Autor, 2025.

### **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### 3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo se desarrolla con un enfoque de investigación mixto, en virtud de que al ser de tipo ingenieril las herramientas y métodos empleados, se entremezclan datos cualitativos y cuantitativos en la mayoría de sus etapas; por lo tanto, estos datos al ser reunidos y analizados conjuntamente permiten obtener resultados más acertados y confiables, a su vez se desarrolla como un proceso que recolecta, analiza y posee una conexión de datos cuantitativos (estadísticas, causa-efecto, proceso, secuencial, deductivo, análisis objetivo, generalización, probatorio, control, precisión, réplica, predicción) y enfoque cualitativo (significados, inductivo, interpretativo, contextualización, realidad subjetiva, profundiza ideas, amplitud).

Al respecto, Hernández, Fernández y Baptista (2014) indican que, “es necesario tener una secuencia en la investigación y mantenerla para cumplir con éxito cada parte y al ser con enfoque cuantitativo, se debe acotar y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación” (p. 4).

Los métodos mixtos (MM) combinan la perspectiva cuantitativa (cuanti) y cualitativa (cuali) en un mismo estudio, con el objetivo de darle profundidad al análisis cuando las preguntas de investigación son complejas. Más que la suma de resultados cuanti y cuali, la metodología mixta es una orientación con su cosmovisión, su vocabulario y sus propias técnicas, enraizada en la filosofía pragmática con énfasis en las consecuencias de la acción en las prácticas del mundo real (Hamui, 2013).

Además, los autores agregan acerca del enfoque cualitativo que: [...] guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis precede a la recolección y el análisis de datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de datos (Hernández et al., 2014, p. 7).

Por lo tanto, el estudio utiliza los dos enfoques, ya que aplica en ambos casos.

### **3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN**

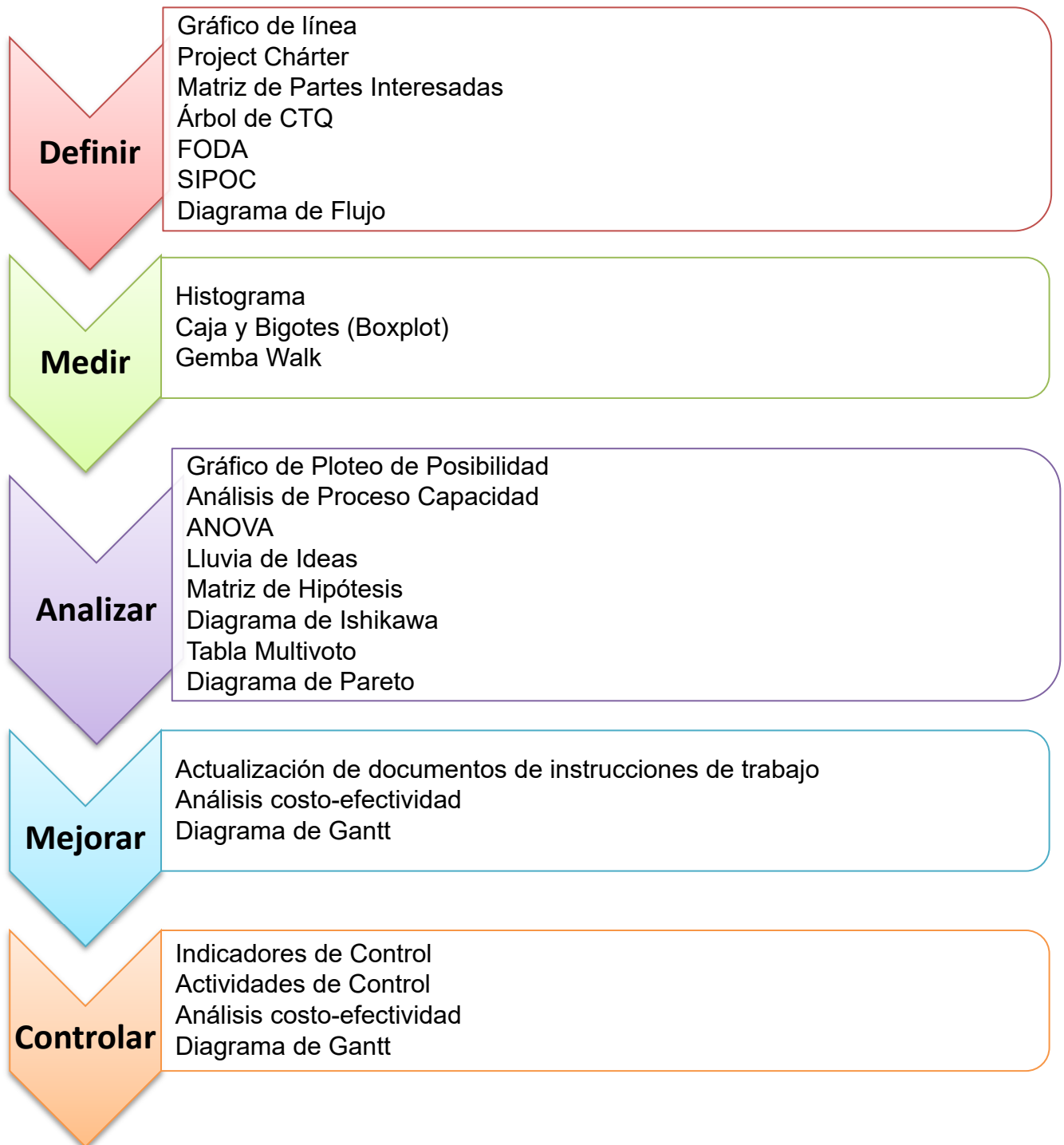
El método o diseño, según Hernández et al. (2014), “se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de resolver al planteamiento del problema” (pág. 128).

El método se selecciona con base en el problema planteado, objetivos, el tiempo, e inclusive el presupuesto destinado para la investigación. Para el presente análisis se utilizará la metodología DMAIC como herramienta principal para el desarrollo y análisis de los datos recolectados. Este método de investigación DMAIC proporciona una estructura coherente y lógica para tratar el problema de defectos generados por la operación de Eléctrica.

Permite una transición ordenada desde la definición del problema hasta la implementación de soluciones y el seguimiento a largo plazo para garantizar la sostenibilidad de las mejoras. Al combinar este enfoque con la recopilación de datos cuantitativos y cualitativos, se obtendrá una comprensión completa del problema y se respaldarán las decisiones con datos sólidos.

En la siguiente figura, se presenta en detalle las etapas que se seguirán con la metodología DMAIC:

Figura 3.1: DMAIC



Fuente: Autor, 2025.

- En la etapa de Definir se utilizarán diferentes herramientas ingenieriles para determinar los defectos que se están generando en la línea de manufactura, los cuales se revisarán con los datos brindados por el método de trazabilidad MES.
- En la etapa de Medir se encontrarán los datos donde nos demuestran el impacto que representan los defectos.
- En la etapa de Analizar se realizan diferentes investigaciones por medio herramientas donde encontraran las diferentes causas del problema y así enfoca las principales causas en la investigación.
- Etapa de Mejorar se realizará un plan de implementación para la mejora del proceso de conexión de la operación de Electrical.
- Etapa de Controlar se implementarán controles para analizar las mejoras realizadas en la etapa de mejorar y así tener los beneficios de calidad e incremento de producción y disminución de defectos.

### **3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN**

Según Barrantes Echaverría (2014):

La recolección de datos es un proceso tan importante como los anteriores y requiere de prudencia, paciencia y orden. Esto implica la necesidad de utilizar instrumentos capaces de captarlos tal cual son, con sus medidas apropiadas y su exacto valor (p. 193).

Por ende, las fuentes de información primarias de esta investigación se obtendrán, mediante datos recopilados de operarios/lideres por medio preguntas, encuestas y lluvia

de ideas.

Los datos secundarios contienen recopilación de los datos primarios, juntos a contenidos que brinda la empresa, por medio de compilación de datos en el proceso de creación de la unidad donde con estos se llevarán a cabo estudios relacionados con la investigación relacionada con el trabajo por investigar, como:

- Base de datos MES
- Recolección de desechos por turno
- Base de datos de Smartcal y Drift

### 3.3.1 Sujetos de información

Tabla 3.1: Visión general del proyecto

|                                     |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| <b>Nombre del Proyecto</b>          | Solder On Shoulder     |
| <b>Patrocinador del Proyecto</b>    | GUÍAMED CR             |
| <b>Unidad de negocio</b>            | Dispositivos medicos   |
| <b>Fecha de inicio estimada</b>     | 12 de febrero del 2025 |
| <b>Fecha de conclusión estimada</b> | 28 de junio del 2025   |
| <b>Presupuesto estimado</b>         | €35 000 000,00         |

**Descripción del Proyecto:** Evaluar lo que genera los fallos de conexión del cable guía.

**Propósito:** Ejecutar una investigación para encontrar las causas raíz de los defectos generados en la conexión entre la parte distal *core* y *composite core* en la operación de Eléctrica y así aumentar el rendimiento de la línea hasta un 5%.

**Recursos:**

- 3 ingenieros
- 1 técnico de proceso
- 1 gerente de proyectos
- 32 operarios/lideres

**Programa:** Investigar y mejorar los defectos provocados por fallos en la conexión eléctrica entre la parte distal, *core* y *composite core*.

**Riesgo:**

- Pérdida de tiempo productivo en la línea.
- Sobrepassar el presupuesto establecido.
- Línea Down después de la implementación.
- Mal entrenamiento en el cambio del proceso de ejecución.

### **3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS**

Las variables se refieren a las características o atributos que toman valor en un estudio o investigación para analizar y medir el cambio relacionado con los objetivos que enfocan la investigación en torno a su estudio optimización y demás.

Según Hernández et al. (2014) se forman de una definición conceptual, operacional e instrumental. A continuación, se especifica cada una de estas.

**3.4.1 Conceptual:** definición teórica de la variable que se puede encontrar en información técnica relacionada (libros, investigaciones, diccionarios, etc.)

**3.4.2 Operacional:** Criterios para la evaluación de la variable, son las actividades por las cuales la definición conceptual se identifican o se miden.

**3.4.3 Instrumental:** Instrumentos de medición de la variable. Estos pueden ser instrumentos físicos, así como herramientas de medición y estudio con los que se pueden analizar y concluir.

Tabla 3.2: Variables de la investigación por objetivo específico

| Objetivo específico                                                                                                                                                                                                        | Variable    | Definición conceptual                                                                                                                                  | Operacionalización                                                                                                    | Instrumentalización                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Identificar el nivel de cumplimiento, el indicador de rendimiento y el impacto de cables defectuosos para la línea Omniwires.                                                                                              | El proceso  | La eficiencia y efectividad del proceso de manufactura en la línea Omniwires, medida por el cumplimiento de estándares y producción libre de defectos. | Elaborar gráficos de control que muestren el panorama real y la expectativa establecida en el rendimiento de la línea | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gráficos de línea para visualizar el desempeño a lo largo del tiempo.</li> <li>• Histograma</li> <li>• Caja y Bigotes (Boxplot)</li> </ul> |
| Identificar los defectos que llevan a la no conformidad al cable guía y pérdidas económicas en la línea Omniwires                                                                                                          | Defectos    | Defectos que genera fallos en los cables guías provocando disminución en el rendimiento de la línea de Omniwires.                                      | Identificar defectos más relevantes durante la disminución del rendimiento de la línea.                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama de pareto</li> </ul>                                                                                                              |
| Identificar los defectos que llevan a la no conformidad al cable guía y pérdidas económicas en la línea Omniwires<br>identificar las operaciones donde se producen los fallos en el proceso de manufactura de cables guía. | Operaciones | Fallos en las operaciones de manufactura que generan productos defectuosos o incrementan los desechos.                                                 | Mapeo de las operaciones del proceso donde se origina un mayor número de defectos.                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama de pareto</li> <li>• Gemba Walk</li> </ul>                                                                                        |

|                                                                                                                                                                                                    |            |                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Analizar los datos obtenidos del proceso de manufactura para determinar las causas raíz de la disminución del rendimiento de la línea y del aumento de cables guía no conformes.                   | Defectos   | Factores fundamentales que llevan a una disminución en la calidad                                       | <p>Recoger y analizar datos históricos de producción e información relacionada a las operaciones y generar correlaciones.</p> <p>Usar herramientas de causa raíz para realizar un análisis.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gráfico de Ploteo de Posibilidad</li> <li>• Análisis de Proceso Capacidad</li> <li>• ANOVA</li> <li>• Lluvia de Ideas</li> <li>• Matriz de Hipótesis</li> <li>• Diagrama de Ishikawa</li> <li>• Tabla Multivoto</li> <li>• Diagrama de Pareto</li> </ul> |
| Proponer propuestas factibles para mejorar rendimiento de manufactura en la línea Omniwires que asegure la calidad y funcionalidad de los dispositivos médicos y reduzcan las pérdidas económicas. | Soluciones | Propuestas de mejora para aumentar el rendimiento de los cables guías y reducir las pérdidas económicas | Desarrollar propuestas de mejoras basadas en el análisis previo.                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Actualización de documentos de instrucciones de trabajo</li> <li>• Análisis costo-efectividad</li> <li>• Diagrama de Gantt</li> </ul>                                                                                                                    |

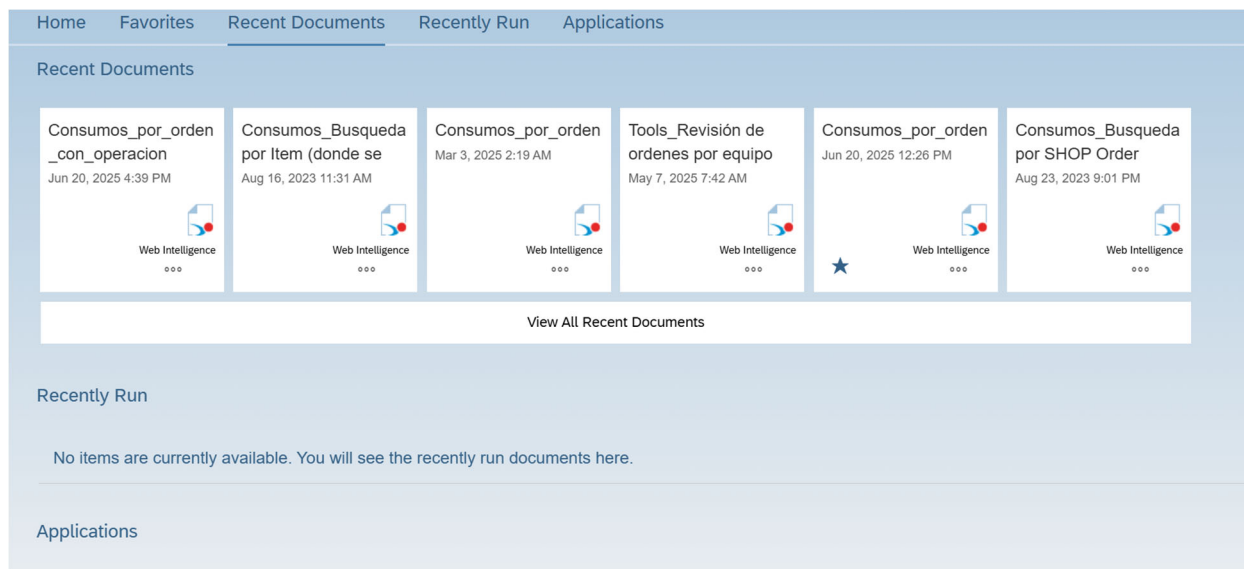
Fuente: Autor,2025

### 3.5 INSTRUMENTOS

Estos instrumentos en cada fase del DMAIC aseguran que las decisiones se fundamenten en datos precisos y relevantes, aumentan la eficacia del proceso desde la identificación del problema hasta las de mejoras. Además, permiten establecer un sistema de monitoreo efectivo que mantiene el enfoque en calidad y rendimiento a largo plazo, las cuales son:

#### 3.5.1 Información de la base de datos BO: Utilizada para entender el rendimiento de línea al inicio del análisis.

Figura 3.2: Información de la base de datos BO



Fuente: GUÍAMED CR, 2025.

### 3.5.2 Reuniones con *stakeholders*: Herramientas cualitativas para definir necesidades, expectativas y problemas.

Figura 3.3: Reuniones con *stakeholders*

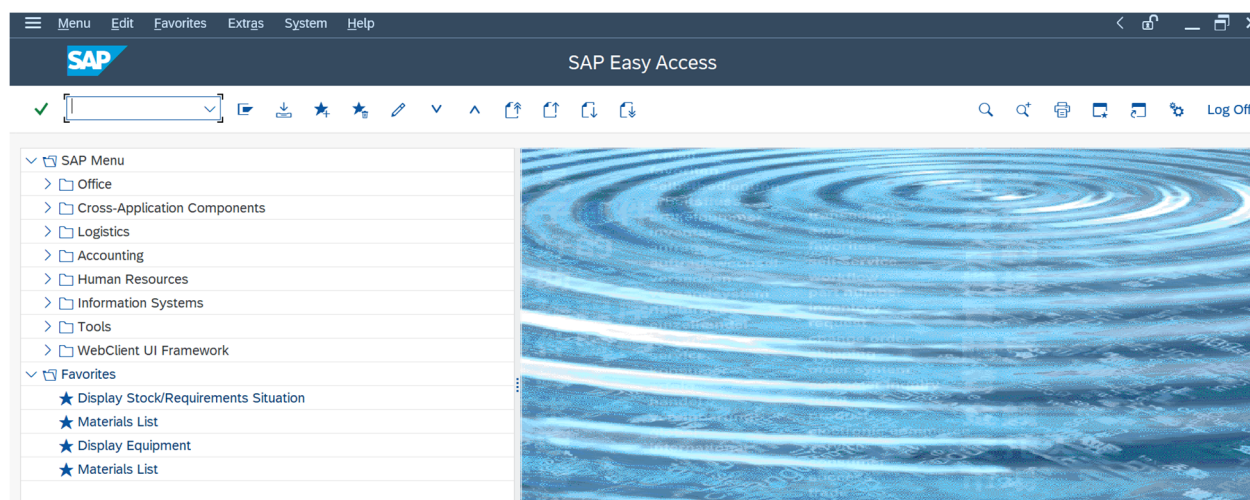
| INFORMACIÓN GENERAL    |            |
|------------------------|------------|
| Fecha: 06/10/2025      | Hora:      |
| Lugar: Microsoft Teams | Moderador: |
| Título:                | Objetivo:  |

| PARTICIPANTES          |          |
|------------------------|----------|
|                        |          |
| NOTAS                  | Due Date |
| <u>Puntos Tratados</u> |          |

Fuente: Autor, 2025.

### 3.5.3 Información de la base de datos SAP: Datos del sistema de gestión para medir variables clave del proceso.

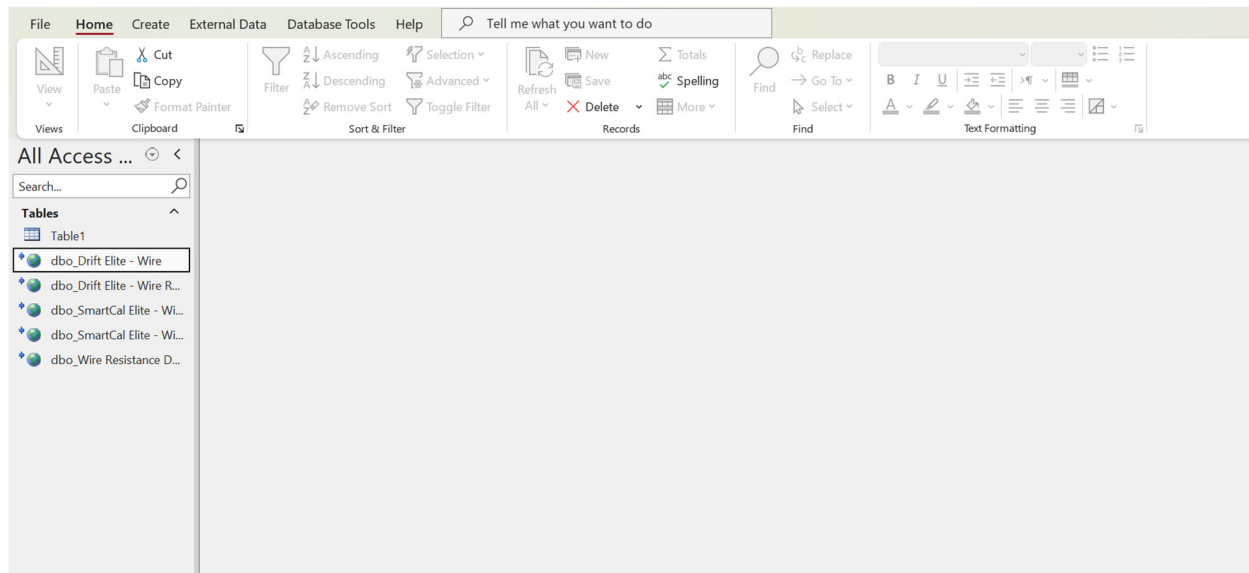
Figura 3.4: Información de la base de datos SAP



Fuente: GUÍAMED CR, 2025.

### 3.5.4 Bases de datos de producción y defectos históricos: Proveen datos para analizar patrones y correlaciones históricas.

Figura 3.5: Bases de datos de producción y defectos historicos



Fuente: GUÍAMED CR, 2025.

**3.5.5 Información recopilada de Gemba *Walks*:** Observaciones directas que favorecen para identificar ineficiencias y problemas.

Figura 3.6: Información recopilada de Gemba Walks

**GEMBA WALK DEL PROCESO DE SMARTCAL Y DRIFT**

**Acciones:**  
Observar los flujos de proceso.  
Revisar las condiciones de trabajo.  
Observar técnica de ejecución.

**Preguntas:**

- ¿Puedes explicarme cómo funciona este proceso?
- ¿Cómo sabes si el proceso está funcionando bien?
- ¿Qué cambiarías para mejorar este proceso?
- ¿Qué cambiarías para mejorar este proceso?

Fuente: Autor, 2025.

### 3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

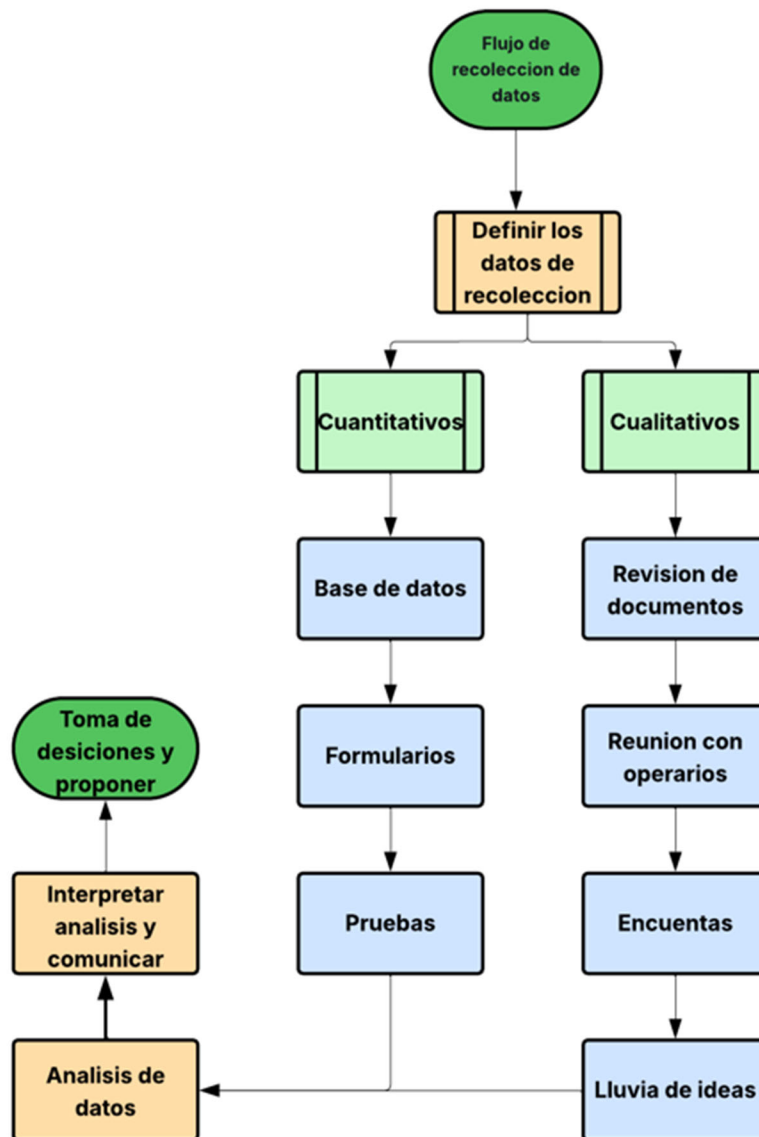
El proyecto se basa en el análisis de datos de la línea de Omniwires recopilados de un sistema que registra, diariamente, información sobre la producción, incluidos productos dañados o rechazados, durante el periodo de julio a diciembre de 2024.

Estos datos permiten obtener estadísticas sobre defectos en la línea de producción, lo que facilita la toma de decisiones para proponer acciones correctivas.

La metodología de recopilación de datos, como muestra el diagrama, se divide en categorías de datos cuantitativos y cualitativos. Los datos cuantitativos se obtienen mediante una base de datos, formularios y pruebas, mientras que los datos cualitativos son recopilados, través de revisiones de documentos, reuniones con operarios, encuestas y lluvia de ideas. Todos estos datos se analizan para interpretar, comunicar,

y finalmente, utilizar en la toma de decisiones estratégicas para mejorar el rendimiento de la línea.

Figura 3.7: Diagrama de recolección de datos



Fuente: Autor, 2025.

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS**

El proyecto se lleva a cabo en la empresa GUÍAMED CR CR, situada en la Zona Franca Coyol. Esta compañía se dedica a la creación de productos médicos y tiene diversas áreas de negocio, tales como, dispositivos de Terapia Guiada por Imágenes, (IGTD por sus siglas en inglés) y Cuidado del sueño y respiración. Dentro de los dispositivos de terapia de imagen se identifican cable guía.

En este proyecto, se examinará, específicamente, la línea de ensamble de Wires, que opera en tres turnos de producción:

- Turno A (lunes a viernes): de 6:00 a.m. a 3:36 p.m.
- Turno B (lunes a sábado): de 3:36 p.m. a 10:00 p.m.
- Turno C (domingo a sábado): de 10:00 p.m. a 6:00 a.m.

Cada turno está compuesto por 70 operadores (sin contar el Área De Empaque), un líder de producción, un supervisor, un técnico de proceso y un técnico de mantenimiento, sumando un total de 222 personas en el equipo productivo de la línea de ensamble.

Esta línea de ensamble fue seleccionada para el proyecto, debido a que uno de sus indicadores de rendimiento de la línea ha mostrado problemas que afectan la calidad del producto. Teniendo en cuenta que es una línea de producción que trabaja una unidad, a la vez y serializada, se identifican diferentes factores que pueden provocar resultados negativos en las fechas de Julio a diciembre 2024.

Para llevar a cabo el análisis del proyecto, se utilizará la metodología DMAIC junto con otras herramientas de ingeniería para mejorar los resultados. El objetivo es identificar los factores que impiden alcanzar la meta del rendimiento establecido para la línea Omniwires GUÍAMED CR.

## **4.1 DEFINIR**

La empresa GUÍAMED CR CR presenta problemas de rendimiento en la línea de producción de Omniwires, donde se espera alcanzar un estándar de calidad del 72% o superior. Sin embargo, desde julio a diciembre de 2024, se observa una tendencia a la baja en el rendimiento. Esta situación provoca una pérdida económica, aproximadamente, de ₡4 355 969 132,25 en los últimos seis meses.

### **4.1.1 Gráfico de tendencia de rendimiento de la línea**

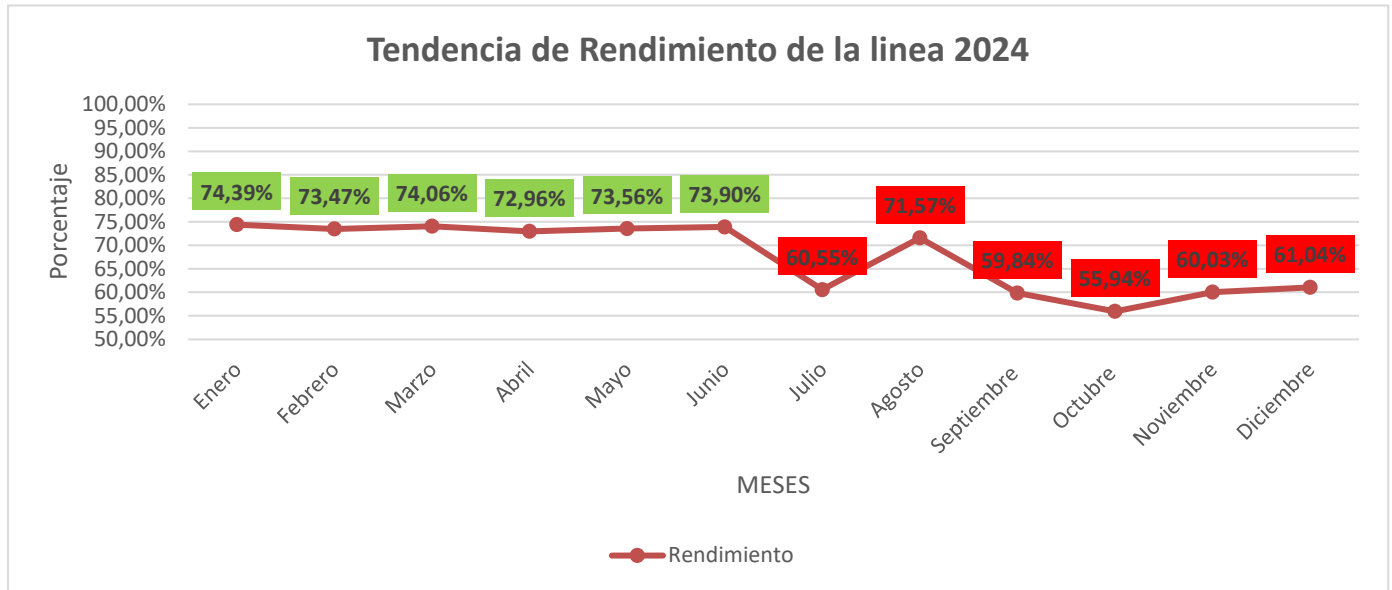
El análisis del gráfico de tendencia consiste en examinar, detenidamente, los datos representados para comprender la evolución del rendimiento de la línea de producción de Omniwires a lo largo del tiempo. En este gráfico, se observa cómo las fluctuaciones en el rendimiento se presentan visualmente, permitiendo identificar no solo la dirección general de los cambios, sino también los puntos específicos en los que se producen variaciones significativas.

El gráfico ofrece una visión clara de cómo ciertos factores pueden haber influido en el rendimiento. Se pueden notar periodos de disminución, cada uno de los cuales podría corresponder a cambios internos, variaciones en la demanda, o ajustes en los procesos de producción. Al observar los patrones que emergen, a partir de los datos, se hace posible determinar las áreas clave en las que se deben implementar mejoras.

Además, el uso de este gráfico como una herramienta analítica facilita la formulación de estrategias de optimización. Al entender qué causas subyacen detrás de

los cambios en el rendimiento, se pueden proponer soluciones dirigidas a estabilizar o aumentar el rendimiento de la línea. En última instancia, el análisis permite a los responsables de la línea de Omniwires tomar decisiones informadas, respaldadas por evidencias visuales.

Figura 4.1: Gráfico de tendencia del rendimiento de la línea



Fuente: Autor, 2025.

#### 4.1.1.1 Meta de rendimiento de la línea:

La línea verde representa el estándar de rendimiento de la línea que se establece como objetivo para el proceso, manteniéndose en niveles superiores al 72% durante el año.

#### 4.1.1.2 Rendimiento de la línea mensual:

- **Enero a junio:** Durante los primeros meses, el rendimiento de la línea mensual supera la meta, con cifras que varían desde 74.39% en enero hasta 73.90% en junio. Esto indica un sólido desempeño en términos de calidad y eficiencia.

- **Julio a diciembre:** A partir de julio, se observa una caída significativa en el rendimiento de la línea, llega a un mínimo de 55.94% en septiembre. Aunque muestra cierta recuperación, a partir de octubre, el rendimiento de la línea se mantiene debajo del umbral deseado.

El gráfico de tendencia ilustra el rendimiento mensual de la línea de producción, durante el 2024, se muestra su relación con la meta establecida de rendimiento. El análisis de la tendencia evidencia fluctuaciones que impactan la capacidad del proceso para alcanzar los objetivos estipulados.

La comprensión de estos patrones funciona como base para intervenciones estratégicas destinadas a asegurar una alineación constante con los estándares de calidad. Durante los últimos seis meses, estas fluctuaciones han causado una pérdida económica de ₡4 355 969 132,25 y han afectado la reputación de la calidad de los productos de GUÍAMED CR lo que conlleva a una investigación y proponer cambios para aumentar el rendimiento de la línea.

Para llevar a cabo una investigación eficaz y proponer soluciones al problema identificado se determina, claramente, el equipo de trabajo involucrado. Esto ocurre, mediante un proceso sistemático de planificación en el que emplea la herramienta de planificación conocida como *Project Charter*.

#### **4.1.2 Project Charter**

Por lo tanto, se lleva a cabo una reunión para completar el *Project Charter* con el objetivo de definir el propósito y el alcance del proyecto. Durante esta reunión, establece de manera clara el objetivo central y quiénes son los colaboradores implicados en el proyecto de investigación.

Figura 4.2: Project Charter

| Acta de Proyecto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----|-----|------------|--|--|------------------|---------------|----------------------|------------|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------|--|-------------------|------------|--|----------------|------------|--|-------------|------------|--|---------------|-----------------------|--|-------------------|------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|--|--|--|
| <b>NOMBRE DEL PROYECTO</b><br><div style="border: 1px solid black; padding: 2px; min-height: 20px;">Mejora de yield (Solder on Shoulder)</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>MIEMBROS DE EQUIPO</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="width: 20%;">NOMBRE</th> <th style="width: 20%;">DEPARTAMENTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PATROCINADOR</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>BLACK BELT</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>DUEÑO DE PROCESO</td> <td>Maicol Fallas</td> <td>Gerente de proyectos</td> </tr> <tr> <td>GREEN BELT</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>OTROS MIEMBROS</td> <td>Melani Hernandez</td> <td>Innovacion</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Catalina Alvarado</td> <td>Innovacion</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Alonso Jimenez</td> <td>Innovacion</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Eida Suarez</td> <td>Innovacion</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Diego Bonilla</td> <td>Gerente de innovacion</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Operarios/lideres</td> <td>Produccion</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |                       |            |                                                                                                                                | NOMBRE                                                    | DEPARTAMENTO                                                                                                                                                        | PATROCINADOR | N/A | N/A | BLACK BELT |  |  | DUEÑO DE PROCESO | Maicol Fallas | Gerente de proyectos | GREEN BELT |  |  | OTROS MIEMBROS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Melani Hernandez | Innovacion |  | Catalina Alvarado | Innovacion |  | Alonso Jimenez | Innovacion |  | Eida Suarez | Innovacion |  | Diego Bonilla | Gerente de innovacion |  | Operarios/lideres | Produccion |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | N/A |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | NOMBRE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | DEPARTAMENTO          |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
| PATROCINADOR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | N/A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | N/A                   |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
| BLACK BELT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
| DUEÑO DE PROCESO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Maicol Fallas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Gerente de proyectos  |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
| GREEN BELT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
| OTROS MIEMBROS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Melani Hernandez                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Innovacion            |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Catalina Alvarado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Innovacion            |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Alonso Jimenez                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Innovacion            |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Eida Suarez                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Innovacion            |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Diego Bonilla                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Gerente de innovacion |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Operarios/lideres                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Produccion            |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | N/A                   |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
| <b>CASO DE NEGOCIO</b><br><div style="border: 1px solid black; padding: 2px; min-height: 100px;"> <p>En la línea Omniwires, la conexión correcta es fundamental para garantizar la funcionalidad de los cables guía. Sin embargo, se ha identificado que en el indicador de rendimiento de línea establecido en la línea de ensamble de Omniwires donde la meta debe ser igual o mayor a 72% mensualmente ha disminuido su porcentaje de cumplimiento del rendimiento de la línea mensual. Conduciendo a un alto porcentaje de cables no conformes, que pierden su funcionalidad, generando así la necesidad de desecho de los cables guías, lo cual podría provocar aumento de retrabajos de producción o falsos datos generando pérdidas económicas.</p> </div> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
| <b>LÍDER DE PROYECTO</b><br><div style="border: 1px solid black; padding: 2px; min-height: 20px;">Maicol Fallas</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
| <b>DECLARACIÓN DEL PROBLEMA/OPORTUNIDAD</b><br><div style="border: 1px solid black; padding: 2px; min-height: 150px;"> <p>Las unidades no conformes en la línea de manufactura se provoca a una pérdida de rendimiento de la línea del 5% en la línea de producción, lo que equivale a aproximadamente 500 cables defectuosos por mes, causando una pérdida económica de ₡ 435 596 913,23 en los últimos 6 meses y afectando la reputación de la calidad de los productos de GUÍAMED CR. Existe la oportunidad de mejorar la eficiencia y reducir costos proponiendo nuevos procesos y capacitaciones.</p> </div>                                                                                                                                                 | <b>PARTES INTERESADAS DEL PROYECTO (STAKEHOLDERS)</b><br><div style="border: 1px solid black; padding: 2px; min-height: 150px;"> <p>Equipo de Producción<br/>Departamento de Calidad<br/>Dirección Financiera<br/>Proveedores de tecnología<br/>Gerencia</p> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
| <b>META DEL PROYECTO</b><br><div style="border: 1px solid black; padding: 2px; min-height: 50px;"> <p>Aumentar el yield de la línea de producción de Omniwires al menos un 77% por medio de la reducción de los defectos provocados por falsos contactos en la soldadura durante el tercer cuatrimestre del año 2025.</p> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>ALCANCE, LIMITACIONES, SUPUESTOS DEL PROYECTO</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;"> <b>Alcance:</b><br/>Evaluación e implementación de nuevas técnicas de soldadura.<br/>Formación del personal en nuevas prácticas. </td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"> <b>Limitaciones:</b><br/>Plazo de finalización de 8 meses. </td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"> <b>Supuestos:</b><br/>Las propuestas son efectivas y compatibles con equipos actuales.<br/>El personal estará disponible para las sesiones de formación planificadas. </td> </tr> </tbody> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                       |            | <b>Alcance:</b><br>Evaluación e implementación de nuevas técnicas de soldadura.<br>Formación del personal en nuevas prácticas. | <b>Limitaciones:</b><br>Plazo de finalización de 8 meses. | <b>Supuestos:</b><br>Las propuestas son efectivas y compatibles con equipos actuales.<br>El personal estará disponible para las sesiones de formación planificadas. |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
| <b>Alcance:</b><br>Evaluación e implementación de nuevas técnicas de soldadura.<br>Formación del personal en nuevas prácticas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
| <b>Limitaciones:</b><br>Plazo de finalización de 8 meses.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
| <b>Supuestos:</b><br>Las propuestas son efectivas y compatibles con equipos actuales.<br>El personal estará disponible para las sesiones de formación planificadas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
| <b>BENEFICIOS FINANCIEROS ESPERADOS</b><br><div style="border: 1px solid black; padding: 2px; min-height: 50px;"> <p>Estas propuestas prevén un incremento del rendimiento de más del 5% en aumentos del rendimiento de la línea equivalentes a establecer los estándares mínimos de un 77% por mes. La implementación de estas mejoras requerirá una inversión total de ₡840,965,639.29, lo que espera generar un beneficio neto significativo y un retorno sobre la inversión (ROI) del 107.00%.</p> </div>                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
| <b>PLAN PRELIMINAR</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">ETAPA</th> <th style="width: 30%;">FECHA PLANEADA</th> <th style="width: 30%;">FECHA REAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DEFINIR</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MEDIR</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ANALIZAR</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>IMPLEMENTAR</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONTROLAR</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>                                                                                                                                                                                                                     | ETAPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | FECHA PLANEADA        | FECHA REAL | DEFINIR                                                                                                                        |                                                           |                                                                                                                                                                     | MEDIR        |     |     | ANALIZAR   |  |  | IMPLEMENTAR      |               |                      | CONTROLAR  |  |  | <b>PREPARADO POR:</b> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; min-height: 20px;">Melani Hernandez Gonzalez</div><br><b>FECHA:</b> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; min-height: 20px;">1/7/2025</div><br><b>FIRMA:</b> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; min-height: 20px;">Mhernandez</div><br><br><b>APROBADO POR:</b> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; min-height: 20px;">Michael Fallas</div><br><b>FECHA:</b> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; min-height: 20px;">1/7/2025</div><br><b>FIRMA:</b> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; min-height: 20px;">Mfallas</div> |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
| ETAPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | FECHA PLANEADA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | FECHA REAL            |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
| DEFINIR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
| MEDIR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
| ANALIZAR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
| IMPLEMENTAR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
| CONTROLAR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> Fase de Medición completada en: <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px;"></div> </div> <div> ¿Se revisaron las metas después de completar la fase de medición? <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 15px;"></div> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <div> ¿Se revisaron los beneficios financieros después de completar la fase de medición? <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px;"></div> </div> </div>                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |            |                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |              |     |     |            |  |  |                  |               |                      |            |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |            |  |                   |            |  |                |            |  |             |            |  |               |                       |  |                   |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |

Fuente: Autor, 2025.

#### **4.1.2.1 Beneficios financieros esperados.**

El desarrollo exitoso de este proyecto se espera que genere ahorros significativos. Se estima una reducción de costos de operación de, aproximadamente, \$30,000, trimestralmente, lo que contribuirá a la mejora de la rentabilidad de la empresa.

#### **4.1.2.2 Alcance, limitaciones y supuestos del proyecto**

El proyecto abarcará la optimización del proceso de los cables guías y una revisión de las características de procesos de conexión. Sin embargo, se enfrentará a limitaciones relacionadas con la disponibilidad de espacios, operarios, tiempos y el ajuste dentro de plazos establecidos de seis meses.

#### **4.1.2.3 Partes interesadas**

El proyecto involucrará diversos equipos y departamentos incluye el equipo de Producción, Departamento de Calidad, Ingeniería de Procesos, Dirección Financiera, el Gerente de Innovación y la Gerencia. La colaboración interdepartamental será crucial para el éxito del proyecto.

#### **4.1.2.4 Plan de Implementación**

El proyecto se llevará a cabo en varias etapas, iniciará en septiembre de 2025, seguida por la planeación, ejecución, y control hasta concluir en abril de 2026.

A partir de esta información, se genera un listado completo de todas las partes interesadas, se considera, tanto aquellas internas, como equipos y directivos, así como aquellas externas, como clientes y proveedores.

#### 4.1.3 Matriz de parte interesadas

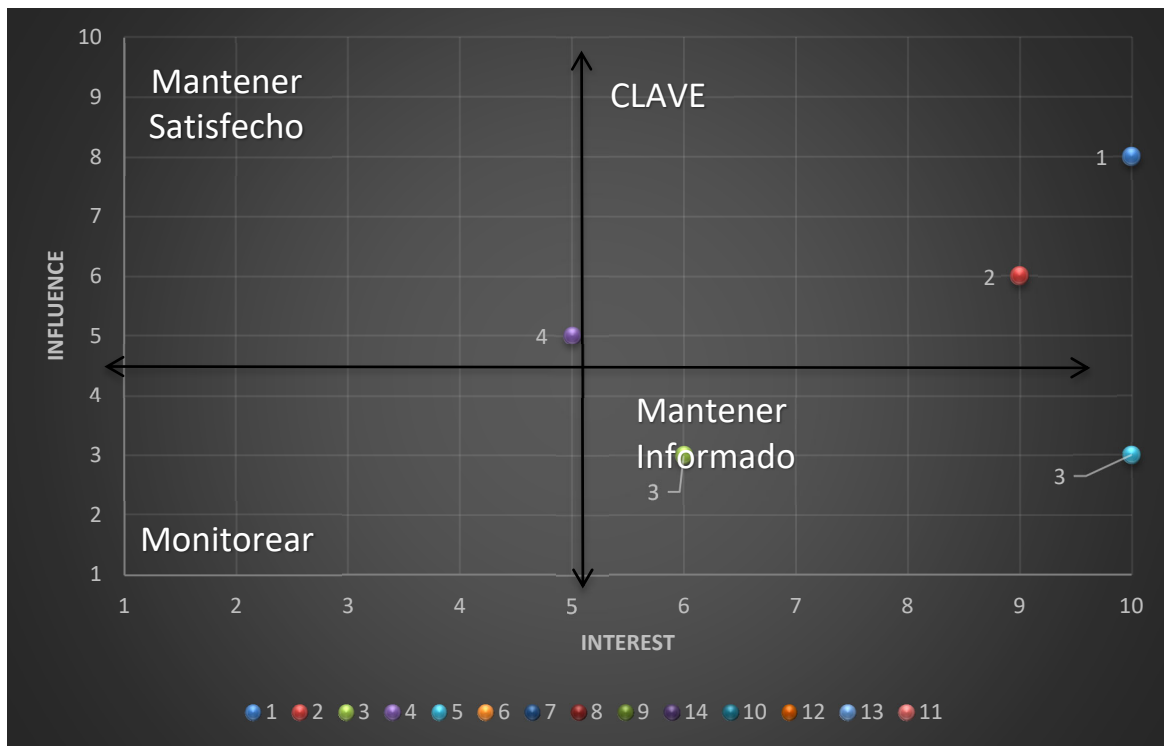
Para alcanzar este objetivo, se utiliza una Matriz de parte interesadas, y se identifican todas las partes que podrían afectar o ser afectadas por el proyecto, incluidos individuos y grupos dentro y fuera de la organización con interés significativo en el resultado.

Se clasifica y prioriza a estas partes, según su nivel de interés y el impacto potencial que tienen en el proyecto, se emplea: criterios de influencia, poder de decisión y grado de dependencia.

Con esta evaluación, se desarrolla una matriz que posiciona a las partes interesadas, de acuerdo con su nivel de interés e impacto. Esta matriz permite visualizar, claramente, la importancia de cada *stakeholder* para el proyecto y así se facilita la elaboración de estrategias de gestión efectivas que aseguren una comunicación óptima y una alineación constante con sus expectativas y necesidades. Con este enfoque, se busca fortalecer el compromiso de los *stakeholders* y asegurar el éxito del proyecto.

Figura 4.3: Stakeholders

| Project Stakeholder |                             |            |         |
|---------------------|-----------------------------|------------|---------|
| ID                  | NOMBRE DEL GRUPO DE INTERÉS | Influencia | Interés |
| 1                   | Equipo de Producción        | 8          | 10      |
| 2                   | Departamento de Calidad     | 6          | 9       |
| 3                   | Dirección Financiera        | 3          | 6       |
| 4                   | Proveedores de tecnología   | 5          | 5       |
| 5                   | Gerencia                    | 3          | 10      |
| 6                   |                             |            |         |
| 7                   |                             |            |         |
| 8                   |                             |            |         |
| 9                   | N/A                         |            |         |
| 10                  |                             |            |         |
| 11                  |                             |            |         |
| 12                  |                             |            |         |
| 13                  |                             |            |         |
| 14                  |                             |            |         |



Fuente: Autor, 2025.

El análisis muestra una matriz de influencia e interés que clasifica a los *stakeholders* en función de su capacidad para influir en el proyecto y su nivel de interés en él. Cada grupo se califica en una escala del 1 al 10 para ambos atributos.

**4.1.3.1 Equipo de producción:** Con una influencia de 8 y un interés de 10, el equipo de producción es un *stakeholder* clave debido a su alto nivel de compromiso e influencia en el proyecto. Esto sugiere que deben ser completamente involucrados en la toma de decisiones y actualización continua del proyecto.

**4.1.3.2 Departamento de Calidad:** Calificado con una influencia de 6 y un interés de 9, este departamento también es crucial. Requiere una atención prioritaria para asegurar que las expectativas de calidad se alineen con los resultados del proyecto.

**4.1.3.3 Dirección Financiera:** Con una influencia moderada de 3 y un interés de 6, este grupo debe ser informado adecuadamente pero no está en el rango que se considere crítico para influir, directamente, en el día tras día del proyecto.

**4.1.3.4 Proveedores de tecnología:** Tienen una influencia de 5 y un interés de 5, posicionándolos en el centro de la matriz. Su función es importante, pero no urgente, Por lo que requiere un enfoque de monitoreo y actualización regular.

**4.1.3.5 Gerencia:** Con una influencia de 3 y un interés alto de 10, la gerencia debe ser satisfecha en términos de expectativas generales del proyecto, aunque su influencia directa sea limitada.

Para avanzar en el desarrollo del proyecto, se procede con un CTQ donde se identifican las expectativas y necesidades destacadas de las partes interesadas. A

partir de estas expectativas se categoriza cada requisito en términos de su impacto en la calidad y el rendimiento del producto.

#### **4.1.4 Árbol de CTQ (Critical to Quality)**

Este enfoque permite visualizar cómo cada expectativa del *stakeholder* se incorpora en el proceso, alineando los objetivos de calidad con las metas estratégicas del proyecto.

Mediante el uso del árbol de CTQ (Critical to Quality), se facilita la identificación de áreas de mejora y se asegura que los esfuerzos de producción mantengan un enfoque centrado en el cliente. La transformación, a través de esta herramienta analítica es fundamental para garantizar que las características críticas para la calidad estén claramente definidas y enfocadas, lo que maximiza la satisfacción del cliente y la eficacia del proceso de producción.

Además, en el marco de proyectos orientados a la mejora de calidad, identifica de manera precisa las expectativas y necesidades del cliente, lo cual es esencial para dirigir los esfuerzos de mejora hacia los aspectos más críticos y relevantes. El árbol de CTQ convierte esas necesidades en requisitos específicos y medibles, así se guía el enfoque estratégico del proyecto.

Figura 4.4: Árbol de CTQ

# Árbol de Características Críticas para la Calidad

Difícil de Medir

Fácil de Medir

Nivel  
I

Aumentar el rendimiento  
del proceso de manufactura  
al menos al 72%

Nivel  
II

Reducir defectos en los  
productos acabados. (Los  
defectos incrementan los  
costos y afectan la  
satisfacción del cliente.)

Cumplimiento de  
producción

Nivel  
III

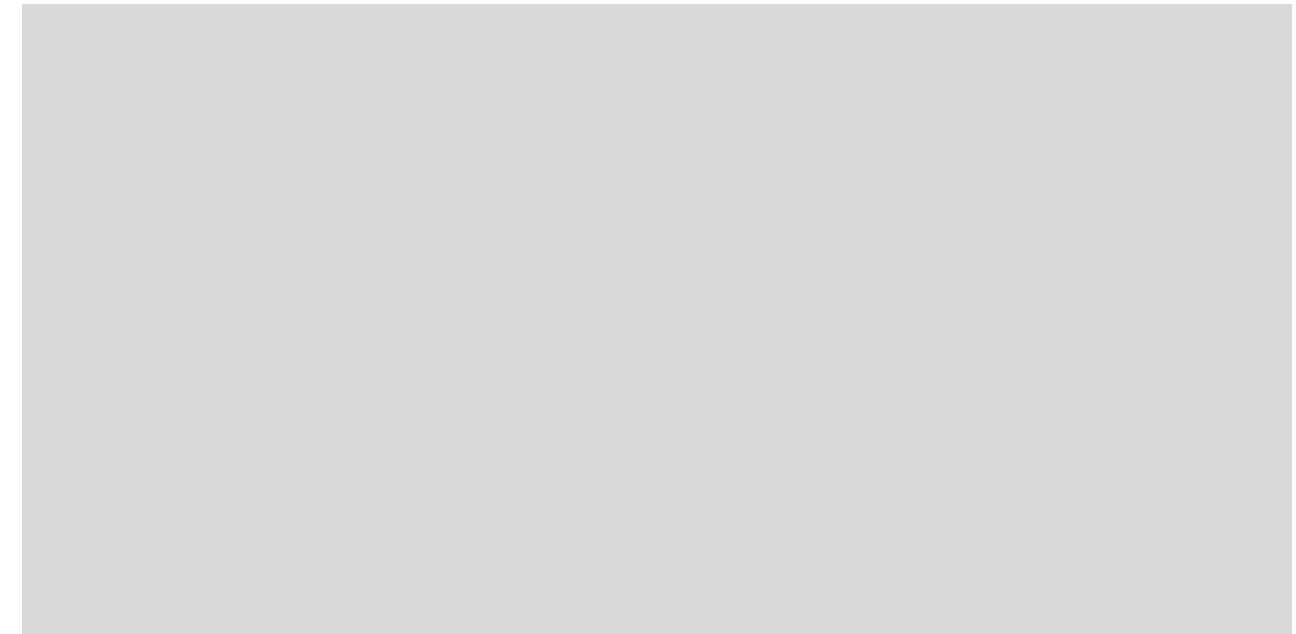
Porcentaje de productos  
que no cumplen con los  
estándares de calidad.

No incrementar el consumo  
de materia prima por lote ni  
el tiempo de ejecución

Frecuencia y efectividad de  
la capacitación para mejorar  
habilidades y reducir  
errores.

Cumplir el plan de  
producción diario y mensual

Liberar producto a tiempo  
para exportar



Fuente: Autor, 2025.

#### **4.1.4.1 Nivel I:**

Este nivel establece una alta meta estratégica, que centra el proyecto en aumentar el rendimiento del proceso de manufactura a al menos un 72%. Este objetivo representa una visión global y abarca una perspectiva amplia del proceso, lo cual es crucial para las iniciativas de mejora, ya que impacta, significativamente, en la eficiencia y rentabilidad del proceso.

#### **4.1.4.2 Nivel II:**

- 1. Reducir defectos en los productos acabados:** Esta meta se centra en minimizar los defectos que incrementan costos y afectan la satisfacción del cliente. Los defectos representan una amenaza directa a la calidad del producto y tenidos en cuenta en la estrategia de mejora.
- 2. Cumplimiento de producción:** Garantizar que el proceso productivo cumpla con las expectativas y estándares deseados, además optimice recursos y reduzca desperdicios.

#### **4.1.4.3 Nivel III:**

1. **Porcentaje de productos que no cumplen con los estándares de calidad:** Esta métrica evalúa la tasa de rechazo de productos debido a incumplimientos de calidad, lo que proporciona datos precisos sobre el éxito del programa de mejora.
2. **No incrementar el consumo de materia prima por lote ni el tiempo de ejecución:** Al evitar incrementos en el consumo y el tiempo de ejecución, se garantizan prácticas sostenibles y rentables, logrando una producción eficaz que no comprometa la calidad ni incurra en costos adicionales innecesarios.
3. **Frecuencia y efectividad de la capacitación:** Mide la capacidad organizacional para implementar mejoras en habilidades y reducir errores, enfatiza la importancia de la formación continua para mejorar la calidad.
4. **Cumplir el plan de producción diario y mensual:** Evalúa la eficiencia temporal del proceso, lo que asegura que la producción sea puntual y los tiempos proyectados sean respetados.
5. **Liberar producto a tiempo para exportar:** Este objetivo es crucial para mantener la competitividad en el mercado global y garantizar la satisfacción del cliente. Al cumplir con los plazos de exportación, se refuerza la capacidad de la empresa para responder a la demanda.

A partir de estas características críticas en el CTQ, se elaboró un análisis FODA que permite evaluar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del proyecto en su totalidad.

#### **4.1.5 Matriz de análisis FODA**

El análisis FODA se utiliza en el proyecto para identificar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas relacionadas con este. Este análisis favorece para formular estrategias eficaces al capitalizar las fortalezas y oportunidades. Al mismo tiempo, trata las debilidades y mitiga las amenazas, además facilita el logro de los objetivos del proyecto.

Figura 4.5: Matriz de Análisis FODA

| <b>Análisis FODA</b>                                                               |                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>FORTALEZAS</b>                                                                  | <b>OPORTUNIDADES</b>                                                 |
| Estabilidad Financiera<br>Especialización en Productos Médicos<br>Marca Reconocida | Mejora de Procesos<br>Impacto Positivo en Imagen<br>Ahorrar Pérdidas |
| <b>DEBILIDADES</b>                                                                 | <b>AMENZADAS</b>                                                     |
| Dificultades en el Rendimiento<br>Pérdida Económica<br>Retrabajos Necesarios       | Reputación<br>Competencia<br>Quejas por perdidas de conexión         |

Fuente: Autor, 2025.

#### 4.1.5.1 Fortalezas:

- Estabilidad Financiera: Cuenta con estabilidad financiera gracias a su diversificación en varios sectores, lo que le permite adaptarse a cambios en los procesos sin comprometer su solidez económica.
- Especialización en Productos Médicos: Posee especialización en productos médicos, lo que le otorga experiencia en fabricar dispositivos de alta calidad, que les permita realizar cambios sin afectar su credibilidad en el mercado.
- Eficiencia operativa: Procesos optimizados que permiten cambios de proceso más rápidos y efectivos.

#### 4.1.5.2 Oportunidades:

- Mejora de procesos: Existe la posibilidad de mejorar el rendimiento del proceso de producción en la línea Omniwires, al reducir el número de cables guías no conformes y mejorar la eficiencia y calidad.

- Impacto positivo en imagen: El aumento en la calidad y el rendimiento de la línea proyecta una imagen mejorada de GUÍAMED CR, con esto fortalece su reputación en el mercado médico y, potencialmente, aumenta la demanda.
- Ahorrar pérdidas: Reducir los cables defectuosos y mejorar los procesos puede significar una disminución significativa en pérdidas económicas, lo que puede repercutir, positivamente, en los resultados financieros.

#### **4.1.5.3 Debilidades:**

- Dificultades en el Rendimiento: El rendimiento actual de la línea Omniwires está por debajo de la meta establecida del 72%, lo que conduce a la producción de un alto porcentaje de cables no conformes.
- Pérdida económica: La actual tasa de cables defectuosos provoca significativas pérdidas económicas, estimadas en ₡4 355 969 132,25 en seis meses, lo que afecta, directamente, los resultados de la empresa.
- Retrabajos necesarios: La producción de cables no conformes genera la necesidad de retrabajos, lo cual incrementa costos y reduce la eficiencia.

#### **4.1.5.4 Amenazas:**

- Reputación: La calidad inconsistente afecta la reputación de GUÍAMED CR, lo que podría dañar la confianza de clientes e impactar, negativamente, en la cuota de mercado.
- Competencia: La competencia en el sector de dispositivos médicos puede aprovechar la debilidad de GUÍAMED CR para aumentar su participación en el mercado.

- Quejas por pérdidas de conexión: Los dispositivos médicos están sujetos a estrictos estándares de calidad, y los fallos en la producción podrían originar problemas de conformidad.

Con el objetivo de profundizar en el análisis de los procesos involucrados en el proyecto, procede a desarrollar un diagrama SIPOC.

#### **4.1.6 SIPOC**

Este enfoque permite visualizar de manera estructurada los componentes principales del proceso, comenzando con la identificación de los proveedores y las entradas que impactan el proceso central. A continuación, describe, detalladamente, el proceso, así se destaca las salidas claves que se alinean con las necesidades de los clientes.

El SIPOC proporciona un marco útil para optimizar cada etapa del proceso, mejorar las interacciones y coordinar los esfuerzos de mejora y asegura, así el éxito estratégico del proyecto.

Figura 4.6: SIPOC

| SIPOC                                                                                          |                                                                                                                          |                                                                                                                                               |                                                                             |                                                                                                                                                   |                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>S</b> Suppliers (Proveedores)<br>Incluya todos los proveedores para cada uno de los insumos | <b>I</b> Inputs (Insumos)<br>Incluya todos los insumos, requerimientos e indicadores, si la información está disponible. | <b>P</b> Process (Proceso)<br>Utilice el espacio de abajo para describir el proceso en un máximo de 4-7 pasos.                                | <b>O</b> Outputs (Entregables)<br>Incluya todos los entregables del proceso | <b>C</b> Customers (Clientes)<br>Incluya todos los clientes, tanto internos como externos que reciben el producto o servicio que ustedes entregan | <b>R</b> Requirements (Requerimientos)<br>Incluya los requerimientos de los clientes |
| Departamento de compras                                                                        | Compra de materiales para el ensamble                                                                                    | 1. Departamento de Planeación revisa necesidades y coordina con Departamento de Compras para adquirir insumos necesarios.                     | Cables guías del área de Omniwires                                          | Centros de distribución                                                                                                                           | Cumple con requisitos técnicos y estándares de calidad.                              |
| Departamento de planeación                                                                     | Creación de órdenes                                                                                                      | 2. Recepción y Almacenamiento: Bodega recibe materiales, verifica calidad y cantidad, y almacena adecuadamente.                               |                                                                             |                                                                                                                                                   | Documentos técnicos y especificaciones completados.                                  |
| Bodega                                                                                         | Material para la creación del proceso                                                                                    | 3. Preparación y Ensamblaje: Corte y conexión de cables según especificaciones técnicas.                                                      |                                                                             |                                                                                                                                                   |                                                                                      |
| Departamento de documentación                                                                  | Documentación para la creación del ensamble                                                                              | 4. Inspección y Pruebas: Se realizan inspección y pruebas del producto para asegurar la calidad del cable guía.                               |                                                                             |                                                                                                                                                   |                                                                                      |
|                                                                                                |                                                                                                                          | 5. Empaque y Documentación: Departamento de Documentación asegura que todos los productos cuenten con manuales y especificaciones requeridas. |                                                                             |                                                                                                                                                   |                                                                                      |
|                                                                                                |                                                                                                                          | 6. Entrega y Distribución: Productos empaquetados y etiquetados para distribución.                                                            |                                                                             |                                                                                                                                                   |                                                                                      |

Fuente: Autor, 2025.

#### 4.1.6.1 Suppliers (Proveedores):

- Departamento de Compras: Responsable de adquirir los materiales necesarios para el cable guía, garantizando que se cumpla con los requisitos de cantidad y especificaciones.
- Departamento de Planeación: Encargado de la coordinación de la ordenación de insumos, asegurando que se cumplan los plazos de disponibilidad de los materiales requeridos.
- Bodega: Funciona como unidad receptora y verificadora de calidad y cantidad de los materiales recibidos.

- Departamento de Documentación: Proporciona los documentos necesarios para la creación del ensamblaje, garantizando que se cumpla con las especificaciones técnicas.

#### **4.1.6.2 Inputs (Insumos):**

- Los insumos clave incluyen materiales de ensamble, creación de órdenes y documentación técnica crítica para el proceso de manufactura.

#### **4.1.6.3 Process (Proceso):**

- Revisión y Coordinación: Planeación revisa necesidades y coordina con compras para adquirir insumos necesarios.
- Recepción y Verificación: Bodega recibe materiales, verifica calidad y cantidad, y almacena, adecuadamente.
- Preparación y Ensamblaje: Incluye el corte y conexión de cables, según especificaciones técnicas.
- Inspección y Pruebas: Realización de pruebas para asegurar la calidad del producto.
- Empaque y Documentación: Incluye la verificación documental que los productos cumplan con requerimientos técnicos.
- Distribución: Entrega de productos empacados y etiquetados para el consumidor final.

#### **4.1.6.4 Outputs (Entregables):**

- Los entregables del proceso consisten en cables guía del área de Omniwires, preparados para satisfacer las necesidades del cliente.

#### **4.1.6.5 Customers (Clientes):**

- Los principales clientes incluyen centros de distribución que dependen del cumplimiento en calidad y especificación técnica.

#### **4.1.6.6 Requirements (Requerimientos):**

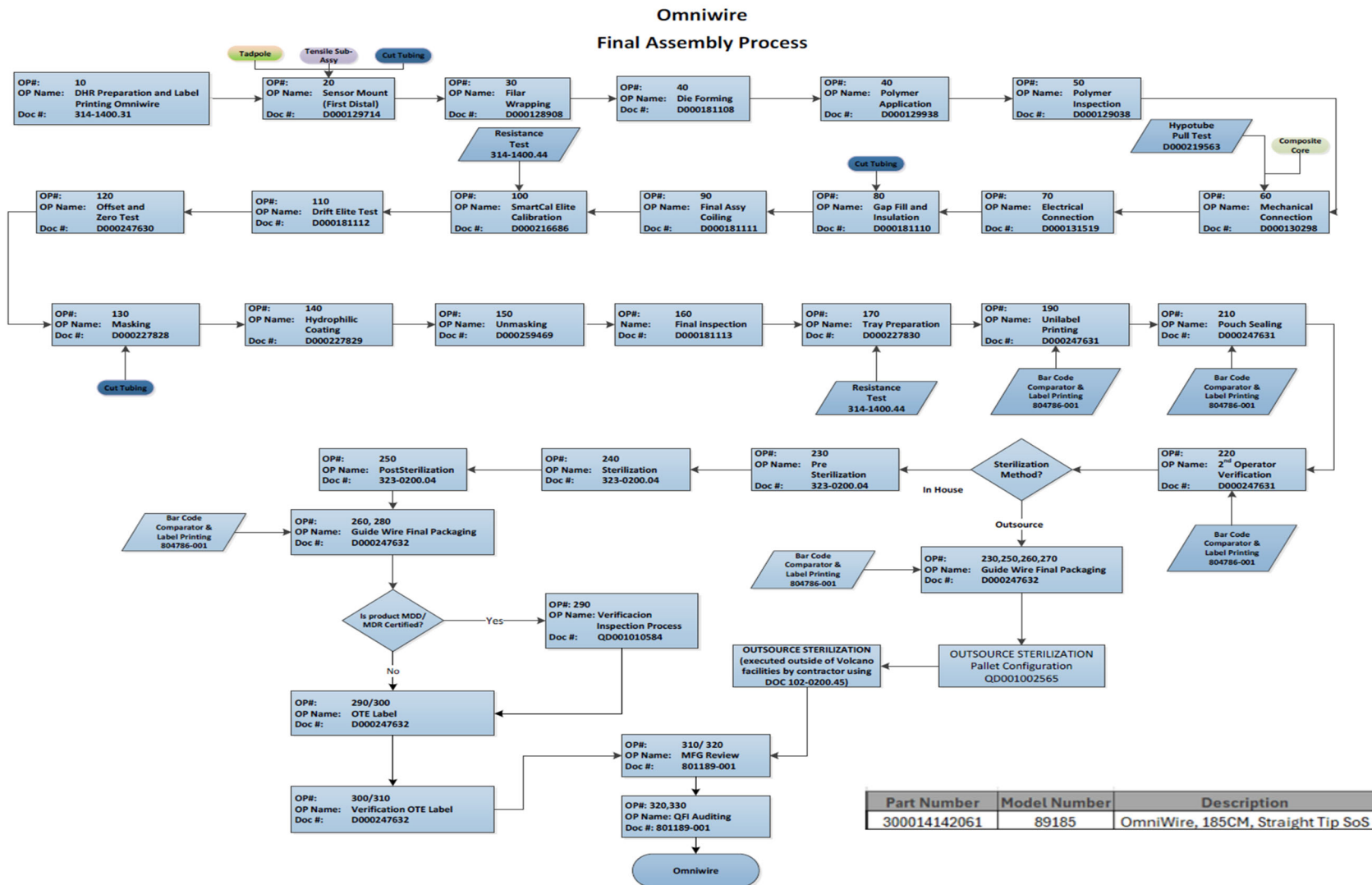
- Requisitos técnicos y calidad: Productos deben cumplir con estándares definidos.
- Documentación completa: Asegura que los documentos técnicos estén completos y sean precisos.

Con el propósito de detallar las actividades específicas en la línea de producción en la cual se trabajará, procede con un diagrama de flujo de proceso de la línea de Omniwires.

#### **4.1.7 Diagrama de flujo**

El diagrama de flujo permite observar el proceso necesario para llevar a cabo el ensamblaje del cable guía. En este proceso, refleja, detalladamente, operación por operación y se proporciona una guía clara de cómo se debe realizar el proceso de ejecución del cable guía con los estándares de calidad necesarios.

Figura 4.7: Diagrama de flujo



Fuente: GUÍAMED , 2025.

Mediante esta representación gráfica, facilita la comprensión integral del flujo de ensamblaje de la línea de Omniwires, teniendo en cuenta que cada etapa del ensamblaje cumpla con las especificaciones técnicas y los criterios de calidad establecidos.

Además, el diagrama actúa como herramienta de referencia para identificar áreas de mejora y optimización dentro del proceso, además contribuye con la eficiencia operativa y a la satisfacción del cliente.

## **4.2 MEDIR**

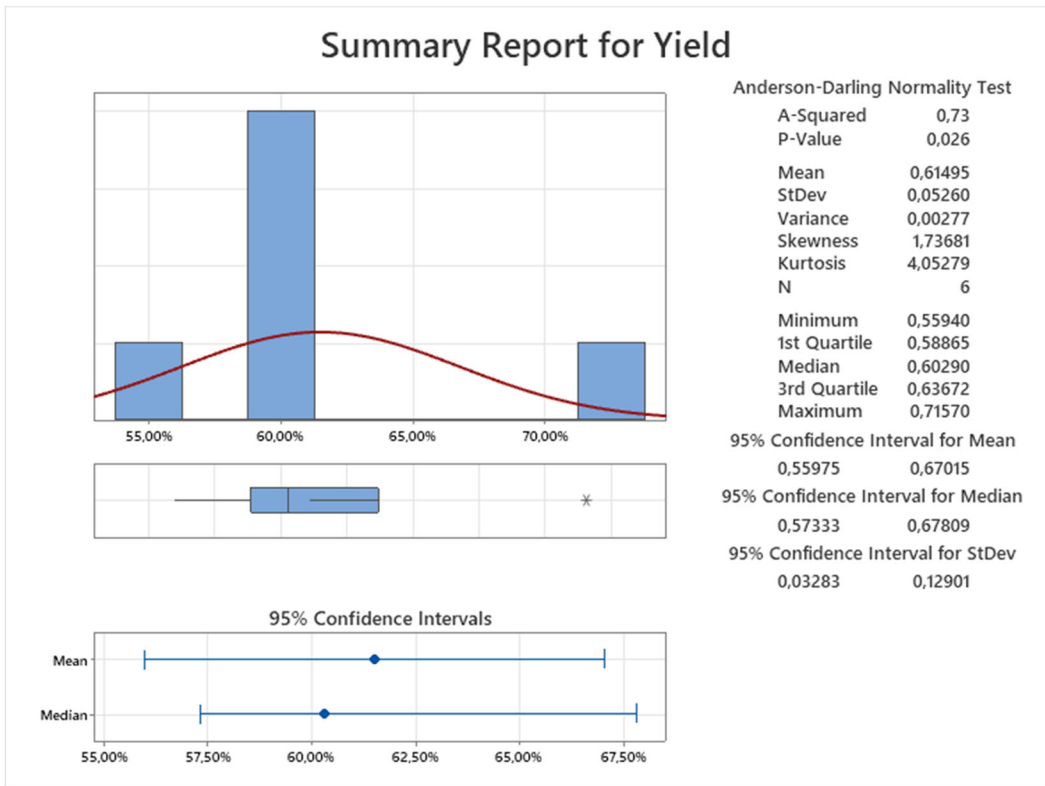
Basándose en los datos analizados en el gráfico de tendencia de rendimiento de la línea de la figura 4.1, el informe destaca la importancia de entender los patrones y variabilidad presentes, lo cual es crucial para interpretar las dinámicas del proceso y dirigir los esfuerzos hacia la optimización de este.

Seguidamente, se elabora un informe de resumen estadístico utilizando diferentes parámetros estadísticos para evaluar tanto la media como la dispersión y la forma de la distribución del rendimiento de la línea. Esta evaluación es esencial para una comprensión clara de cómo se comporta el rendimiento de la línea y para identificar áreas de mejora.

La media proporciona un valor central que resume el rendimiento de la línea promedio, mientras que los indicadores de dispersión, como la desviación estándar y la varianza, revelan la magnitud de las fluctuaciones en torno a la media. Además, la forma de la distribución, analizada, a través del sesgo y la curtosis, ofrece información sobre la simetría y la concentración de los datos, lo que permite identificar irregularidades y valores extremos que pueden influir en el proceso.

Este enfoque analítico basado en datos estadísticos posibilita una evaluación detallada, guiando la formulación de intervenciones estratégicas para mejorar el rendimiento de la línea y la calidad del proceso productivo. Al comprender la tendencia del rendimiento de la línea, se optimizan las decisiones operativas y se asegura de que se traten, eficazmente, las áreas críticas que impactan la eficiencia y estabilidad del proceso.

Figura 4.8: Gráfico rendimiento de la línea mensual



Fuente: Autor, 2025.

En el gráfico anterior se puede observar la disminución de rendimiento de la línea en comparación de la meta establecida en los últimos seis meses del año 2024, lo cual se interpreta de la siguiente manera:

#### 4.2.1 Análisis descriptivo:

**4.2.1.1 Media del rendimiento:** La media se sitúa en 61.495%, indicando el rendimiento de la línea promedio del proceso durante el periodo analizado. Sin embargo, hay variabilidad que podría estar impidiendo el alcance del estándar requerido.

**4.2.1.2 Desviación estándar y varianza:** Con una desviación estándar de 5.26% y una varianza de 0.00277, el informe revela una medida de la dispersión alrededor

de la media y sugiere un nivel considerable de variabilidad en el rendimiento de la línea.

**4.2.1.3 Sesgo y Curtosis:** El sesgo de 1.73681 indica que la distribución está inclinada hacia valores inferiores, mientras que la curtosis de 0.05279 muestra que la distribución presenta una forma más achatada en comparación con una distribución normal.

**4.2.1.4 Prueba de Normalidad (Anderson-Darling Normality Test):** El valor de A-Squared es 0.73, mientras el p-valor es 0.026, lo que sugiere que los datos probablemente provienen de una distribución no normal con un nivel de significancia del 5%. Este resultado puede afectarse a inferencias que dependen de suposiciones sobre la normalidad.

#### **4.2.1.5 Intervalos de confianza:**

- La media posee un intervalo de confianza del 95% comprendido entre 55.975% y 67.015%, representa un nivel de certeza, respecto de dónde se sitúa el rendimiento de la línea promedio.
- La mediana muestra un IC entre 57.333% y 67.809%, indica que el punto medio del rendimiento de la línea tiene más variabilidad que la media.
- Asimismo, la desviación estándar tiene un IC que va de 3.283% a 12.901%, reflejado variabilidad en la dispersión de los resultados.

**4.2.1.6 Histograma y curva de Normalidad:** El histograma permite visualizar la distribución de frecuencias de los datos, con una curva superpuesta que sugiere que los valores se concentran, principalmente alrededor de la barra en 60%, pero también hay extremos que necesitan atención.

**4.2.1.7 Boxplot:** Representa los valores de los cuartiles y destaca posibles valores atípicos, esenciales para identificar desviaciones sustanciales que afectan el análisis.

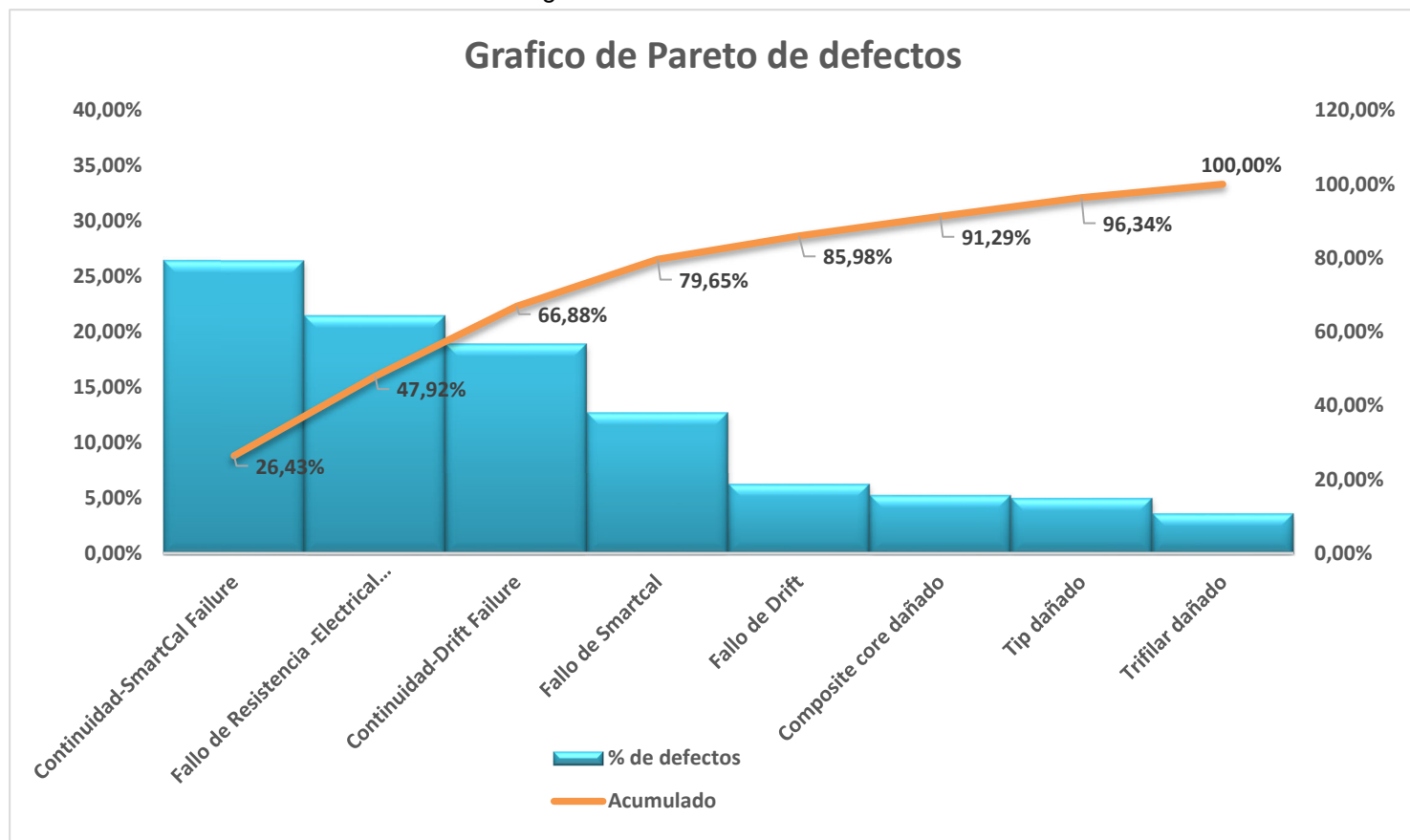
#### **4.2.2 Gráfico de tendencia de defectos**

Al evaluar las tendencias de defectos, busca identificar patrones y causas subyacentes que impactan la calidad del producto, lo que proporciona información valiosa para la implementación de mejoras.

El gráfico de Pareto de defectos, cuya información se obtiene de la base de datos de MES, muestra la distribución y acumulación de diferentes tipos de defectos en el proceso de Omniwires, lo que permite optimizar los esfuerzos destinados a la mejora de calidad al enfocarse en los defectos con mayor impacto.

La reducción de estos defectos predominantes debería ser la prioridad, pues así se mejora, significativamente, en el proceso evaluado.

Figura 4.9: Gráfico de Pareto de defectos



Fuente: Autor, 2025.

#### 4.2.2.1 Identificación de defectos principales:

- Continuidad-SmartCal Failure:** Representando el 26.43% del total de defectos, este tipo se ubica como el más frecuente. Su prevalencia sugiere que una intervención eficaz para reducir estos defectos podría disminuir, considerablemente, el número total de defectos en el proceso.

- **Fallo de resistencia:** Con un 21.49%, este defecto también contribuye de manera significativa al porcentaje acumulado de defectos, sumando, junto con el anterior, el 47.92% de los defectos. Esta alta incidencia requiere atención prioritaria y recursos para alcanzar mejoras en el proceso.
- **Continuidad-Drift Failure:** En tercer lugar, con un 18.95%, este defecto sigue en importancia y acumula hasta un 66.88% junto con los dos anteriores. Esto resalta la necesidad de llevarlo con estrategias efectivas para lograr una reducción significativa del impacto.
- Al incluir **Fallo de Smartcal** (12.77%), el total acumulado llega al 79.65% con solo cuatro tipos de defectos.

Según lo que se observa en el gráfico, con los primeros cuatro tipos de defectos identificados, que representan el mayor porcentaje de rechazos, con un impacto acumulado del 79.65% en el rendimiento de la línea de ensamble de Omniwires.

Este hallazgo, revelado, a través del análisis de Pareto, sugiere la necesidad de realizar una correlación entre el código de defecto y la operación donde se generan los defectos en la línea de Omniwires para identificar las operaciones relacionadas con cada uno de los defectos.

Se puede observar las operaciones relacionadas con los defectos seleccionados por medir:

#### **4.2.2.2 Operaciones:**

##### **1. Smartcal Élite Calibration (Calibración Smartcal Elite):**

- Código de defecto: Fallo de resistencia.
- Función: Asegura que los omniwires estén, correctamente, conectados al sistema eléctrico, garantiza que la señal y la corriente fluyan de manera óptima y sin interrupciones.  
Esta operación es crucial para el funcionamiento adecuado de cualquier dispositivo que utilice omniwires, ya que las conexiones eléctricas deficientes pueden llevar a fallas en el sistema y en la recopilación o transmisión de datos.
- Importancia: Es vital mantener la integridad de las conexiones para evitar resistencias innecesarias, pérdida de señal, o malfuncionamientos que podrían comprometer la seguridad y eficacia del dispositivo.

##### **2. Smartcal Élite Calibration (Calibración Smartcal Elite):**

- Código de defecto: Continuidad-SmartCal Failure y Fallo de Smartcal.
- Función: Involucra la calibración de los omniwires para asegurar que presten datos precisos y confiables. Este proceso ajusta los parámetros del sistema para conservar la exactitud en la detección de señales o mediciones, según las condiciones específicas del entorno de operación.
- Importancia: La calibración precisa es fundamental para garantizar que los sensores dentro de los omniwires detecten y respondan de manera correcta a los estímulos externos, lo que es esencial para obtener resultados consistentes en aplicaciones críticas.

### **3. Drift Élite Test (Prueba de Deriva Elite):**

- Código de defecto: Continuidad-Drift Failure.
- Función: Evalúa la estabilidad y consistencia de los Omniwires en el tiempo, comprobando cualquier variación o desviación en las lecturas o el rendimiento de la línea que pueda ocurrir debido a factores ambientales o desgaste del equipo.

Esta prueba favorece para identificar si las lecturas permanecen precisas o si se desvían al usar el dispositivo.

- Importancia: La identificación temprana de derivas potenciales permite ajustes preventivos, minimiza errores y asegura que los Omniwires mantengan su fiabilidad y precisión en su operación continua.

Estas operaciones son esenciales para mantener la funcionalidad, seguridad y precisión de los Omniwires, y asegurar que se cumplan con los requisitos de sus aplicaciones específicas.

Tras el análisis de defectos mediante herramientas como el gráfico de Pareto y la identificación de las operaciones en la línea de ensamble de Omniwires que contribuyen, significativamente, a los problemas de rendimiento de la línea.

Con este conocimiento, se planea una caminata Gemba enfocada, diseñada para observar estas operaciones críticas en su entorno de trabajo real.

#### **4.2.3 Caminata Gemba**

La caminata Gemba se emplea como una herramienta de observación directa para examinar el trabajo en el lugar donde se lleva a cabo, esto proporciona valiosas

percepciones, respecto de las operaciones específicas dentro del proceso de producción. Esta práctica es especialmente eficaz en entornos de manufactura, como la línea de ensamble de Omniwire, donde es crucial identificar oportunidades de mejora en eficiencia, calidad y rendimiento de la línea.

Para recolectar la información de la caminata Gemba se utilizará metodología para obtener información, con el propósito de reunir datos específicos que podrían ser factores que contribuyan con los defectos en el proceso del ensamble.

#### **4.2.3.1 Metodología de recolección de información:**

- 1. Observación directa:** Durante la caminata, observa cómo se llevan a cabo las operaciones. Presta especial atención a las interacciones entre los operarios, el uso del equipo, y el flujo de materiales. Examina si los procedimientos y prácticas son seguidos como se documentan.
- 2. Interacción con empleados:** Dialoga con los trabajadores en la línea para recopilar sus comentarios sobre el proceso. Pregunta, acerca de los desafíos que enfrentan, y busca entender las causas subyacentes que podrían contribuir a los problemas identificados.
- 3. Documentación de observaciones:** Registra todas las observaciones importantes, desde el acceso a herramientas hasta la ergonomía y las condiciones de trabajo. Esos detalles proporcionan evidencia concreta de las áreas que necesitan intervención.

Al observar el trabajo en su lugar real, se obtienen datos concretos y pertinentes que favorecen para identificar las causas subyacentes de los problemas en el proceso de ensamblaje. Este enfoque de observación directa permite comprender mejor las

dinámicas operativas, revelar discrepancias entre los procedimientos establecidos y las prácticas ejecutadas, y evaluar las condiciones y factores que podrían contribuir con los defectos. Basado en la Caminata Gemba se realiza un análisis estadístico de las operaciones afectadas.

## **4.3 ANALIZAR**

En esta fase, lleva a cabo el análisis de la información que se obtiene en la fase de medir, para determinar la causa raíz de la problemática planteada en el capítulo 1. Utiliza herramientas ingenieriles para proporcionar evidencia detallada y comprender la causa raíz que impacta el rendimiento de la línea. Obtener los datos necesarios resulta fundamental para establecer una base que permita realizar un análisis exhaustivo de la situación actual del proceso de ensamblaje.

### **4.3.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

En esta investigación, se inicia la fase de análisis con el objetivo de identificar posibles causas que podrían estar afectando el rendimiento de la línea por medio de los códigos mencionados en la fase de medición. En este contexto, se determina llevar a cabo el cálculo de la desviación estándar por mes correspondiente a los tres turnos de trabajo. Este enfoque se adopta con el fin de obtener una medida estadística que permita evaluar la variabilidad o dispersión de los resultados obtenidos en cada turno de trabajo. Al calcular la desviación estándar mensual, se pretende descubrir patrones sistemáticos o anomalías que puedan influir, negativamente, en el rendimiento de la línea del proceso, según lo reflejado por los códigos medidos. De este modo, el análisis estadístico proporcionará una visión más clara y comprensiva sobre los factores que, posiblemente, contribuyan con la variabilidad en el rendimiento de la línea. Dicho análisis es fundamental para formular estrategias de optimización y mejora continua, lo que facilita la toma de decisiones fundamentadas y efectivas.

#### 4.3.1.1 Análisis estadístico por mes

Este análisis permite comparar la eficiencia operativa de cada mes, con base en dos variables: Producción por turno y defectos por turno.

Figura 4.10: Análisis estadístico por Mes

##### Statistics

| Variable             | Mes        | N      | N* | Mean    | SE Mean | StDev | Minimum | Q1     | Median |
|----------------------|------------|--------|----|---------|---------|-------|---------|--------|--------|
| Produccion por turno | Agosto     | 3      | 0  | 3578    | 191     | 331   | 3384    | 3384   | 3390   |
|                      | Diciembre  | 3      | 0  | 3051    | 161     | 280   | 2880    | 2880   | 2900   |
|                      | Julio      | 3      | 0  | 3027    | 163     | 282   | 2864    | 2864   | 2865   |
|                      | Noviembre  | 3      | 0  | 3001    | 159     | 275   | 2839    | 2839   | 2845   |
|                      | Octubre    | 3      | 0  | 2797    | 148     | 256   | 2643    | 2643   | 2655   |
|                      | Septiembre | 3      | 0  | 2992    | 160     | 276   | 2822    | 2822   | 2843   |
| Scrap por turno      | Agosto     | 3      | 0  | 1421.7  | 76.2    | 132.0 | 1340.0  | 1340.0 | 1351.0 |
|                      | Diciembre  | 3      | 0  | 1948    | 103     | 179   | 1839    | 1839   | 1850   |
|                      | Julio      | 3      | 0  | 1972    | 106     | 184   | 1864    | 1864   | 1868   |
|                      | Noviembre  | 3      | 0  | 1998    | 106     | 183   | 1889    | 1889   | 1895   |
|                      | Octubre    | 3      | 0  | 2203    | 119     | 206   | 2050    | 2050   | 2122   |
|                      | Septiembre | 3      | 0  | 2008    | 107     | 185   | 1899    | 1899   | 1903   |
| Variable             | Mes        | Q3     |    | Maximum |         |       |         |        |        |
| Produccion por turno | Agosto     | 3961   |    | 3961    |         |       |         |        |        |
|                      | Diciembre  | 3374   |    | 3374    |         |       |         |        |        |
|                      | Julio      | 3353   |    | 3353    |         |       |         |        |        |
|                      | Noviembre  | 3318   |    | 3318    |         |       |         |        |        |
|                      | Octubre    | 3093   |    | 3093    |         |       |         |        |        |
|                      | Septiembre | 3311   |    | 3311    |         |       |         |        |        |
| Scrap por turno      | Agosto     | 1574.0 |    | 1574.0  |         |       |         |        |        |
|                      | Diciembre  | 2154   |    | 2154    |         |       |         |        |        |
|                      | Julio      | 2185   |    | 2185    |         |       |         |        |        |
|                      | Noviembre  | 2209   |    | 2209    |         |       |         |        |        |
|                      | Octubre    | 2437   |    | 2437    |         |       |         |        |        |
|                      | Septiembre | 2221   |    | 2221    |         |       |         |        |        |

Fuente: Autor, 2025.

La desviación estándar toma en cuenta cada turno como un subgrupo para el

cálculo.

En el marco de este análisis, se destaca el comportamiento de la producción y los defectos por turno para diferentes meses, lo que proporciona una visión detallada sobre la eficiencia operativa contra los defectos.

En primer lugar, la producción por turno revela que agosto es el mes con el mayor promedio de producción, con una media de 3578 unidades por turno y un máximo de 3961 unidades. Estos indicadores señalan un alto rendimiento operativo durante este periodo. Diciembre y julio siguen en términos de rendimiento de la línea, con promedios de 3051 y 3027 unidades, respectivamente.

Desde otra arista, octubre y septiembre presentan los valores más bajos de producción media, con 2797 y 2992 unidades. Este análisis muestra que, aunque agosto destaca por su rendimiento de la línea, también muestra la mayor variabilidad, con un desvío estándar de 331, lo que sugiere fluctuaciones en la producción, que pueden ser objeto de atención para establecer un control eficaz.

En cuanto los defectos por turno, los datos muestran que agosto es el mes con el menor promedio de defectos, con una media de 1421.7 unidades. Además, su valor máximo de 1574 unidades es, considerablemente, inferior comparado con los otros meses, lo cual refleja una excelente eficiencia y control de calidad durante este periodo.

En contraste, octubre y septiembre presentan los valores más altos de defectos, con 2203 y 2008 unidades, e indican pérdidas significativas.

Los promedios de defectos en Julio, noviembre, diciembre y septiembre son relativamente similares, oscilando entre 1948 y 2008 unidades, lo que sugiere un comportamiento constante, pero, potencialmente, ineficiente en el control de defectos durante estos meses.

Este análisis destaca a agosto como un mes de alto rendimiento de la línea y eficiencia, tanto en producción como en gestión de defectos, mientras que otros meses como octubre y septiembre presentan desafíos en términos de eficiencia operativa y

control de calidad. Estos hallazgos posibilitan la identificación de áreas clave donde se requieren mejoras para optimizar los resultados y reducir las pérdidas en el proceso de producción.

#### **4.3.1.2 Análisis estadístico por turno**

El análisis estadístico por turno ofrece información valiosa sobre la eficiencia y la estabilidad del proceso en cada turno. Al examinar métricas como la media, la desviación estándar y los valores máximo/mínimo, se pueden detectar discrepancias en la capacidad de producción verso turno, identificar turnos donde la variabilidad es prominente, y evaluar el impacto de estas fluctuaciones en la calidad del producto y el control del desperdicio. Esto facilita discernir causales de inconsistencias y evaluar el rendimiento de la línea relativo de los diferentes turnos.

Figura 4.11: Análisis estadístico por turno

#### Statistics

| Variable             | Turno   | N       | N* | Mean   | SE Mean | StDev | Minimum | Q1     | Median | Q3     |
|----------------------|---------|---------|----|--------|---------|-------|---------|--------|--------|--------|
| Produccion por turno | Turno A | 6       | 0  | 3402   | 119     | 292   | 3093    | 3257   | 3336   | 3521   |
|                      | Turno B | 6       | 0  | 2913   | 102     | 249   | 2655    | 2780   | 2855   | 3023   |
|                      | Turno C | 6       | 0  | 2909   | 101     | 248   | 2643    | 2790   | 2854   | 3006   |
| Scrap por turno      | Turno A | 6       | 0  | 2130   | 119     | 290   | 1574    | 2009   | 2197   | 2275   |
|                      | Turno B | 6       | 0  | 1817.2 | 97.7    | 239.4 | 1351.0  | 1725.3 | 1876.5 | 1936.8 |
|                      | Turno C | 6       | 0  | 1828   | 106     | 259   | 1340    | 1714   | 1882   | 1958   |
| Variable             | Turno   | Maximum |    |        |         |       |         |        |        |        |
| Produccion por turno | Turno A | 3961    |    |        |         |       |         |        |        |        |
|                      | Turno B | 3390    |    |        |         |       |         |        |        |        |
|                      | Turno C | 3384    |    |        |         |       |         |        |        |        |
| Scrap por turno      | Turno A | 2437    |    |        |         |       |         |        |        |        |
|                      | Turno B | 2050.0  |    |        |         |       |         |        |        |        |
|                      | Turno C | 2122    |    |        |         |       |         |        |        |        |

Fuente: Autor, 2025.

La desviación estándar toma en cuenta cada subgrupo en el análisis separado por mes.

La tabla de estadísticas, complementada por los diagramas de caja (*boxplot*), brinda una representación clara de la distribución de datos para cada variable y turno.

Se lleva a cabo un análisis comparativo de la producción y defectos generado por cada turno, lo que permite una evaluación integral de la eficiencia operativa.

En términos de producción por turno, el Turno A destaca con la mayor producción promedio, alcanzando 3402 unidades, y registra el valor máximo más alto con 3961 unidades. No obstante, este turno también presenta la mayor variabilidad en su desempeño, con una desviación estándar de 292 unidades, lo que indica inconsistencias en su operación. Desde otro punto, los Turnos B y C muestran producciones promedio similares, cercanas a 2910 unidades, y una menor dispersión de valores, los que sugieren una mayor estabilidad operativa en comparación con el Turno A.

En cuanto los defectos por turno, el Turno A genera el mayor promedio de defectos, con 2130 unidades, lo que implica una pérdida significativa de producto.

En contraste, el Turno B y el Turno C registran promedios de defectos similares, de 1817 y 1828 unidades, respectivamente, y menores niveles de dispersión. Esto indica un control más eficaz del desperdicio en estos turnos.

El balance entre producción y defectos revela que, aunque el Turno A lidera en volumen de producción, su alto nivel de defectos reduce significativamente su eficiencia, medida en términos de rendimiento de la línea. En cambio, los Turnos B y C, pese a que producen menos en términos absolutos, optimizan mejor el uso del material al generar un menor desperdicio relativo.

Este análisis sugiere que el Turno A podría beneficiarse de estrategias que reduzcan la variabilidad y defectos, mejorando así su eficiencia global del proceso, mientras que los Turnos B y C podrían servir como modelos de prácticas operativas estables y eficientes. Estos hallazgos son cruciales para orientar decisiones estratégicas que busquen el mejoramiento continuo en la gestión operativa.

Tras la realización de un análisis estadístico por mes y turno, se procede a examinar detalladamente las operaciones en las cuales se están generando defectos. Este enfoque posibilita identificar los procesos específicos que contribuyen a la aparición de inconsistencias en la calidad del producto, Esto permite proponer estrategias de mejora orientadas a la reducción de defectos y optimización de la eficiencia operativa.

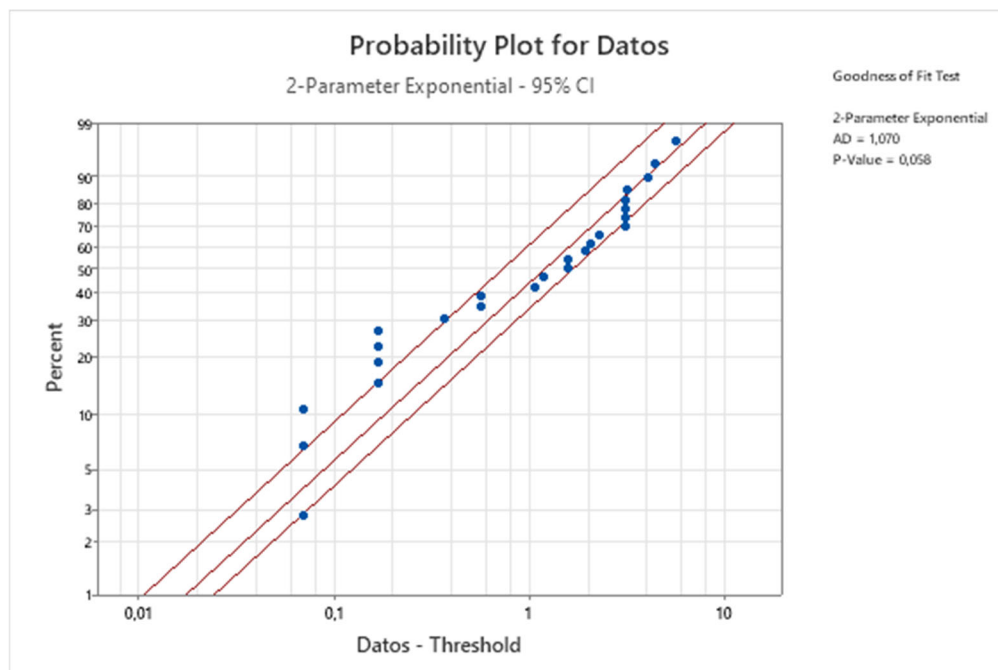
#### **4.3.1.3 Análisis estadístico de la operación de Smartcal**

Se identifica la distribución de la población de Smartcal como una distribución exponencial de dos parámetros. Este hallazgo es crucial para comprender la naturaleza estadística de los datos y proporcionar las bases para realizar cálculos precisos sobre la capacidad del proceso.

La identificación de la distribución de dos parámetros exponencial permite establecer un modelo analítico adecuado que refleja las características inherentes de la *data* compilada de Smartcal. Al utilizar este modelo, se puede evaluar con mayor precisión aspectos como la tasa de ocurrencia de eventos y la variabilidad asociada que pueden incidir en el rendimiento de la línea del proceso en cuestión.

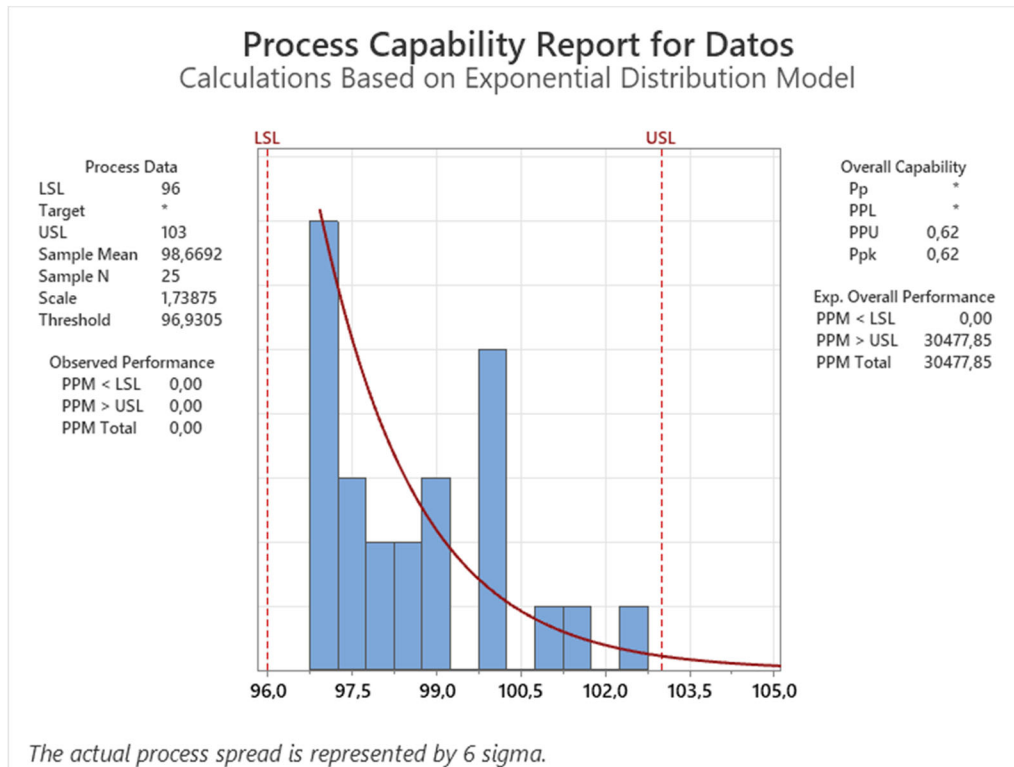
Bajo el enfoque de la distribución exponencial de dos parámetros, se realiza el análisis cuantitativo que contempla la estimación de métricas de capacidad tales, como: Cp, Cpk, entre otros indicadores estadísticos.

Figura 4.12: Ploteo de probabilidad de Smartcal



Fuente: Autor, 2025.

Figura 4.13: Proceso de capacidad de Smartcal



Fuente: Autor, 2025.

Se examina la capacidad del proceso, a través de la utilización de un modelo de distribución exponencial de dos parámetros, lo cual ofrece una comprensión clara del comportamiento de los datos recogidos.

El Ploteo de probabilidad proporciona una representación gráfica que muestra cómo los datos se ajustan a la distribución seleccionada y delínean, claramente, el intervalo de confianza del 95%, y confirman la adecuación del modelo a las características del conjunto de datos.

El gráfico de probabilidad indica que los datos siguen de manera razonablemente cercana la línea de ajuste de la distribución exponencial, lo que valida la elección del modelo para el análisis de capacidad del proceso. Este ajuste es fundamental para asegurar que las predicciones derivadas de este modelo sean precisas y confiables.

El reporte de capacidad del proceso basado en esta distribución muestra

indicadores clave de capacidad, como  $C_p$  y  $C_{pk}$ , los cuales son utilizados para evaluar el desempeño y potencial del proceso en mantener los resultados dentro de los límites especificados. En particular, la distribución exponencial se centra en analizar la varianza y el rendimiento del proceso cuando el foco está en el tiempo entre eventos.

Se observa en el histograma que los datos están sesgados hacia el límite inferior de especificación (LSL), lo que refleja una tendencia desfavorable para el cumplimiento de los objetivos del proceso.

Esto se corrobora con el valor de  $P_{pk}$  de 2,02 y un estimado de ppm fuera de las especificaciones superiores (USL) de 20487,85, indicando que una proporción significativa de datos supera los límites de rendimiento de la línea aceptable.

Este análisis revela áreas críticas donde el proceso puede estar incurriendo en variabilidad excesiva, lo cual afecta, negativamente, su rendimiento de la línea.

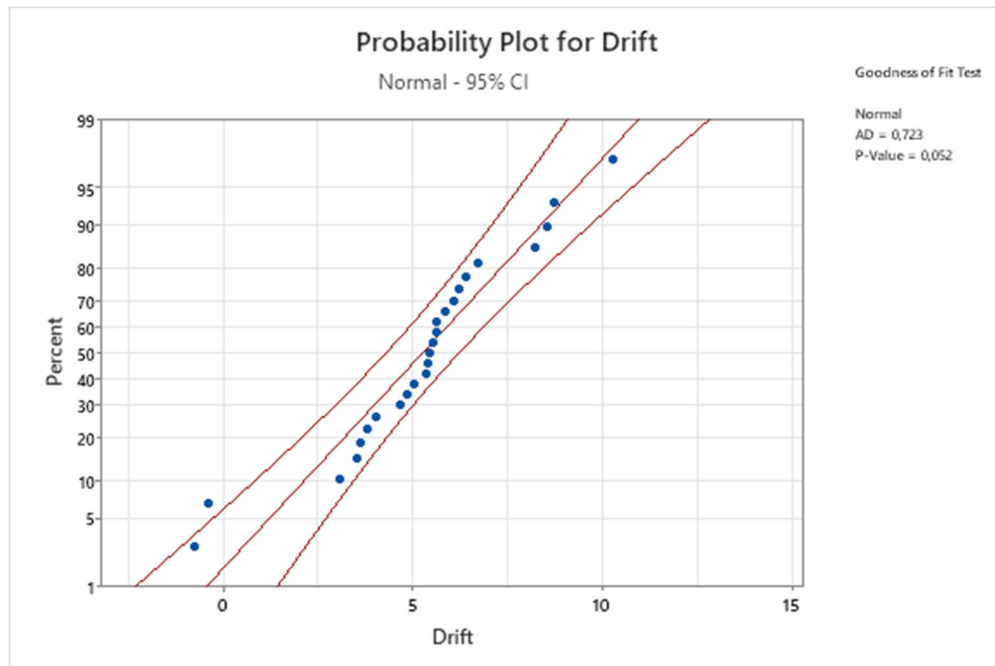
#### **4.3.1.4 Análisis estadístico de la operación de Drift**

Se identifica la distribución de la población de Drift como una distribución exponencial de dos parámetros. Este hallazgo es crucial para comprender la naturaleza estadística de los datos y proporcionar las bases para realizar cálculos precisos sobre la capacidad del proceso.

La identificación de la distribución de dos parámetros exponencial permite establecer un modelo analítico adecuado que refleja las características inherentes de la data recogida de Drift. Al utilizar este modelo, se puede evaluar con mayor precisión aspectos como la tasa de ocurrencia de eventos y la variabilidad asociada que pueden incidir en el rendimiento de la línea del proceso en cuestión.

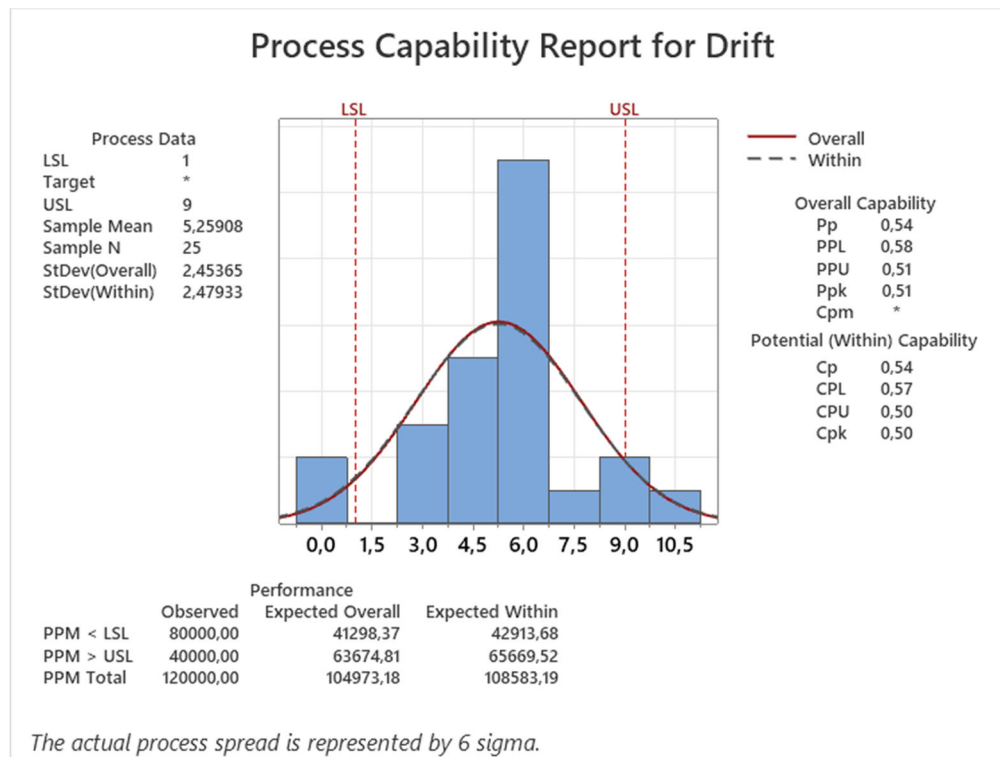
Bajo el enfoque de la distribución exponencial de dos parámetros, se realiza el análisis cuantitativo que contempla la estimación de métricas de capacidad tales, como:  $C_p$ ,  $C_{pk}$ , entre otros indicadores estadísticos.

Figura 4.14: Ploteo de probabilidad de Drift



Fuente: Autor, 2025.

Figura 4.15: Proceso de capacidad de Drift



Fuente: Autor, 2025.

En este análisis, se examina la capacidad del proceso relacionado con la variable Drift, mediante un modelo de distribución normal como base estadística.

El plot de probabilidad ofrece una representación visual que garantiza la bondad de ajuste de la distribución normal a los datos observados e indica que estos se ajustan, adecuadamente, al modelo propuesto, como lo refleja el test de bondad de ajuste con un p-valor de 0.052.

1. **Probability Plot para Drift:** El gráfico de probabilidad permite validar la hipótesis de normalidad de la distribución de Drift.

La alineación de los puntos a lo largo de la línea de ajuste dentro del intervalo de confianza del 95% confirma que la normalidad es una suposición válida para los datos, lo que justifica el uso del análisis subsecuente de capacidad del proceso bajo este marco

estadístico.

**2. *Process Capability Report para Drift*:** El informe de capacidad del proceso proporciona una evaluación cuantitativa del desempeño del proceso, al considerar métricas claves como Pp, Ppk, Cp, y Cpk.

Los valores de capacidad general ( $Pp = 0.54$ ,  $Ppk = 0.51$ ) y capacidad potencial ( $Cp = 0.54$ ,  $Cpk = 0.50$ ) indican que el proceso tiene margen para mejoras, al considerar su habilidad para cumplir, consistentemente, con límites específicos de desempeño (LSL y USL).

El histograma de datos con superposición de la curva normal muestra la distribución de Drift entre los límites de especificación, revelando la tendencia de los datos alrededor del promedio y su dispersión.

La estimación de ppm fuera de los límites de especificación presenta que hay una proporción significativa de datos fuera de los márgenes aceptables ( $40,000 \text{ ppm} < \text{LSL}$ ,  $120,000 \text{ ppm} > \text{USL}$ ), lo cual sugiere que el proceso se enfrenta a desafíos para mantener la variabilidad dentro de los estándares requeridos.

El análisis indica que, aunque el uso de la distribución normal es apropiado para este conjunto de datos, hay oportunidades sustanciales para optimizar el proceso de Drift.

La identificación de elementos que contribuyen a la variación, como mejorar la precisión en los ajustes de proceso y proponer controles más estrictos, serán esenciales para mejorar la capacidad del proceso, reduciendo así la variabilidad y elevando la consistencia hacia el cumplimiento con los estándares de calidad deseados.

Este estudio propone la transición desde un modelo de distribución exponencial de dos parámetros hacia una prueba de Medición y Validación (TMV) como parte de la estrategia para mejorar la precisión y la confiabilidad del sistema de medición. La elección de realizar un TMV surge de la necesidad de abordar las limitaciones del modelo estadístico, previamente, utilizado y de establecer una metodología más robusta que garantice la calidad del proceso de medición.

#### **4.3.1.5 Repetibilidad y reproducibilidad de las operaciones**

El TMV se plantea como una solución integral que involucra una evaluación exhaustiva de la repetibilidad y reproducibilidad del sistema de medición.

Esta prueba permite determinar la consistencia y confiabilidad del proceso de medición en diferentes condiciones, al considerar variaciones entre operadores, equipos de medición y tiempos de evaluación.

Al implementar el TMV, el estudio busca no solo validar el rendimiento del sistema de medición, sino también identificar fuentes de variabilidad para incrementar la precisión y adaptabilidad de los procesos operativos.

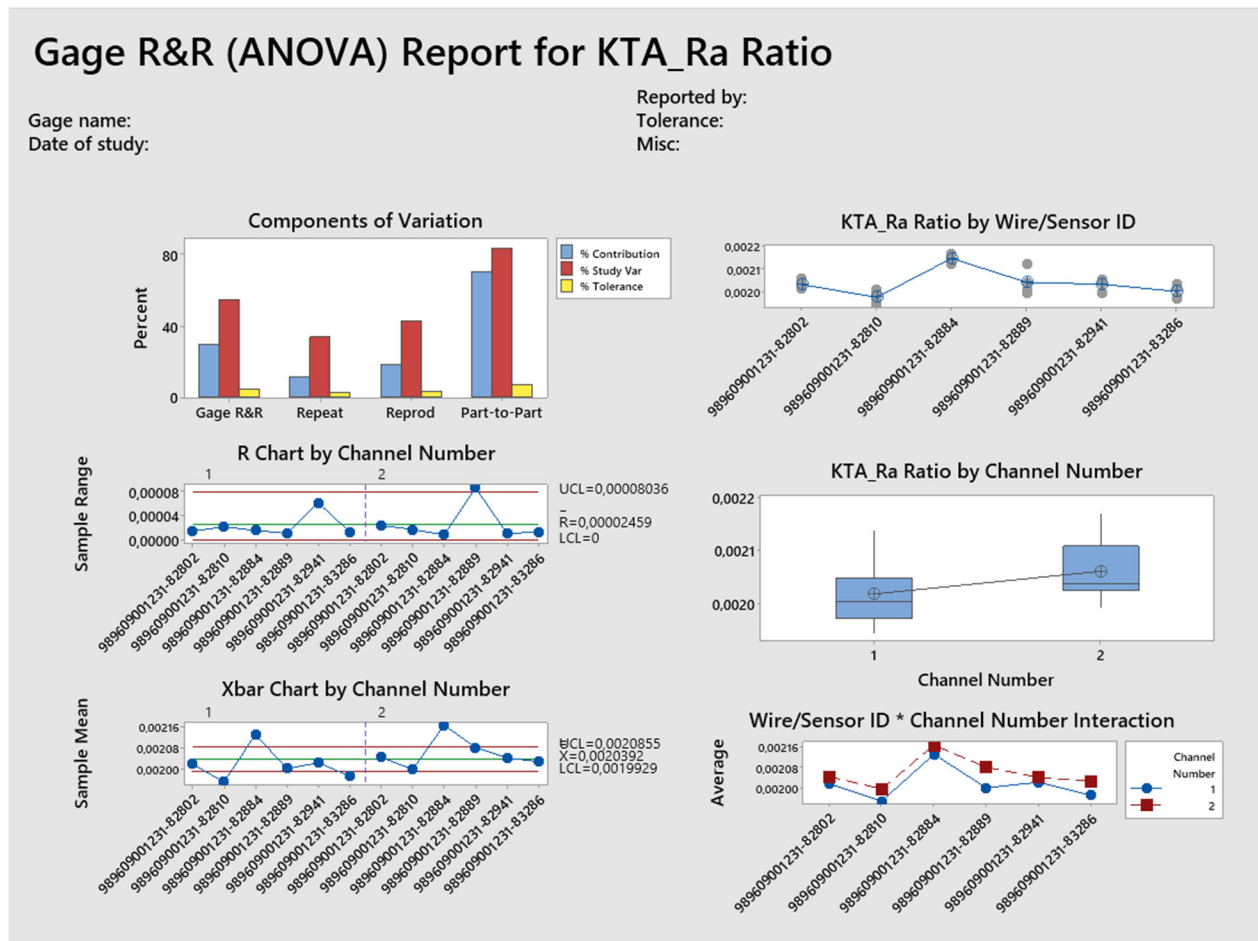
La transición hacia un TMV se espera que proporcione resultados más detallados y prácticos, respecto de las capacidades del sistema de medida, habilitando una mejor gestión de la calidad y la implementación de medidas correctivas basadas en datos concretos.

##### **4.3.1.5.1 TMV de la operación de Smartcal.**

Este estudio, se lleva a cabo un informe detallado del análisis de Gage R&R (Repetibilidad y Reproducibilidad) mediante el enfoque ANOVA para evaluar la variabilidad en la medición de la ratio KTA\_Ra.

El objetivo central de este análisis es determinar qué proporción de la variación total observada en los datos es atribuible al sistema de medición (gage) y cuál se debe a la variación entre las partes (part-to-part).

Figura 4.16: Anova del TMV de la operación de Smartcal



Fuente: GUÍAMED CR, 2025.

- **Componentes de Variación:** El gráfico correspondiente revela la contribución porcentual de diferentes fuentes de variación, incluyen Gage R&R, repetibilidad, reproducibilidad, y variación entre partes.

De acuerdo con los resultados, se observa que la variación entre partes es la

principal fuente de variabilidad, indicando que las diferencias entre las piezas contribuyen, significativamente, a la variabilidad total en la ratio KTA\_Ra. Esta conclusión sugiere que las características intrínsecas de las partes representan una considerable causa de variación.

- **KTA\_Ra Ratio por identificador de alambre/sensor:** Un gráfico de línea ilustra la ratio KTA\_Ra agrupado por identificadores de alambre/sensor, este desataca la distribución de las mediciones individuales y cómo estas varían entre diferentes sensores. La dispersión de los puntos favorece para entender la variabilidad de la ratio entre las diversas configuraciones de sensores.
- **Gráfico R por número de canal:** Este gráfico exhibe las variaciones en el rango de los datos segregados por número de canal. La tendencia presentada muestra que la variabilidad se encuentra bajo control, dado que los puntos permanecen dentro de los límites de control (LCL, UCL) y aseguran que no se detectan variaciones fuera de lo esperado.
- **Gráfico Xbar por número de canal:** Se demuestra la variabilidad de la media de las muestras por número de canal. La línea del gráfico indica que las medias están bajo control por lo que reiteran la estabilidad del proceso en términos estadísticos.
- **KTA\_Ra Ratio por número de canal:** Utilizando diagramas de caja, se proporciona una comparación visual de la ratio por número de canal, presentando tanto la mediana como la dispersión de las mediciones, lo cual es útil para realizar comparaciones entre diferentes canales.
- **Interacción entre Identificador de alambre/sensor y número de canal:** Este gráfico explora la interacción potencial entre el identificador de alambre/sensor y el número de canal, en busca de comprender si existe una interacción significativa que influya en la ratio KTA\_Ra.

El análisis Gage R&R revela que la variabilidad observada se debe, predominantemente, a diferencias entre las partes, lo cual sugiere que el sistema de medición sea adecuadamente, preciso y que la variabilidad del *gage* es pequeña en comparación.

Esto implica que las diferencias significativas en los datos se derivan, más probablemente, de la variación inherente entre las partes que de inconsistencias en el proceso de medición.

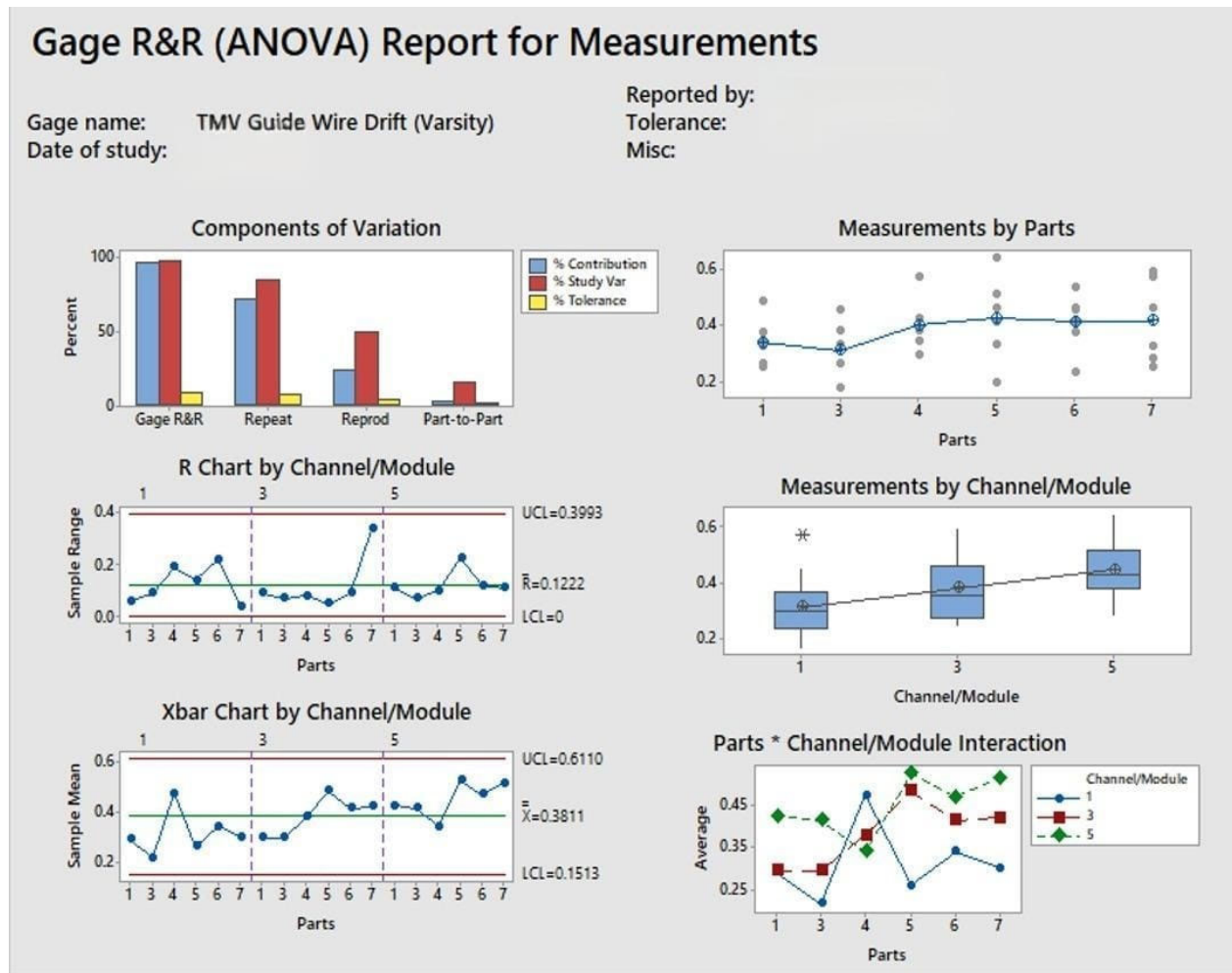
Estos hallazgos resultan vitales para focalizar esfuerzos de mejora en las características y procesos de manufactura de las partes en lugar del sistema de medición.

#### **4.3.1.5.2 TMV de la Operación de Drift**

El estudio Gage R&R (Repetibilidad y Reproducibilidad) presentado en la imagen tiene como objetivo evaluar la variabilidad en las mediciones del desplazamiento del alambre guía (TMV Guide Wire Drift) en un contexto específico de canales o módulos de medición.

Este análisis se lleva a cabo para identificar las fuentes de variación en las mediciones y mejorar la calidad y precisión del sistema de medición implementado.

Figura 4.17: Anova del TMV de la operación de Drift



Fuente: GUÍAMED CR, 2025.

- Componentes de variación:**

- ❖ El gráfico de barras muestra la contribución porcentual de diversas fuentes de variación: Gage R&R, repetibilidad, reproducibilidad y variación entre partes.
- ❖ Se observa que la variabilidad del sistema de medición (Gage R&R) constituye una proporción significativa de la variación total. Esto sugiere que se deben realizar esfuerzos para optimizar el sistema de medición y reducir su impacto en la precisión de las mediciones.

- **Mediciones por partes:**

- ❖ El gráfico presenta la distribución de las mediciones en función de las partes medidas.
- ❖ Se identifica una tendencia de incremento en las mediciones entre las diferentes partes, lo que indica que estas diferencias pueden estar asociadas con características específicas de esas.

- **R Chart por canales/módulos:**

- ❖ El gráfico de rangos ilustra la variabilidad dentro de cada canal/módulo, revelando que las mediciones se mantienen controladas dentro de los límites de control.
- ❖ Asegurarse de que la variabilidad esté bajo control es esencial, para garantizar la fiabilidad del sistema de medición.

- **Xbar Chart por canales/módulos:**

- ❖ Este gráfico muestra las variaciones en las medias de las muestras e indica que las mediciones se encuentran dentro de los límites de control preestablecidos.
- ❖ La constancia de las medias medianas sugiere que no hay desviaciones significativas en el proceso de medición.

- **Mediciones por canales/módulos:**

- ❖ Mediante diagramas de caja, se representa la distribución de las mediciones para cada canal/módulo.

- ❖ La tendencia ascendente en los diferentes módulos sugiere la presencia de efectos sistemáticos que deben ser investigados para optimizar el procedimiento de medición.
- **Partes por canales/módulos:**
  - ❖ El gráfico de interacción proporciona una visión sobre cómo interactúan las partes con los canales/módulos, ofreciéndose claridad sobre las posibles interacciones y efectos que impactan, significativamente, en las mediciones.
  - ❖ Las variaciones entre los canales/módulos sugieren que existen diferencias específicas que requieren un análisis en profundidad para mejorar la precisión del sistema.

El análisis Gage R&R revela que existe una proporción considerable de variabilidad atribuida al sistema de medición empleado. Para mejorar la exactitud y la precisión del desplazamiento del alambre guía, se recomienda revisar y ajustar el equipo de medición, además de considerar la recalibración de los canales/módulos.

La interacción significativa detectada entre las partes y los canales/módulos indica que se deben evaluar las metodologías y procedimientos operativos actuales para minimizar la variabilidad y optimizar el proceso de medición.

Después de las pruebas TMV (Tensión de Medida Vertical), se segmenta el análisis en diferentes localizaciones del cable guía, con la finalidad de identificar puntos de fallo específicos en las operaciones vinculadas a los códigos de defectos.

Este enfoque metodológico permite comprender mejor las interacciones entre la localización del cable guía y la aparición de defectos, así facilitando la identificación de los factores que contribuyen a la variabilidad del proceso.

La segmentación de pruebas en diferentes localizaciones del cable guía, combinada con los análisis de TMV, proporciona un potente marco para identificar y abordar las fuentes de falla en el proceso.

#### **4.3.1.6 Pruebas en los puntos de lectura de las operaciones de Smartcal y Drift**

##### **4.3.1.6.1 Prueba de LIT en MEMS: Pruebas de vida y fiabilidad en sensor:**

El Life Test (LIT) del sensor se realiza por dos motivos fundamentales.

En primer lugar, se busca validar la capacidad del sensor para mantener su función y desempeño durante el tiempo de vida esperado, lo que asegura que su rendimiento de la línea no se degrade bajo condiciones operativas normales.

Este objetivo garantiza que el sensor proporciona datos precisos y fiables a lo largo de su ciclo de vida, lo que es esencial para aplicaciones críticas donde la integridad y precisión de la medición son primordiales.

En segundo lugar, el LIT se lleva a cabo para identificar cualquier posible debilidad o punto de fallo que no se haya detectado durante las etapas iniciales de desarrollo y producción del sensor.

Al someter el sensor a condiciones extremas de operación, tales como: ciclos térmicos, vibración, humedad y exposición a agentes corrosivos, se pretende simular situaciones adversas que el sensor podría encontrar en ambientes reales.

Este enfoque proactivo en la evaluación de la durabilidad del sensor mediante el LIT permite la implementación de mejoras en el diseño y fabricación, lo que aumenta su fiabilidad y robustez.

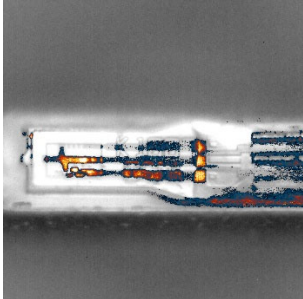
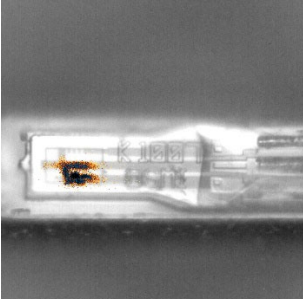
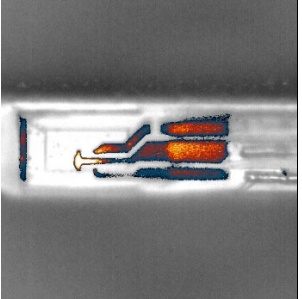
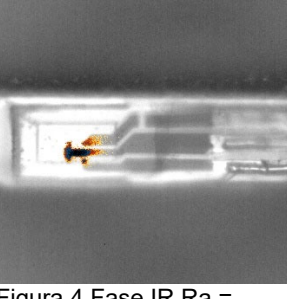
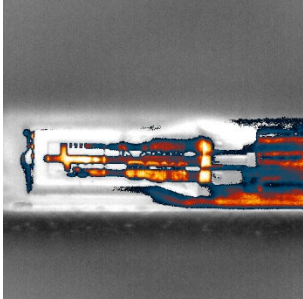
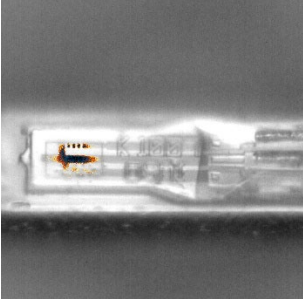
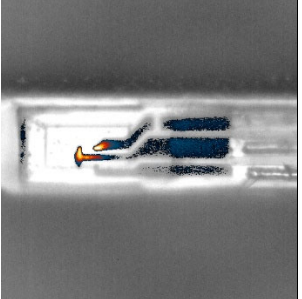
4.3.1.6.2 Prueba de LIT del sensor:

- Fase 1:

Los dispositivos 300006496592-76058 Spectralytics y 300009484861-184378 Resonetics son seleccionados para LIT de los MEMs. Estos dos dispositivos se seleccionaron en función del gran contraste entre el valor de resistencia de Ra frente a Rb.

Para garantizar que la corriente de fuerza fluya, a través de los elementos del sensor Ra y Rb y que no haya una ruta de fuga eléctrica en el dispositivo MEM que cause la diferencia de resistencia (ruta paralela).

Figura 4.18: Sensor de imágenes LIT.

| 300006496592-76058 Espectralítico                                                   |                                                                                                      | 300009484861-184378 Resonetics                                                       |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                   |  |  |
| Figura 1 Amplitud IR Ra=60uA 10x                                                    | Figura 2 Fase IR Ra = 60uA 10x (Negro = desplazamiento de fase 0 ° ≡ siguiendo la fuente de energía) | Figura 3 Amplitud IR Ra=60uA 10x                                                     | Figura 4 Fase IR Ra = 60uA 10x (Negro = 0 °)                                          |
|  |                   |  |  |
| Figura 5 Amplitud IR Rb = 60uA 10x                                                  | Figura 6 Fase IR Rb = 60uA 10X (negro = 0 °)                                                         | Figura 7 Amplitud IR Rb = 60uA 10x                                                   | Figura 8 Fase IR Rb = 60uA 10x (Negro = 0 °)                                          |

Fuente: GUÍAMED CR, 2025.

Análisis 1: La corriente de fuerza fluye, a través de los elementos del sensor Ra y Rb.

Ambos cables guías tienen diferentes diseños de sensores:

- 300006496592-76058 Spectralytics parece un diseño de sensor "Amphenol".
- 300009484861-184378 Resonetics parece un diseño de sensor "Cowbird".

Análisis 2: No se observa ninguna ruta de fuga eléctrica en el sensor.

## **Fase 2. Localice la ruta de fuga eléctrica.**

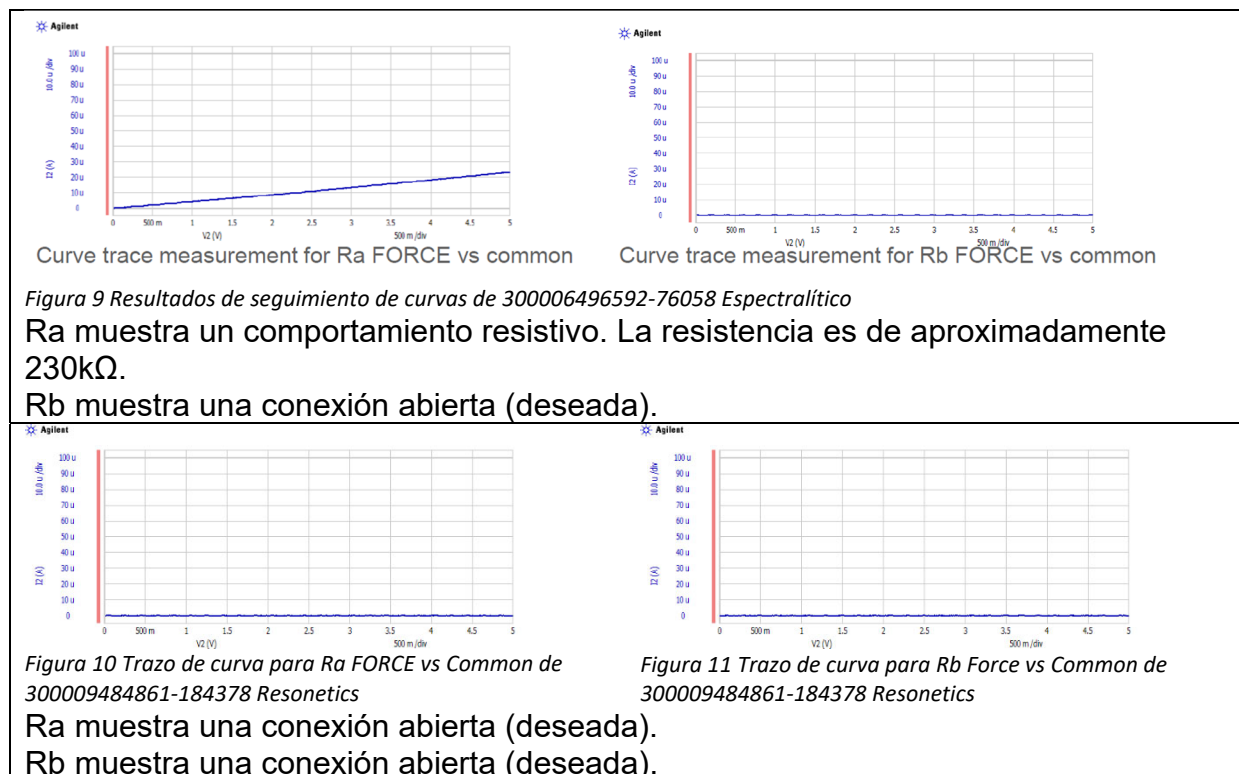
Al retirar el sensor del cable guía, se abre la ruta de la corriente eléctrica. La disipación de energía apuntará a la detección de conductores de electricidad. El sensor se retira del cable guía mediante el uso de un bisturí. Con un trazador de curvas I/V, se verifica la impedancia y se crearán interiores en las propiedades eléctricas de la impedancia.

### **4.3.1.6.3 Resultados del rastreo de voltaje de corriente.**

El análisis de las mediciones de seguimiento de curvas en las figuras proporcionadas se centra en evaluar el comportamiento eléctrico de los componentes Ra y Rb en relación con sus conexiones comunes.

Este análisis es esencial para identificar la naturaleza de cualquier anomalía o desviación en el comportamiento esperado de los sensores involucrados.

Figura 4.19: Resultados del rastreo de voltaje de corriente



Conclusión: La deriva es causada por el propio sensor o por su conexión a la filar.

Fuente: GUÍAMED CR, 2025.

La figura 13 dentro de la figura 20 revela que el componente Ra exhibe un comportamiento resistivo, con una resistencia medida de aproximadamente 230kΩ. Este valor indica que Ra tiene una resistencia significativa, lo que sugiere que su comportamiento es consistente con un circuito resistivo.

La presencia de esta resistencia puede impactar el rendimiento del sensor, según su función específica en el sistema.

#### **4.3.1.6.5 Análisis de comportamiento de Rb**

En contraste, el análisis del componente Rb, también en la figura 13 dentro de la figura 20, muestra una conexión abierta, lo cual se considera el estado deseado. La apertura indica que no hay corriente fluyendo, a través del componente, lo cual puede ser una condición necesaria para su correcto funcionamiento en el contexto de su aplicación específica.

#### **4.3.1.6.6 Revisión de la Figura 20**

Ambas figuras, 14 y 15 dentro de la figura 20, del seguimiento de curvas, indican que tanto Ra como Rb muestran una conexión abierta, un estado que es, nuevamente, considerado como deseado. Esto reafirma la condición de no-conducción en Rb, además de confirmar que Ra también alcanzó este estado de apertura en las pruebas complementarias realizadas.

#### **4.3.1.6.7 Resultado del Análisis**

El resultado del análisis proporciona un diagnóstico sobre la causa de la deriva

observada en el sistema. Se determina que la deriva es causada por el propio sensor. Esta conclusión implica que las variaciones en las mediciones están asociadas con defectos inherentes al sensor que interfieren con la estabilidad y precisión de las lecturas.

#### **4.3.1.7 Pruebas de LIT (Pruebas de vida y fiabilidad) y radiografías en la Conexión Eléctrica:**

El estudio de las pruebas de Life Test (LIT) y el examen radiográfico de las conexiones eléctricas se implementa para evaluar la fiabilidad y robustez del sistema eléctrico dentro de un entorno controlado. Estas pruebas, dirigidas a evaluar componentes críticos, tienen como objetivo garantizar que tales sistemas puedan operar sin fallo bajo condiciones extremas y durante su ciclo de vida esperado.

##### **4.3.1.7.1 Pruebas de LIT**

Las pruebas LIT se realizan para simular el desgaste que componentes eléctricos experimentan durante su vida útil. Estas pruebas proporcionan datos sobre el rendimiento del sistema, capaces de predecir su comportamiento ante cambios operativos y detectar posibles fallos antes de que ocurran.

Al someter las conexiones eléctricas a situaciones de estrés, tales como fluctuaciones de temperatura y ciclos de carga repetidos, se evalúa su capacidad para mantener una función estable y segura.

##### **4.3.1.7.2 Radiografías de conexiones eléctricas**

El examen radiográfico de las conexiones eléctricas complementa las pruebas de LIT al proporcionar una visualización interna detallada del estado físico de las conexiones.

Las radiografías permiten identificar defectos estructurales o anomalías que no son evidentes a simple vista. Este método de inspección revela la integridad de las soldaduras, posibles fracturas de materiales, y cualquier otro daño que podría influir en

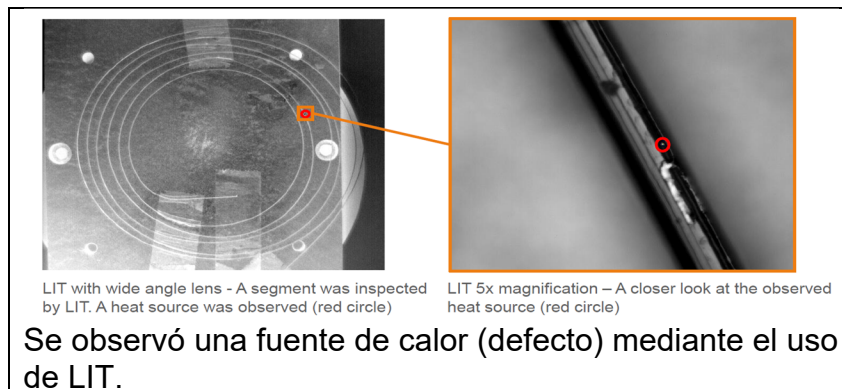
la eficacia del sistema eléctrico.

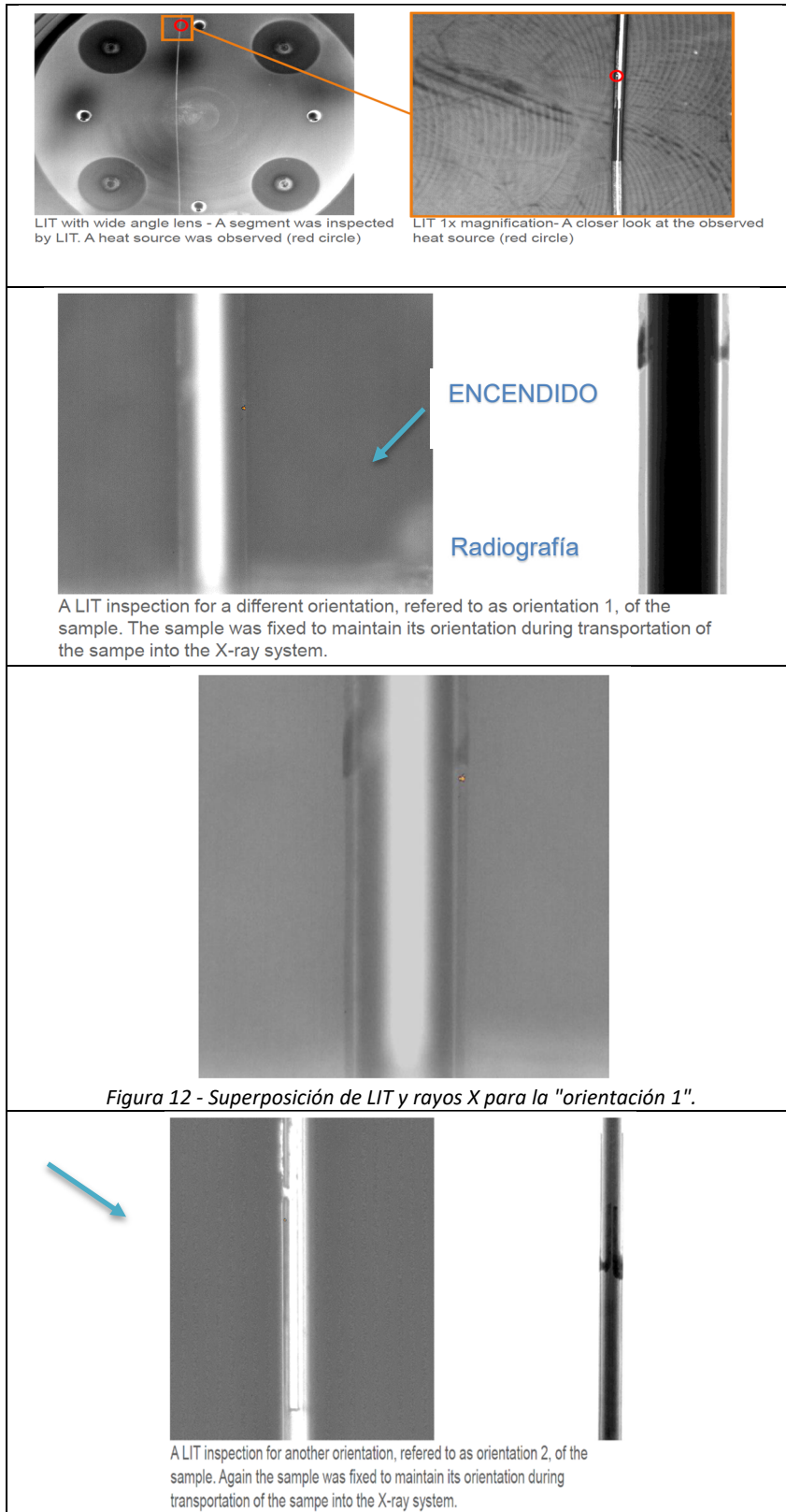
La capacidad para visualizar internamente las conexiones es crucial para determinar si los defectos son inherentes al diseño del componente o resultado de su manipulación y uso.

La combinación de pruebas LIT y examen radiográfico establece un enfoque integral para evaluar la durabilidad de las conexiones eléctricas. Al identificar defectos y predecir la vida útil del cable guía. Este enfoque no solo garantiza confiabilidad durante el uso prolongado, sino también ayuda a minimizar costos de mantenimiento y reparación inesperados.

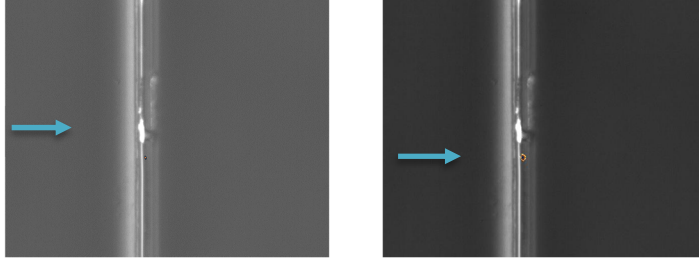
#### 4.3.1.7.3 Prueba:

Figura 4.20: Radiografías de Conexiones Eléctricas

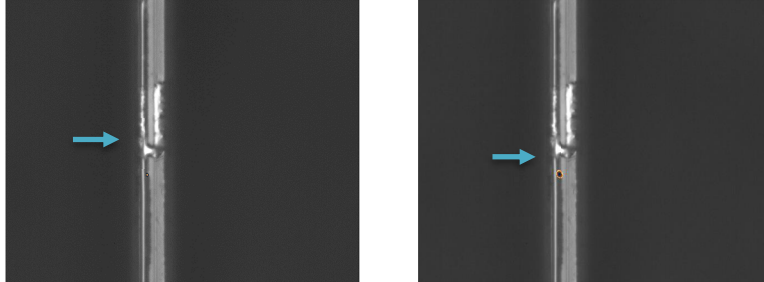




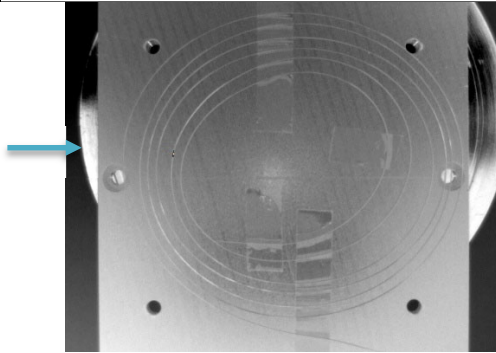
*Figura 13 Superposición de imagen LIT y rayos X en "orientación 2".*



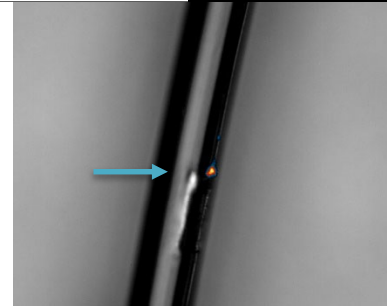
A LIT inspection for another orientation, referred to as orientation 3, of the sample.



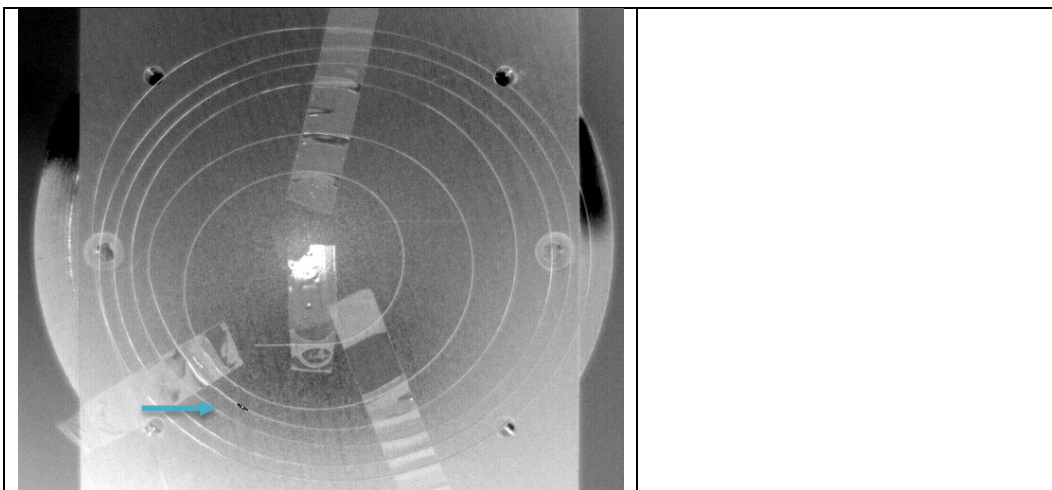
A LIT inspection for another orientation, referred to as orientation 4, of the sample.

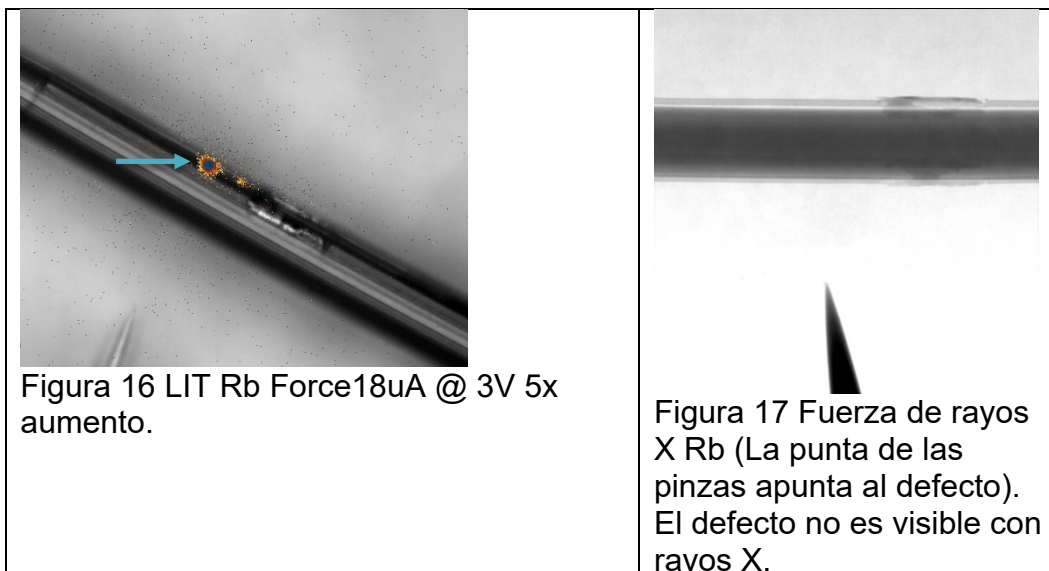


*Figura 14 Fuerza Ra 8uA @ 5V*



*Figura 15 Ra Force 8uA @ 5V 5x aumento*





Fuente: GUÍAMED CR, 2025.

#### 4.3.1.7.4 Corte transversal

Combinamos la sección transversal con la termografía de bloqueo para localizar con precisión la disipación de potencia del cortocircuito débil. La idea es poder accionar, eléctricamente, el catéter durante los intervalos de inspección en el proceso de corte transversal.

La región de interés, que es la región de disipación de energía, está incrustada en epoxi para la estabilidad mecánica durante el seccionamiento. El conector del catéter permanece conectado para que se pueda realizar pruebas eléctricas durante el corte transversal.

Mientras esmerila y pule, a través de la región de interés, LIT revelará cambios en la región y la forma de la disipación de energía. Esto indica progreso, a través de la región de interés.

Las observaciones de microscopía revelan que, en el lado del cortocircuito eléctrico débil, el relleno está bien centrado sin material extraño entre el relleno y el núcleo.

Las imágenes de termografía de bloqueo muestran que el cortocircuito eléctrico

débil se extiende sobre un área más grande en la región de interés.

Las manchas en las secciones transversales son comunes porque los materiales más blandos tienden a moverse sobre la superficie debido a la diferencia de dureza. Esta mancha extensa podría indicar que el material es blando o incluso líquido.

Sin pruebas concluyentes, la ubicación sugiere que se trata de flujo, que no se desactiva durante la soldadura. La adición de demasiado fundente líquido, antes de soldar, da como resultado la contaminación del aislante filar por fundente que es conductor de electricidad.

Figura 4.21: Corte transversal

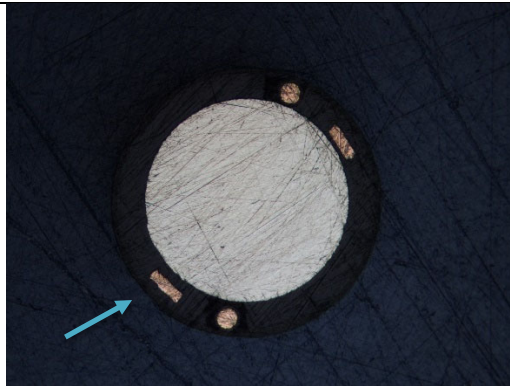


Figura 18 Sección transversal de la región eléctrica corta. La flecha apunta al área con el corto débil.

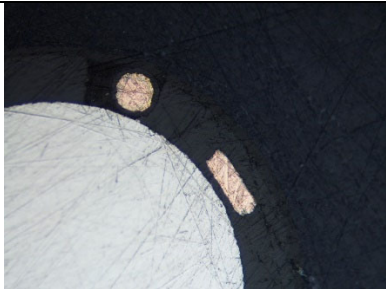


Figura 19 No es una zona sospechosa. Tenga en cuenta que la cinta está más cerca del núcleo que en el otro lado.

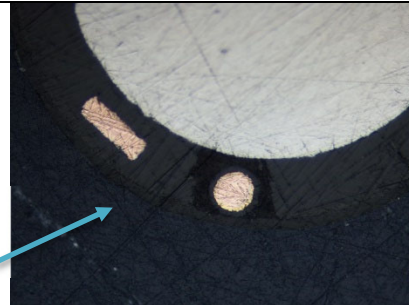
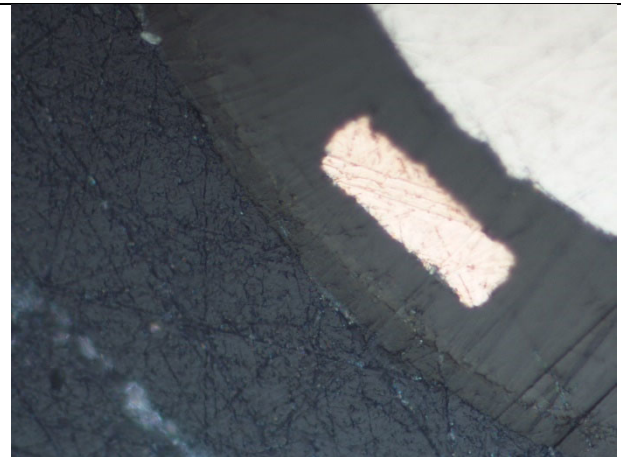
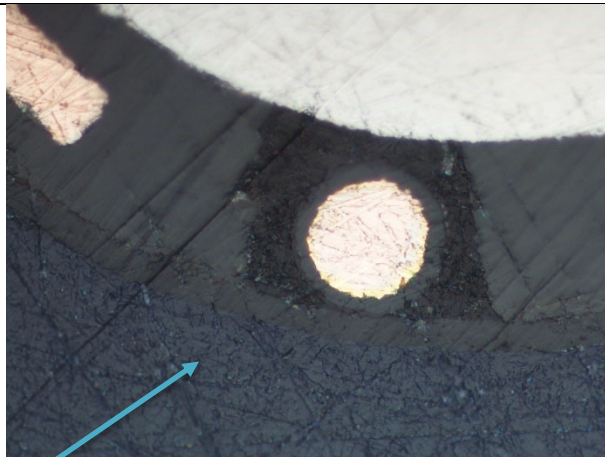


Figura 20 Área detallada que contiene el cortocircuito eléctrico débil.



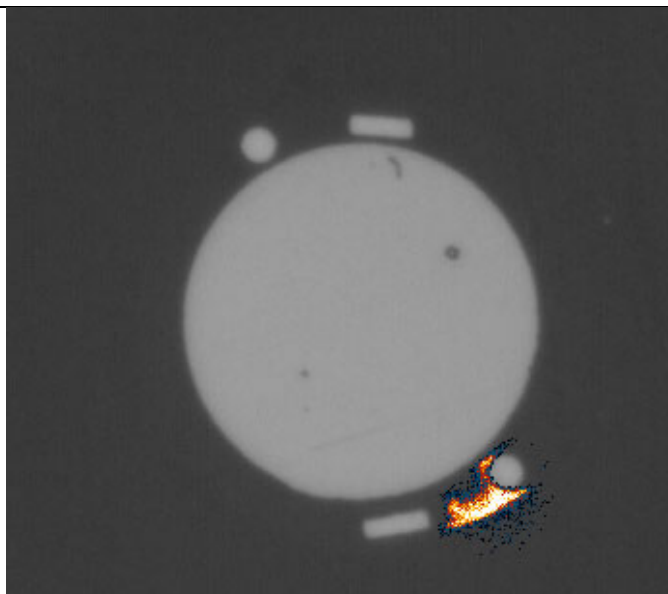


Figura 21 LIT mientras pule un poco más después de la imagen anterior. Observe que el área eléctrica que está conduciendo se hace más grande.

Fuente: GUÍAMED CR, 2025.

#### 4.3.1.7.5 Análisis:

A partir del análisis de fallos, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Los resultados de la medición de resistencia no siempre coincidían con las conclusiones de las pruebas de fábrica. Algunas muestras pasadas se desplazaron en ambos sensores en la misma dirección, mientras que algunos catéteres que no pasaron la inspección final se mantuvieron estables.
- Se realizó un método de prueba alternativo, la medición de la reflexión en el dominio del tiempo, pero no fue eficaz para detectar ni localizar cortocircuitos eléctricos débiles.

- Solo tres de las diez muestras rechazadas mostraron una corriente de fuga eléctrica débil. La causa por la que se rechazaron estas muestras debe estar en el área del sensor.
- Las tres muestras con corriente de fuga eléctrica tenían disipación de energía cerca de la unión de soldadura entre la cinta y el filar.
- Las secciones transversales no mostraron partículas u otros contaminantes. La termografía de bloqueo en las secciones transversales mostró manchas en la superficie debido al cambio de forma y al aumento del tamaño del área de disipación de calor durante el esmerilado y el pulido.
- Sin pruebas concluyentes, se sospecha que el residuo de flujo no desactivado es la causa del cortocircuito eléctrico débil.

#### **4.3.1.7.6 Análisis final:**

La conclusión del análisis realizado indica una discrepancia notable entre los resultados obtenidos en la medición de resistencia y las conclusiones derivadas de las pruebas de fábrica. Se observa que algunas muestras, que habían pasado previamente los controles de calidad, presentan un desplazamiento en ambos sensores, mientras que ciertos cables guías que no superaron la inspección final mantienen su estabilidad.

Esta incongruencia destaca la necesidad de revisar los procedimientos de evaluación estándar para garantizar que son precisos y representativos del comportamiento real del dispositivo.

De las muestras rechazadas, solo tres exhiben una corriente de fuga eléctrica débil, lo cual apunta a que la causa de rechazo reside probablemente en el área correspondiente a la unión de conexión.

Las observaciones sobre estas muestras revelan una disipación de energía cerca de la unión de soldadura entre la cinta y el filar, lo que supone una potencial área de mejora en el diseño y manufactura de la soldadura para evitar disfunciones eléctricas.

Las secciones transversales inspeccionadas no muestran la presencia de partículas o contaminantes inesperados. No obstante, la termografía aplicada sobre estas secciones revela manchas en la superficie, atribuibles al cambio de forma y al aumento de tamaño en la zona de disipación de calor durante el proceso de esmerilado y pulido.

Esto indica que los parámetros de manufactura podrían requerir ajuste para minimizar la alteración estructural y asegurar una mejor integridad del producto final.

Finalmente, se sospecha que el residuo de flujo no desactivado es el elemento culpable potencial del cortocircuito eléctrico débil. Esta sospecha requiere una evaluación más detenida y podría implicar la necesidad de mejorar los procesos de soldadura para eliminar cualquier residuo que comprometa la funcionalidad eléctrica del dispositivo.

En general, estos hallazgos subrayan la importancia de integrar un enfoque multifacético para el diseño, prueba, y manufactura de componentes electrónicos, que aseguren se minimicen los riesgos y se optimice la fiabilidad del producto en su soldadura final.

Los resultados obtenidos indican que la conexión electrical que se ejecuta en la operación de eléctrica persiste un problema crítico que afecta la estabilidad y el rendimiento del cable guía. La detección de fallos en las conexiones eléctricas subraya la urgencia de desarrollar soluciones para mitigar estos problemas.

En este contexto, un grupo de expertos se reúne con el objetivo de generar una serie de ideas que faciliten la identificación y corrección de las deficiencias existentes.

La lluvia de ideas comienza con un enfoque hacia la mejora del diseño de las conexiones eléctricas. Se propone una revisión exhaustiva de los materiales y configuraciones utilizados, investigando opciones avanzadas que permitan una mayor resistencia y flexibilidad.

La incorporación de materiales conductores de baja resistencia, junto con técnicas de fabricación de precisión, podría minimizar el riesgo de fallas en las conexiones eléctricas.

La evaluación de los procesos de soldadura y ensamblaje también se resalta como un área de mejora.

#### **4.3.2 Lluvia de ideas**

Para implementar la técnica de lluvia de ideas, se organiza una sesión de trabajo que integre a diversos miembros del departamento y prestar atención a los aspectos de ingeniería y operativos.

La sesión cuenta con la participación de colaboradores de los departamentos de ingeniería, calidad y producción, lo cual incluye un líder de producción, un supervisor del área, tres técnicos de proceso, dos ingenieros de proceso, un técnico de calidad y cuatro operarios. Esta diversidad de funciones asegura una amplia perspectiva multidisciplinaria en el manejo del problema.

Durante la reunión, se comunica claramente el objetivo de la sesión, poniendo énfasis en la necesidad urgente de solucionar el problema relacionado con los tiempos de emisión de facturas. La reunión se inicia haciendo hincapié en la importancia de identificar, analizar y mejorar los procesos relacionados para aumentar el rendimiento de las operaciones.

Se alienta a todos los participantes a compartir libremente la mayor cantidad posible de ideas, sin que se restrinja su flujo creativo ni se emitan juicios sobre su viabilidad inmediata. Este enfoque abierto fomenta un ambiente colaborativo donde la

experiencia diversificada de los colaboradores es utilizada como un recurso clave para descubrir soluciones.

Una vez que todas las ideas han sido recopiladas, el proceso de análisis clasifica estas propuestas en torno a las causas principales que desencadenan el problema. La organización temática de las ideas permite identificar patrones y áreas críticas donde se pueden implementar cambios estratégicos. Se desarrollan grupos de trabajo para examinar cada categoría y definir acciones concretas que conduzcan a mejoras operativas.

La aplicación de esta técnica de lluvia de ideas demuestra ser, extremadamente, efectiva para generar nuevas propuestas que optimicen el proceso, aprovechando el ingenio y la experiencia acumulada de los participantes.

Este enfoque colaborativo no solo permite analizar problemas específicos, sino que también fortalece la cohesión del equipo y fomenta un compromiso compartido hacia la excelencia en el rendimiento.

Tabla 4.1: Lluvia de Ideas

| Numeración | Ideas                                                                        |
|------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 1          | Los operadores no están suficientemente entrenados en técnicas de soldadura. |
| 2          | Criterios de fallos/aceptación confusos                                      |
| 3          | Instrucciones ambiguas de soldadura.                                         |
| 4          | Operarios en operaciones incorrectas                                         |
| 5          | Falta de limpieza y conservación regular de las herramientas.                |
| 6          | Ambiente inapropiado (humedad, temperatura).                                 |
| 7          | Herramientas inadecuadas                                                     |
| 8          | Distracción o falta de atención durante el proceso de soldadura.             |

|    |                                                  |
|----|--------------------------------------------------|
| 9  | Uso de soldadores de baja calidad o desgastados. |
| 10 | Fatiga por horas excesivas.                      |
| 11 | Proceso de soldar inadecuado                     |

Fuente: Autor,2025

- 1. Los operadores no están, suficientemente entrenados en técnicas de soldadura:** Puede ser una causa de errores frecuentes en el proceso de soldadura debido a la falta de conocimientos o habilidades específicas.
- 2. Criterios de fallos/aceptación confusos:** Si los estándares de calidad son ambiguos o inconsistentes, puede llevar a productos ensamblados que no cumplan con las expectativas de calidad.
- 3. Instrucciones ambiguas de soldadura:** La falta de claridad en las instrucciones puede resultar en una ejecución inconsistente del proceso y productos de calidad variable.
- 4. Operarios en operaciones incorrectas:** Asignar personal a tareas para las cuales no están calificados disminuye la eficiencia y aumenta el margen de error.
- 5. Falta de limpieza y conservación regular de las herramientas:** Herramientas mal mantenidas pueden fallar o producir trabajos de menor calidad y afectar el proceso global.
- 6. Ambiente inapropiado (humedad, temperatura):** Condiciones ambientales adversas pueden influir negativamente en la calidad de la soldadura y la eficiencia del trabajo.

7. **Herramientas inadecuadas:** Usar herramientas que no son adecuadas para el tipo de trabajo específico lleva a una soldadura deficiente y potencialmente peligrosa.
8. **Distracción o falta de atención durante el proceso de soldadura:** Operadores distraídos son más propensos a cometer errores durante la soldadura, afectando la calidad del producto final.
9. **Uso de soldadores de baja calidad o desgastados:** Equipos de baja calidad o en mal estado pueden producir resultados inconsistentes y de baja calidad.
10. **Fatiga por horas excesivas:** Operar durante largas horas consecutivas sin descansos adecuados puede reducir la concentración y aumentar la tasa de errores.
11. **Proceso de soldar inadecuado:** Un procedimiento de soldadura que no sigue las mejores prácticas puede resultar en una producción subóptima y defectuosa.

Una vez que se identifican las posibles causas, a través de la técnica de lluvia de ideas y la colaboración con expertos en el proceso, se procede a implementar un análisis detallado, mediante la herramienta de matriz de hipótesis.

Este enfoque metodológico se adopta para evaluar cada hipótesis derivada de las ideas planteadas, lo que facilita la comprensión clara del impacto potencial de cada una de las causas identificadas.

La matriz de hipótesis permite organizar sistemáticamente las ideas generadas, proporcionando un marco estructurado para analizar las relaciones entre las causas propuestas y sus efectos potenciales sobre los tiempos de emisión de facturas. Cada hipótesis se examina de forma individual para determinar su viabilidad y sus implicaciones sobre el proceso.

### 4.3.3 Matriz hipótesis

Para llevar a cabo este análisis, se considera una serie de criterios relevantes que ayudan a clarificar la influencia de cada causa y posibilitan la visualización de los resultados esperados. Estos criterios pueden incluir factores como recursos necesarios, complejidad de implementación y probabilidad de éxito, entre otros.

El uso de la matriz de hipótesis permite a los colaboradores evaluar cuantitativa y cualitativamente las ideas e identificar aquellas que ofrecen el mayor potencial de mejora y que son más factibles de llevar a cabo. La herramienta facilita la priorización de las hipótesis y destaca aquellas que emergen como soluciones óptimas para revitalizar el proceso de emisión de facturas.

Este enfoque analítico asegura que las decisiones se orienten hacia acciones efectivas y sostenibles, que optimizan el rendimiento de la línea y alineándose con los objetivos estratégicos de la organización.

Al adoptar la matriz de hipótesis, se cultiva un proceso de mejoramiento continuo que no solo soluciona problemas específicos, sino que también fortalece la capacidad organizacional.

Tabla 4.2: Matriz de Riesgo

| Matriz de Riesgo |          |  |  |  |
|------------------|----------|--|--|--|
|                  | Alta     |  |  |  |
|                  | Moderado |  |  |  |
|                  | Bajo     |  |  |  |

Fuente: Autor,2025

Tabla 4.3: Matriz Hipótesis

| <b>Idea</b> | <b>Hipótesis</b>                           | <b>Descripción</b>                                                       | <b>Impacto Potencial</b> | <b>Evidencia</b>                     | <b>Acciones Sugeridas</b>                        |
|-------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1           | Operadores no, suficientemente, entrenados | Falta de capacitación en técnicas de soldadura avanzadas.                | Alta                     | Evaluación de certificaciones        | Implementar programa de capacitación             |
| 2           | Criterios de fallos/aceptación confusos    | Inconsistencia en los criterios de calidad.                              | Moderado                 | Revisión de documentación interna    | Estandarización de criterios                     |
| 3           | Instrucciones ambiguas de soldadura        | Ambigüedad en las instrucciones para los operarios.                      | Alta                     | Encuestas a operarios                | Redacción clara de instrucciones                 |
| 4           | Operarios en operaciones incorrectas       | Colocación de operarios en tareas para las cuales no están cualificados. | Moderado                 | Evaluación de asignaciones de tareas | Reorganización de asignaciones según habilidades |
| 5           | Falta de limpieza y conservación regular   | Herramientas no están limpiadas o mantenidas adecuadamente.              | Alta                     | Inspección de herramientas           | Implementación de rutina de mantenimiento        |
| 6           | Ambiente inapropiado                       | Condiciones ambientales que afectan la calidad de la soldadura.          | Moderado                 | Medición de humedad y temperatura    | Control de condiciones ambientales               |

|    |                                                 |                                                                      |          |                                    |                                                          |
|----|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 7  | Herramientas inadecuadas                        | Uso de herramientas que no son apropiadas para el tipo de trabajo.   | Moderado | Revisión de inventario             | Adquisición de herramientas adecuadas                    |
| 8  | Distracción o falta de atención                 | Operarios no están suficientemente enfocados durante el trabajo.     | Moderado | Observación del trabajo en proceso | Implementación de descansos y técnicas de enfoque        |
| 9  | Uso de soldadores de baja calidad o desgastados | Equipos de soldadura que no cumplen con los estándares adecuados.    | Alta     | Inspección de equipos              | Renovación de soldadores y adquisición de equipos nuevos |
| 10 | Fatiga por horas excesivas                      | Prolongadas horas de trabajo que resultan en fatiga.                 | Alta     | Revisión de horas de trabajo       | Revisión de turnos y optimización de horarios            |
| 11 | Proceso de soldar inadecuado                    | Procedimientos que no son óptimos para el tipo de trabajo realizado. | Alta     | Análisis de métodos actuales       | Revisión y optimización del proceso de soldadura         |

Fuente: Autor,2025

### 1. Operadores no, suficientemente, entrenados:

- Hipótesis: La falta de capacitación en técnicas avanzadas es responsable de errores comunes en la soldadura.
- Impacto potencial: Alto impacto debido a la influencia directa sobre la calidad del trabajo.

- Evidencia: Evaluación de certificaciones y habilidades actuales de los operarios.
- Acciones Sugeridas: Implementar un programa de capacitación especializado para mejorar las habilidades de los operarios.

## **2. Criterios de fallos/aceptación confusos:**

- Hipótesis: Criterios inconsistentes llevan a una variabilidad en la calidad del producto final.
- Impacto potencial: Moderado impacto, causando problemas en la consistencia de calidad.
- Evidencia: Revisión de la documentación interna para determinar inconsistencias.
- Acciones sugeridas: Estandarizar los criterios de calidad para clarificar los estándares.

## **3. Instrucciones ambiguas de soldadura:**

- Hipótesis: Gran impacto debido a la ambigüedad en instrucciones, que puede llevar a errores en la ejecución.
- Impacto Potencial: Alto, ya que los operarios no pueden seguir procedimientos adecuados.
- Evidencia: Encuestas a operarios para evaluar la comprensión de las instrucciones.
- Acciones Sugeridas: Redactar instrucciones claras y detalladas para mejorar la ejecución.

#### **4. Operarios en operaciones incorrectas:**

- Hipótesis: Los operarios están asignados a tareas para las cuales no están altamente capacitados.
- Descripción: La incorrecta asignación de operarios reduce la eficiencia y aumenta el riesgo de errores.
- Impacto Potencial: Moderado, impacta la productividad y aumenta desperdicios por errores.
- Evidencia: Evaluar las asignaciones actuales de tareas y el perfil de habilidades del personal.
- Acciones Sugeridas: Reorganizar las asignaciones de acuerdo con las habilidades y experiencia de los operarios.

#### **5. Falta de limpieza y conservación regular de las herramientas:**

- Hipótesis: Las herramientas de soldadura no están siendo limpiadas y mantenidas regularmente.
- Descripción: Herramientas sucias o desgastadas pueden producir soldaduras de baja calidad.
- Impacto Potencial: Alto, puede reducir la efectividad de las herramientas y dañar los productos.
- Evidencia: Inspeccionar, regularmente, las herramientas para verificar su estado y limpieza.
- Acciones Sugeridas: Implementar una rutina de limpieza y mantenimiento para garantizar condiciones óptimas.

## **6. Herramientas inadecuadas:**

- Hipótesis: Las herramientas utilizadas no son las adecuadas para el trabajo específico.
- Descripción: Usar herramientas incorrectas puede producir resultados deficientes y dañar materiales.
- Impacto potencial: Moderado, puede afectar la calidad y la precisión del trabajo realizado.
- Evidencia: Revisar el inventario de herramientas y evaluar su adecuación.
- Acciones sugeridas: Adquirir herramientas adecuadas para cada tipo de trabajo.

## **7. Herramientas inadecuadas:**

- Hipótesis: Las herramientas utilizadas no son las adecuadas para el trabajo específico.
- Descripción: Usar herramientas incorrectas puede producir resultados deficientes y dañar materiales.
- Impacto Potencial: Moderado, puede afectar la calidad y la precisión del trabajo realizado.
- Evidencia: Revisar el inventario de herramientas y evaluar su adecuación.
- Acciones sugeridas: Adquirir herramientas adecuadas para cada tipo de trabajo.

## **8. Distracción o falta de atención:**

- Hipótesis: Los operarios están distraídos o no enfocan toda su atención en el trabajo.
- Descripción: La falta de concentración aumenta la probabilidad de errores durante la soldadura.
- Impacto potencial: Moderado, puede afectar la eficiencia y la calidad del trabajo.
- Evidencia: Observación directa del trabajo en proceso para identificar distracciones.
- Acciones sugeridas: Implementar descansos regulares y enseñar técnicas para mejorar el enfoque.

## **9. Uso de soldadores de baja calidad o desgastados:**

- Hipótesis: Los equipos de soldadura no cumplen con estándares de calidad adecuado.
- Descripción: Soldadores de baja calidad producen resultados inconsistentes y afectarán la calidad.
- Impacto Potencial: Alto, puede resultar en defectos graves en productos finales.
- Evidencia: Inspección de los soldadores para evaluar calidad y desgaste.
- Acciones sugeridas: Renovar equipos de soldadura y adquirir modelos que cumplan estándares altos.

## **10. Fatiga por horas excesivas:**

- Hipótesis: Los operarios trabajan excesivas horas sin descanso adecuado, resultando en fatiga.
- Descripción: La fatiga reduce la concentración y la capacidad para realizar trabajo de calidad.
- Impacto potencial: Alto, puede aumentar la tasa de errores y afectar la seguridad.
- Evidencia: Revisión de las horas de trabajo y observar signos de fatiga en operarios.
- Acciones sugeridas: Revisar turnos de trabajo para optimizar horarios y asegurar descansos suficientes.

## **11. Proceso de soldar inadecuado:**

- Hipótesis: Los procedimientos no son los óptimos para el tipo de trabajo requerido.
- Descripción: Un proceso mal diseñado afecta la eficiencia y la calidad de las soldaduras realizadas.
- Impacto Potencial: Alto, influye directamente en la calidad y en el cumplimiento de estándares.
- Evidencia: Analizar y revisar métodos actuales de soldadura para identificar mejoras.
- Acciones Sugeridas: Revisar y optimizar los procedimientos de soldadura para mejores resultados.

La matriz de hipótesis proporciona una visión clara de los desafíos que enfrenta

la operación de soldadura, lo que evidenció varios problemas que afectan, significativamente, la calidad del trabajo final.

Entre las áreas de mayor preocupación se destacan el proceso de soldar inadecuado, la falta de capacitación adecuada para los operadores y el uso de equipos de baja calidad. Estas cuestiones están respaldadas por evidencias sustanciales y sugieren la necesidad de proponer acciones concretas para mitigar sus efectos.

Con base en la información analizada, a través de la matriz de hipótesis, se procede a elaborar un diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa y efecto, asignando a cada uno de los factores de las 6M la idea correspondiente. Este método estructurado permite visualizar de manera más clara las posibles causas que contribuyen a los problemas en la operación de soldadura.

#### **4.3.4 Diagrama de Ishikawa**

En relación a la reunión de lluvia de ideas resulta en 11 posibles causas que se clasifican dentro del Diagrama de Causa y Efecto (Ishikawa): mano de obra, medición, materiales, máquinas método, medio ambiente, donde se procede a calificar, según la causa correspondiente.

Figura 4.22: Diagrama de Ishikawa



Fuente: Autor, 2025

#### 4.3.4.1 Mano de obra:

- **Fatiga por horas excesivas:** Esto puede llevar a errores y disminución de la calidad del trabajo debido al cansancio extremo de los operarios.
- **Operarios no están, suficientemente, entrenados en técnicas de soldadura:** Operadores, insuficientemente, entrenados pueden realizar soldaduras defectuosas.
- **Operarios en operaciones incorrectas:** La asignación inapropiada de operaciones puede resultar en errores debido a falta de habilidades adecuadas.

- Distracción o falta de atención durante el proceso de soldadura: La falta de foco puede causar errores durante el proceso de soldadura.

#### **4.3.4.2 Medición:**

- No se encuentran factores de medición: Esto quiere decir que las mediciones que se ejecutan en el proceso están controladas.

#### **4.3.4.3 Materiales:**

- No se encuentran factores de medición: Esto quiere decir que los materiales que se ejecutan en el proceso están controlados.

#### **4.3.4.4 Máquinas:**

- Falta de limpieza y conservación regular de las herramientas: El mantenimiento deficiente de las herramientas puede llevar a un deterioro en su desempeño.
- Herramientas inadecuadas: Utilizar herramientas erróneas para el trabajo impacta, negativamente, la calidad y eficiencia.
- Uso de soldadores de baja calidad o desgastados: Equipos inadecuados afectan, directamente, la calidad del proceso.

#### **4.3.4.5 Método:**

- Proceso de soldar inadecuado: Procedimientos incorrectos deterioran la efectividad del proceso.
- Criterios de fallos/aceptación confusos: Inconsistencia en los criterios puede llevar a productos defectuosos.
- Instrucciones ambiguas de soldadura: Operaciones mal ejecutadas debido a instrucciones poco claras.

#### **4.3.4.6 Medio Ambiente:**

- Ambiente inapropiado (humedad, temperatura): Las condiciones ambientales adversas influyen negativamente en el proceso de soldadura afectando la consistencia y calidad.

Como se puede observar, aunque ciertos aspectos del proceso, como la medición, están bajo control, existen áreas que requieren atención significativa para optimizar la calidad y eficiencia del trabajo.

Particularmente, se identifican deficiencias en la capacitación adecuada de los operarios, en la asignación adecuada de personal para realizar las operaciones, en el mantenimiento regular de las herramientas, y en la clarificación de procesos y criterios operativos.

Después de clasificar las posibles causas mediante el uso del diagrama de Ishikawa, se procede a emplear una tabla multivoto para realizar un análisis exhaustivo de cada factor identificado. La aplicación de esta herramienta permite evaluar, sistemáticamente, las causas en función de diversos criterios relevantes, esto facilita así la priorización de las acciones correctivas que se necesitan para mejorar el proceso.

#### **4.3.5 Tabla de Multivoto**

Basándose en los datos recopilados durante la sesión de lluvia de ideas y organizados en el diagrama de Ishikawa, se lleva a cabo una evaluación sistemática de las causas, mediante la herramienta de multivoto.

Este proceso se desarrolla con la participación de los mismos expertos que contribuyeron en la sesión inicial de lluvia de ideas, lo que asegura la continuidad en el análisis y aprovecha su valiosa experiencia. El grupo incluye un líder de producción, un supervisor del área, tres técnicos de proceso, dos ingenieros de proceso, un técnico de calidad y cuatro operarios.

Para implementar la herramienta de multivoto, se proporciona a los participantes un formulario que incorpora una escala de evaluación del 1 al 5, donde 1 indica una baja probabilidad de impacto crítico y 5 sugieren una alta probabilidad.

Los expertos son instruidos para asignar sus votos considerando la importancia de cada causa en relación con el producto, focalizándose en la identificación precisa de la causa raíz que afecta la línea de Omniwires.

Este enfoque garantiza que se prioricen las áreas que tienen el potencial de influir, significativamente, en la calidad del producto.

La utilización de la técnica de multivoto tiene como objetivo consolidar un consenso entre el grupo de expertos sobre cuáles causas son consideradas más críticas y, por ende, merecen atención prioritaria.

Al sumar las evaluaciones individuales, se crea un perfil colectivo que refleja las percepciones compartidas de los expertos, lo cual es fundamental para identificar las causas que requieren una intervención inmediata.

Una vez recopiladas todas las evaluaciones, se organizan los resultados del multivoto, estos proporcionan una clara visualización de las causas que sobresalen como las más influyentes. Estos datos se documentan y se analizan en profundidad. A continuación, se presentan los resultados del multivoto.

Tabla 4.4: Tabla de Multivoto

| Ideas | Participantes |            |            |            |                      |                      |                      |             |             |                    |                     |                     | Cantidad Total |
|-------|---------------|------------|------------|------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|-------------|--------------------|---------------------|---------------------|----------------|
|       | Operador 1    | Operador 2 | Operador 3 | Operador 4 | Técnico de proceso 1 | Técnico de proceso 2 | Técnico de proceso 3 | Ingeniero 1 | Ingeniero 2 | Técnico de Calidad | Lider de Producción | Supervisor del área |                |
| 1     | 2             | 4          | 3          | 2          | 4                    | 3                    | 4                    | 3           | 4           | 3                  | 2                   | 3                   | 37             |
| 2     | 4             | 3          | 4          | 4          | 3                    | 4                    | 4                    | 4           | 3           | 4                  | 3                   | 4                   | 44             |
| 3     | 4             | 4          | 3          | 4          | 4                    | 4                    | 4                    | 4           | 4           | 3                  | 4                   | 3                   | 45             |
| 4     | 2             | 1          | 2          | 2          | 3                    | 2                    | 3                    | 3           | 3           | 3                  | 1                   | 1                   | 26             |
| 5     | 2             | 2          | 1          | 2          | 1                    | 1                    | 2                    | 2           | 2           | 3                  | 3                   | 2                   | 23             |
| 6     | 1             | 1          | 2          | 1          | 2                    | 1                    | 2                    | 1           | 2           | 1                  | 2                   | 1                   | 17             |
| 7     | 2             | 3          | 3          | 2          | 3                    | 2                    | 3                    | 2           | 3           | 2                  | 2                   | 4                   | 31             |
| 8     | 1             | 1          | 1          | 1          | 2                    | 2                    | 2                    | 2           | 2           | 2                  | 2                   | 2                   | 20             |
| 9     | 1             | 1          | 1          | 1          | 1                    | 1                    | 1                    | 1           | 1           | 1                  | 1                   | 1                   | 12             |
| 10    | 2             | 1          | 2          | 1          | 1                    | 2                    | 1                    | 1           | 2           | 1                  | 2                   | 1                   | 17             |
| 11    | 3             | 4          | 3          | 5          | 4                    | 4                    | 4                    | 5           | 4           | 3                  | 4                   | 5                   | 48             |
| Total | 24            | 25         | 25         | 25         | 28                   | 26                   | 30                   | 28          | 30          | 26                 | 26                  | 27                  | 320            |

Fuente: Autor,2025

El cuadro anterior presenta los valores de frecuencia correspondientes a cada posible causa, según los votos emitidos por los colaboradores. Estos valores reflejan la cantidad de votos que cada miembro del equipo asignó a cada posible causa, lo que proporcionó una medida cuantitativa de la percepción sobre la criticidad de cada factor.

Los puntos distribuidos entre todas las posibles causas suman un total de 320 puntos, lo que representa la evaluación agregada del grupo de expertos.

Al organizar la tabla de multivoto obtenida, según el porcentaje asignado a cada potencial causa, se visualiza de una manera que facilita la interpretación de las prioridades emergentes. Este enfoque permite observar, claramente, cuáles causas son consideradas críticas y cuáles son menores y posibilitan una priorización eficaz.

Las causas con un porcentaje más alto son identificadas como puntos de intervención prioritarios, y el análisis debe centrarse en la comunidad de expertos para el desarrollo e implementación de estrategias dirigidas a mitigar estas causas.

Al analizar estos resultados, se obtiene un entendimiento cohesivo del consenso grupal, respecto de los factores más influyentes sobre la calidad del producto en la línea de Omniwires.

Al organizar la tabla de multivoto obtenida, anteriormente, según el porcentaje asignado a cada posible causa, se visualiza de la siguiente forma.

Tabla 4.5: Tabla de Multivoto por porcentaje

| Participantes |                                                                              |                |         |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------|
| Ideas         |                                                                              | Cantidad Total | % Total |
| 11            | Proceso de soldar inadecuado                                                 | 48             | 15,0%   |
| 3             | Instrucciones ambiguas de soldadura.                                         | 45             | 14,1%   |
| 2             | Criterios de fallos/aceptacion confusos                                      | 44             | 13,8%   |
| 1             | Los operadores no están suficientemente entrenados en técnicas de soldadura. | 37             | 11,6%   |
| 7             | Herramientas inadecuadas                                                     | 31             | 9,7%    |
| 4             | Operarios en operaciones incorrectas                                         | 26             | 8,1%    |
| 5             | Falta de limpieza y conservación regular de las herramientas.                | 23             | 7,2%    |
| 8             | Distracción o falta de atención durante el proceso de soldadura.             | 20             | 6,3%    |
| 6             | Ambiente inapropiado (humedad, temperatura).                                 | 17             | 5,3%    |
| 10            | Fatiga por horas excesivas.                                                  | 17             | 5,3%    |
| 9             | Uso de soldadores de baja calidad o desgastados.                             | 12             | 3,8%    |
| Total         |                                                                              | 320            | 100%    |

Fuente: Autor,2025

En la tabla 4.4 se presentan los valores de frecuencia organizados de acuerdo con su nivel de criticidad, tal como lo evaluaron los miembros del equipo. Esta organización sigue un orden descendente, inicia con las causas más críticas y concluye con aquellas consideradas menos relevantes.

Cada causa ha sido evaluada, meticulosamente, por el equipo, compuesto por un líder de producción, un supervisor, técnicos de proceso, ingenieros de proceso, un técnico de calidad y operarios, quienes han proporcionado una perspectiva integral y experta.

Además, se calculan los porcentajes correspondientes a cada causa, basándose en la cantidad de puntos otorgados por los colaboradores en el proceso de multivoto. Este cálculo porcentual ofrece una representación clara de la importancia relativa de cada causa en el contexto del problema y permite una priorización eficiente de las acciones correctivas.

Basándose en la información recopilada y presentada en la tabla 4.4, donde se organizan los valores de frecuencia, según su nivel de criticidad, se puede proceder a la elaboración de un diagrama de Pareto.

#### **4.3.6 Diagrama de Pareto**

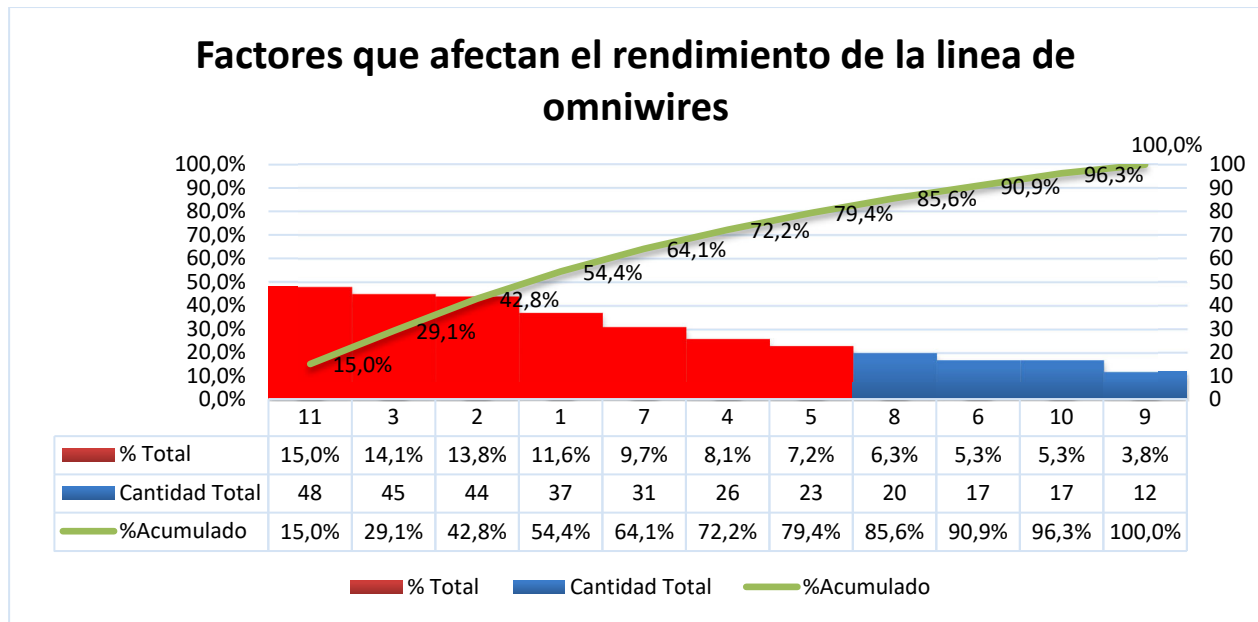
La herramienta utilizada, previamente, ofrece una referencia valiosa para fundamentar cada una de las propuestas de solución. Mediante la aplicación de la técnica de multivoto reflejada en la tabla 4.4, que se consolidó en conjunto con los expertos del área, se han priorizado las principales posibles causas que tienen un alto impacto en la problemática de la disminución de rendimiento de la línea.

Con base en los resultados obtenidos, se opta por emplear el diagrama de Pareto como una herramienta analítica que permite modelar de manera clara y visual los resultados derivados de la matriz multivoto.

La construcción del diagrama de Pareto facilita la identificación de las causas críticas mediante la representación gráfica en la que se ordenan los factores de impacto desde el más crítico hasta el menos crítico. Esta representación favorece para determinar qué factores contribuyen de manera significativa a la disminución del rendimiento de la línea.

El uso del diagrama de Pareto proporciona una perspectiva objetiva sobre las problemáticas identificadas, otorgando una guía clara para la propuesta de soluciones estratégicas. La conclusión objetiva alcanzada, mediante el diagrama de Pareto asegura que se concentren los esfuerzos correctivos en las áreas prioritarias y así se promueve un proceso de mejora continua y optimización de la eficiencia operativa.

Figura 4.23: Diagrama de Pareto



Fuente: Autor,2025

En el diagrama presentado se destaca que, de todas las causas asociadas con la problemática existente, las primeras 7 de las 11 contribuyen al 79.4% del impacto total, tal como se ilustra en la figura 4.12. Esta representación gráfica muestra de manera clara cuáles son las causas principales que afectan la línea de producción de Omniwires, así como los efectos significativos que generan.

Las causas encontradas y que requieren atención prioritaria son las siguientes:

Tabla 4.6: Tabla de causa principales

|    |                                                                             |
|----|-----------------------------------------------------------------------------|
| 11 | Proceso de soldar inadecuado                                                |
| 3  | Instrucciones ambiguas de soldadura.                                        |
| 2  | Criterios de fallos/aceptacion confusos                                     |
| 1  | Los operadores no están suficientemente entrenados en técnicas de soldadura |
| 7  | Herramientas inadecuadas                                                    |
| 4  | Operarios en operaciones incorrectas                                        |
| 5  | Falta de limpieza y conservación regular de las herramientas.               |

- 1. Proceso de soldadura inadecuado:** Se observa que el método actual de soldadura no proporciona la estabilidad y robustez necesarias para asegurar una conexión confiable en los componentes del cable guía.

Este proceso deficiente contribuye al desgaste prematuro de las soldaduras, provocando fallos en la funcionalidad del producto final. Se resalta la necesidad de proponer mejoras en el proceso para optimizar la calidad de las conexiones.

- 2. Instrucciones ambiguas de soldadura:** Se constata que las instrucciones relativas al proceso de soldadura no son, suficientemente claras, lo que lleva a interpretaciones erróneas por parte de los operarios.

Esta ambigüedad dificulta la ejecución precisa del procedimiento y contribuye a la aparición de defectos en las conexiones. Se identifica la importancia de desarrollar directrices claras y detalladas para guiar, adecuadamente, a los empleados.

- 3. Criterios de fallos/aceptación confusos:** Se evalúa que los criterios utilizados para determinar la calidad de las soldaduras son ambiguos, creando incertidumbre acerca de qué productos cumplen con los estándares necesarios.

Esta confusión afecta la consistencia del control de calidad y puede permitir que productos defectuosos sean aceptados. Se subraya la necesidad de definir, claramente, los criterios de fallo y aceptación para estandarizar la evaluación de calidad.

- 4. Los operadores no están suficientemente entrenados en técnicas de soldadura:** Se identifica que los operarios no reciben la capacitación adecuada en técnicas de soldadura, lo que afecta su capacidad para realizar conexiones de alta calidad.

La falta de formación especializada contribuye a errores y variabilidad en el proceso y sugiere la necesidad de establecer programas de entrenamiento extensivos y continuos.

- 5. Herramientas inadecuadas:** Se observa que las herramientas utilizadas en el proceso de soldadura no cumplen con las especificaciones requeridas para realizar conexiones de calidad.

El empleo de instrumental subóptimo limita la eficacia del procedimiento y puede agravar los problemas de conexión. Se recomienda evaluar y actualizar las herramientas para mejorar su adecuación al proceso productivo.

- 6. Operarios en operaciones incorrectas:** Se verifica que los operarios son colocados en tareas que no corresponden con sus habilidades, lo que impacta, negativamente, en la calidad del trabajo realizado.

La disposición incorrecta de los empleados genera ineficiencias y aumenta la probabilidad de errores. Se propone desarrollar un sistema de asignación basado en competencias para optimizar la colocación de los operarios.

- 7. Falta de limpieza y conservación regular de las herramientas:** Se indica que la insuficiente limpieza y mantenimiento de las herramientas contribuye a su deterioro y disminuye su eficacia en el proceso de soldadura.

La acumulación de residuos y la degradación del equipamiento afecta la calidad de las conexiones realizadas. Se destaca la importancia de establecer rutinas de limpieza y conservación para prolongar la vida útil de las herramientas y asegurar su óptimo rendimiento de la línea.

Estas causas identificadas constituyen los principales contribuyentes al problema de disminución del rendimiento en la línea de Omniwires. Cada una de ellas proporciona un enfoque claro para intervenir y desarrollar acciones correctivas que optimicen el proceso productivo.

Una vez que se identifican las causas que afectan al rendimiento de la línea, se procede a realizar pruebas y análisis para determinar las soluciones más efectivas que permitan mitigar su impacto.

Este enfoque se centra en evaluar diversos factores que influyen en el desempeño, con el objetivo de implementar medidas correctivas que optimicen la eficiencia operativa. Durante el proceso de pruebas, se recopilan datos empíricos que facilitan la comprensión de los desafíos específicos presentes.

Asimismo, el análisis detallado de estos datos proporciona información valiosa que guía la formulación de propuestas. Mediante la ejecución de estas acciones, se busca asegurar una mejora sostenible en el rendimiento de la línea, lo cual es esencial para alcanzar los objetivos operativos establecidos.

Al tener en cuenta estas áreas prioritarias, se espera proponer mejoras sustanciales que incrementen la eficiencia y calidad producción, asegura así los niveles deseados de rendimiento de la línea.

Para concluir este capítulo el equipo de trabajo ha acordado enfocarse en ofrecer soluciones para los primeros siete factores del análisis de Pareto donde se van a desarrollar en la etapa de propuestas, según la metodología DMAIC.

## **CAPÍTULO: PROPUESTA**

En este capítulo, se elaboran propuestas para abordar las causas principales de la problemática discutida en el capítulo IV, específicamente, sobre el rendimiento de la línea de ensamble de catéteres de la empresa GUÍAMED CR. Se establece el objetivo de reducir la cantidad de rechazos en la línea y, de esta manera, cumplir con los estándares de calidad establecidos. Se busca alcanzar el rendimiento de al menos el 72%.

## **5.1 MEJORAR**

La fase de mejora en la metodología DMAIC se centra en sugerir alternativas que traten, directamente, las causas raíz del problema. Por lo tanto, se parte del enfoque empresarial, la disponibilidad de recursos asignados para los cambios que se van a proponer sobre las causas críticas identificadas en el capítulo IV, y con el respaldo del Departamento de Ingeniería, se describen las soluciones propuestas que tratan las causas raíz principales del problema identificado.

Se presentan las soluciones propuestas que tienen en cuenta las causas raíz más importantes, según el capítulo IV y los factores que contribuyen al problema identificado:

Tabla 5.1: Tabla de propuesta para causas principales

| Causa                                                                        | Alternativa propuesta para la solución                                                                                                | Acción para implementar                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Proceso de soldar inadecuado                                                 | Evaluar los métodos actuales de soldadura y crear un nuevo de proceso de soldadura para mejorar el funcionamiento para el cable guía. | Propuesta de Optimización del Proceso de Soldadura:<br>Actualización de Instrucciones e Implementación de Nuevas Herramientas para Mejorar el Rendimiento del Cable Guía, Incluyendo Directrices para la Limpieza de Herramientas. |
| Instrucciones ambiguas de soldadura.                                         | Revisar y reformular las instrucciones existentes para asegurar claridad y precisión.                                                 |                                                                                                                                                                                                                                    |
| Criterios de fallos/aceptación confusos                                      | Implementar criterios claros y consistentes para fallos y aceptación a lo largo de todo el proceso de soldadura.                      |                                                                                                                                                                                                                                    |
| Falta de limpieza y conservación regular de las herramientas.                | Implementar procedimientos estándar para la limpieza y mantenimiento regular de herramientas y equipos.                               |                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                              | Revisar continuamente el estado de las herramientas para prender cualquier necesidad de reparación o reemplazo.                       |                                                                                                                                                                                                                                    |
| Herramientas inadecuadas                                                     | Evaluar las herramientas actuales y adquirir equipos adecuados que se alineen con los requisitos del proceso de soldadura.            |                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                              | Evaluar las herramientas actuales y adquirir equipos adecuados que se alineen con los requisitos del proceso de soldadura.            |                                                                                                                                                                                                                                    |
| Los operadores no están suficientemente entrenados en técnicas de soldadura. | Desarrollar e implementar programas de capacitación continua para mejorar las habilidades de soldadura de los operadores.             | Crear un cronograma de capacitación regular, incorporando simulaciones prácticas y utilizando evaluaciones de rendimiento.                                                                                                         |
|                                                                              | Realizar evaluaciones periódicas para medir las habilidades de los operarios y adaptar la capacitación según sea necesario.           |                                                                                                                                                                                                                                    |
| Operarios en operaciones incorrectas                                         | Realizar pruebas de habilidades técnicas para evaluar las habilidades específicas relacionadas con la operación.                      | Crear un sistema de asignación en base a competencias identificadas, asegurando que los operarios sean colocados en operaciones que corresponden a sus habilidades.                                                                |

Fuente: Autor,2025

A continuación, se exploran, detalladamente, las soluciones propuestas para mejorar el rendimiento de la línea de ensamblaje de cables guías en la empresa GUÍAMED CR.

### 5.1.1 Propuesta de optimización del proceso de soldadura: actualización de instrucciones e implementación de nuevas herramientas para mejorar el rendimiento del cable guía, incluye directrices para la limpieza de herramientas.

En el análisis de la fase IV, se destacan varias causas que contribuyen a esta problemática. Entre ellas, se encuentra un proceso de soldadura y herramienta

inadecuada, que no garantiza la robustez y estabilidad necesarias para una conexión duradera. Además, las instrucciones de soldadura son ambiguas, lo que dificulta su correcta interpretación y aplicación por los operarios en la línea de ensamblaje. Finalmente, se identifican criterios confusos de fallo y aceptación que generan incertidumbre sobre la calidad del producto y la correcta ejecución del procedimiento.

Estos factores combinados subrayan la necesidad de desarrollar directrices claras y precisas para mejorar el proceso de soldadura y asegurar la funcionalidad del cable guía.

#### **5.1.1.1 Caracterización de la herramienta de soldadura: Evaluación de parámetros operativos.**

Para iniciar las pruebas, se determina realizar la caracterización de la temperatura, mediante las nuevas puntas tipo Plana, con el objetivo de identificar la temperatura ideal para las pruebas de la nueva técnica de soldadura.

Este proceso de caracterización es fundamental para garantizar que la temperatura aplicada sea óptima, permitiendo así una soldadura eficiente y de alta calidad. La selección adecuada de la temperatura contribuye, significativamente, a la estabilidad del proceso y a la resistencia mecánica de las conexiones resultantes.

Mediante la obtención de datos precisos sobre el comportamiento térmico de las puntas tipo Plana, se facilita el establecimiento de parámetros operativos que optimicen los resultados de soldadura, asegurando la eficacia del nuevo enfoque propuesto.

Se llevan a cabo pruebas utilizando tres diferentes parámetros de temperatura con el fin de evaluar cuál es el más apropiado para generar una soldadura de calidad óptima. Este enfoque experimental permite determinar la temperatura que ofrece el mejor equilibrio entre estabilidad del proceso y resistencia mecánica de la unión.

Al analizar los resultados obtenidos de cada rango de temperatura, se busca identificar aquel que maximice la eficiencia del proceso de soldadura y minimice los defectos para asegurar la integridad de las conexiones. Este análisis es fundamental para

establecer estándares que garantizan consistencia y durabilidad en aplicaciones técnicas específicas.

Figura 5.1: Distribución de repeticiones a temperatura 810 °F

| Temperature | Number of repetitions | QTY | Percentage |
|-------------|-----------------------|-----|------------|
| 810 °F      | 1                     | 1   | 2%         |
|             | 2                     | 17  | 29%        |
|             | 3                     | 28  | 47%        |
|             | 4                     | 10  | 17%        |
|             | 5                     | 1   | 2%         |
|             | 6                     | 2   | 3%         |

Fuente: Autor,2025

Como se ve en la figura 5.1, una gran parte de las muestras necesitaron 3 repeticiones de toques de soldar. Un total de 28 muestras utilizaron este número de repeticiones, lo que representa un 47% del tamaño de la muestra. Desde otro punto, el 29% del grupo necesitó solo 2 repeticiones de toques de soldar.

Figura 5.2: Distribución de repeticiones a temperatura 820 °F

| Temperature | Number of repetitions | QTY | Percentage |
|-------------|-----------------------|-----|------------|
| 820 °F      | 1                     | 2   | 3%         |
|             | 2                     | 26  | 44%        |
|             | 3                     | 30  | 51%        |
|             | 4                     | 1   | 2%         |

Fuente: Autor,2025

Al ejecutar el procedimiento a 820 ° F, se soldó, correctamente, el recubrimiento aislante de todo el grupo de 59 muestras. Como la temperatura era más alta, el proceso de soldado se facilitó más y no superó las 3 repeticiones. En el 51% de las muestras, en la mayoría de los casos, se necesitaron 3 repeticiones de diapositivas. Como se observa en la figura 5.2, el 44% del grupo requirió 2 repeticiones de toques de soldar.

Estos resultados son similares al caso de 810 °F, que evidencia un rendimiento comparable.

Figura 5.3: Distribución de repeticiones a temperatura 830 °F

| Temperature | Number of repetitions | QTY | Percentage |
|-------------|-----------------------|-----|------------|
| 830 °F      | 1                     | 2   | 3%         |
|             | 2                     | 46  | 78%        |
|             | 3                     | 11  | 19%        |

Fuente: Autor,2025

A 830 °F, los resultados y las observaciones son similares, ya que proceso de soldado se realiza una manera consistente. En este caso, el número frecuente de repeticiones de portaobjetos fue de 2 y al 78% de las muestras se les facilitó más retiró proceso de soldado con menos repeticiones. También hubo casos en los que el soldado se ejecutó desde la primera vez.

El análisis de los resultados experimentales muestra variaciones importantes en el número necesario de repeticiones para lograr una soldadura efectiva del recubrimiento aislante, dependiendo de la temperatura aplicada. Como se detalla en la figura 5.1, un 47% de las muestras requirió tres repeticiones de toques de soldar, lo que sugiere que, en condiciones de menor temperatura, el proceso puede demandar múltiples repeticiones para asegurar la efectividad.

En contraste, al aumentar la temperatura a 820 °F, se observa una mejora notable, logrando soldar correctamente el recubrimiento aislante en todo el grupo de 59 muestras. Este aumento de temperatura facilita el proceso al no requerir más de tres repeticiones. En esta condición, el 51% de las muestras todavía necesitó tres repeticiones de deslizamiento, pero se registra una disminución al 44% en aquellas que solo requirieron dos, tal como se refleja en la figura 5.2.

Estos resultados son similares a los obtenidos a 810 °F, lo que indica un rendimiento comparable entre ambas temperaturas, aunque con una ligera ventaja en la eficiencia a medida que se incrementa el calor.

A una temperatura de 830 °F, se alcanza una eficiencia máxima en el proceso de soldadura. La mayoría de las muestras, un 78%, requirió, únicamente, dos repeticiones para completar el proceso de manera satisfactoria. Además, se reportaron instancias donde la soldadura se realizó, exitosamente, en el primer intento.

Estos resultados destacan la capacidad de una temperatura más elevada para reducir el número de repeticiones necesarias y así promover una soldadura eficaz y consistente.

El incremento controlado de la temperatura no solo optimiza la eficiencia del proceso, sino que también mejora la calidad del resultado final al minimizar el esfuerzo requerido y el riesgo de errores. Estas observaciones proporcionan una base sólida para la regulación de parámetros operativos que maximicen la efectividad del proceso de soldadura y sugieran que temperaturas más altas favorecen una mayor eficiencia el método de soldar con menos toques.

Dado que la caracterización demuestra que la temperatura ideal es de 830 °F, se procede a realizar las pruebas utilizando este parámetro térmico con la nueva punta Plana. Esta elección se basa en los resultados previos que identificaron la temperatura como óptima, pues permitió una soldadura eficaz y consistente. El objetivo de estas pruebas es validar la efectividad del proceso a la temperatura señalada. Con esta propuesta, se anticipa la optimización del rendimiento del procedimiento de soldadura.

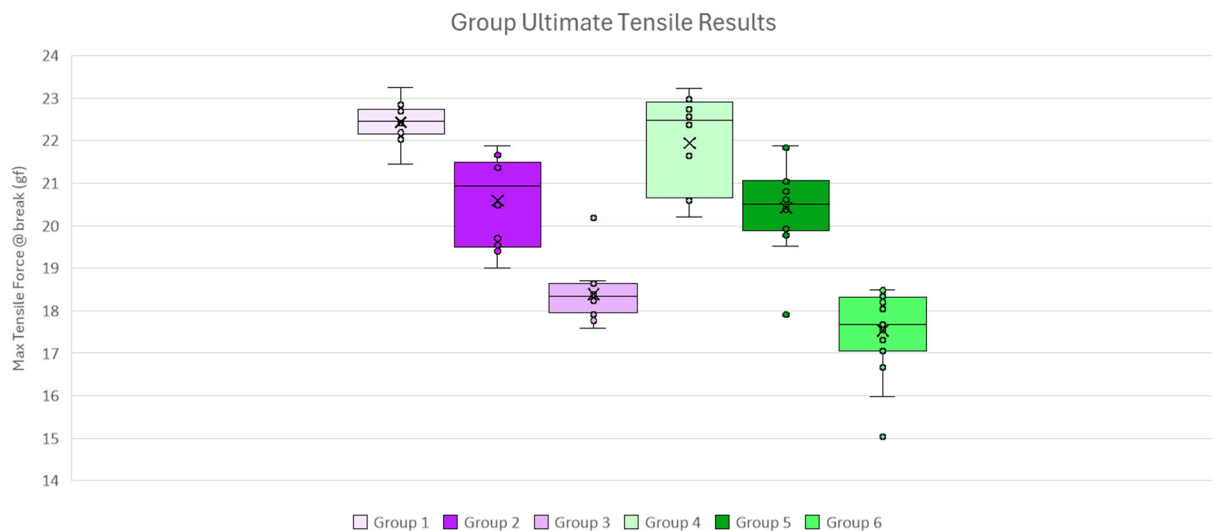
#### **5.1.1.2 Evaluación de técnicas de soldadura con variación de puntas para optimizar el rendimiento de las conexiones**

Por lo tanto, se lleva a cabo una investigación exhaustiva y diversas pruebas con el objetivo de encontrar una propuesta viable para un nuevo método de soldadura. Este proceso de investigación incluye la evaluación de diferentes técnicas y herramientas, así

como la simulación de condiciones operativas para determinar la eficacia y la durabilidad del nuevo método.

El resultado esperado de este esfuerzo investigativo es el desarrollo de un procedimiento de soldadura que no solo mejore la conexión entre los componentes del cable guía, sino que también simplifique las instrucciones y clarifique los criterios de fallo y aceptación, contribuya con un producto final de mejor calidad y un rendimiento más consistente.

Figura 5.4: Resultados de tensión



Fuente: GUÍAMED CR

Se resumen los resultados en barras de diagrama de caja, para comparar las diferencias en los percitos de los diferentes grupos de experimentos.

En el análisis de los resultados, se interpreta que las técnicas y herramientas empleadas en la soldadura para cada grupo impactan, significativamente, la resistencia mecánica de los materiales examinados. Estandarizar las condiciones y optimizar las técnicas utilizadas podrían mejorar la consistencia y el rendimiento general de los productos soldados.

Como:

- Group 1: Soldadura directa (Proceso nuevo), mitad del canal, punta Plana ( Nueva punta )
- Group 2: Soldadura directa ( Proceso nuevo ), punta redonda ( Punta actual ),
- Group 3: Soldadura puente ( Proceso actual ), punta Plana ( Nueva punta )
- Group 4: Soldadura directa ( Proceso nuevo ),punta Plana ( Nueva punta )
- Group 5: Soldadura directa ( Proceso nuevo ) mitad del canales, punta redonda ( Punta actual ).
- Group 6: Soldadura puente ( Proceso actual ), punta redonda ( Punta actual ).

**En esta representación de caja:**

- Grupo 1 presenta resultados con fuerza de tensión última que oscilan entre, aproximadamente, 21 y 23 g f e indican un rendimiento, relativamente, consistente y alto en comparación con otros grupos.
- Grupo 2 demuestra una variabilidad mayor, con resultados promediados alrededor de los 21 g f, pero con un rango más amplio, lo que sugiere una dispersión significativa en los valores obtenidos.
- Grupo 3 se observa con un promedio cercano a 19 g f, mostrando menor resistencia en comparación con los grupos 1 y 2.
- Grupo 4 logra superar a los demás grupos en términos de fuerza de tensión última, alcanzando valores entre 22 y 24 g f, indicando un rendimiento superior y menor dispersión en sus resultados.

- Grupo 5 presenta resultados que se agrupan más abajo, con la mayoría de las mediciones y alcanzan entre 17 y 19 g f, que reflejan una menor capacidad de resistencia mecánica.
- Grupo 6 tiene la más amplia dispersión, pero en los valores más bajos en comparación con otros grupos, con una tendencia hacia fuerzas de tensión inferiores a los 19 g f, lo que podría señalar una técnica de soldadura menos efectiva o variabilidad en las condiciones de prueba.

En el estudio comparativo de grupos evaluados por su fuerza de tensión última, el Grupo 4 emerge como la opción más favorable. Este grupo alcanza valores entre 22 y 24 gf, lo cual indica no solo un rendimiento superior en términos de resistencia, sino también una menor dispersión en los resultados obtenidos.

En la práctica, estas características sugieren una mayor consistencia y confiabilidad en el rendimiento de los materiales o técnicas analizadas. La consistencia en los resultados es crucial para aplicaciones que demandan alta resistencia mecánica y predictibilidad en el desempeño. Por ende, el Grupo 4 se constituye como la mejor alternativa para consideraciones futuras en contextos donde la resistencia y la estabilidad son prioritarias.

Por consiguiente, se propone un cambio en el método de soldadura dentro del área de las conexiones eléctricas, acompañado por una propuesta de una herramienta nueva punta Plana diseñada para obtener una soldadura más estable y rígida. Este cambio implica la introducción de nuevas instrucciones para el proceso de soldadura en el punto de conexión del cable guía, las cuales incorporan criterios específicos de aceptación y detección de fallos.

La modificación del método busca optimizar la integridad y durabilidad de las conexiones eléctricas, asegurando así una mayor eficiencia y fiabilidad en su desempeño. Además, los criterios establecidos proporcionan un marco claro para evaluar la calidad de las soldaduras y permite identificar áreas de mejora y garantizar que se cumplan los estándares de calidad requeridos.

Este enfoque estructurado tiene el potencial de reducir la variabilidad en los resultados de soldadura, se promueve la estabilidad y consistencia de las conexiones eléctricas en el sistema.

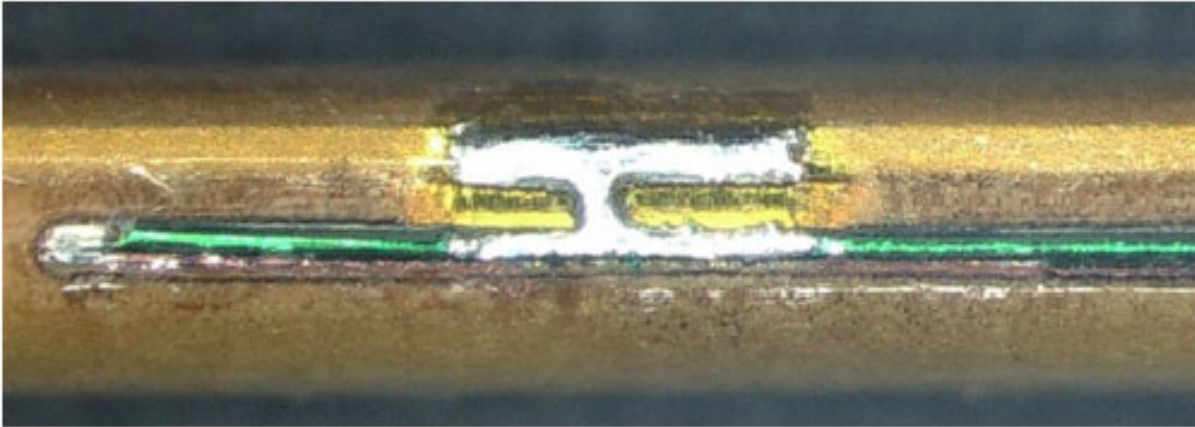
#### **5.1.1.3 Análisis del Proceso Actual**

En el proceso actual, se observa la implementación de un puente de soldadura que conecta el filar con el *ribbon*, el cual constituye la parte dorada y brillante localizada adyacente al *composite core*.

Este procedimiento se realiza con el fin de establecer una conexión efectiva entre ambos componentes, a través del puente, lo que resulta esencial para crear una conexión funcional y confiable en el cable guía.

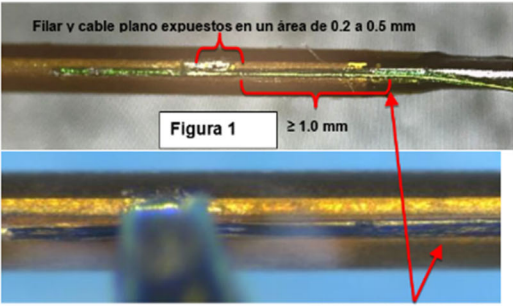
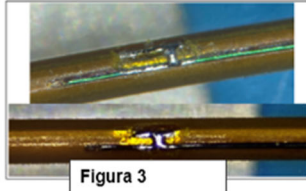
Durante la ejecución de este procedimiento, se enfatiza la necesidad de asegurar que la soldadura sea suficientemente estable y rígida, con el objetivo de garantizar tanto la durabilidad como la eficiencia de la conexión. Este enfoque busca optimizar las características mecánicas y eléctricas del cable, para asegurar que se cumplan los estándares de calidad y funcionalidad requeridos para su correcto desempeño en aplicaciones específicas.

Figura 5.5: Proceso de conexión la actual



Fuente: Autor,2025

Figura 5.6: Instrucciones de conexión la actual

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>16.1 Localice y verifique que la sección previamente marcada (Tinta negra/azul y/o corte en PTFE) del lado del filar negro este aproximadamente a 1.0mm del lado distal de canal.</p> <p>16.2 Con un bisturí o una espátula, suavemente deje expuesta una sección de 0.2 mm a 0.5 mm de los filares y el cable plano (<u>ribbons</u>), a cada lado del componente compuesto. (Vea la figura 1).</p> <p>16.3 En el lado opuesto, con un bisturí o una espátula, remueva suavemente el recubrimiento del filar verde y del cable plano (<u>ribbon</u>) para dejar expuesta la sección entre 0.2 mm a 0.5 mm (Vea la figura 1).</p> <p><b>Nota:</b> Asegúrese de que la unidad queda libre de adhesivo y/o residuos en esta zona para facilitar el proceso de soldadura</p> <p>16.4 Limpie los residuos alrededor del área con un mini aplicador de espuma remojado con IPA 99%.</p> <p>16.5 A cada lado, suelde juntos el cable plano y el filar en el área expuesta.</p> <p>16.5.1 Moje la punta de soldar en el flux, únicamente el área que se señala en la figura 2.</p> <p>16.5.2 Coloque el alambre de soldadura retorcido frente a la punta de soldar y permita que se transfiera una pequeña cantidad de soldadura a la punta de soldar en dirección. No se debe trasladar la soldadura a lo largo de la punta a través de las paredes de la punta.</p> <p><b>Nota:</b> El material de soldadura debe encontrarse enrollado máximo entre dos cables.</p> <p>16.5.3 De nuevo moje ligeramente la punta en el flux, creando en la punta una mezcla de flux y soldadura derretida.</p> <p><b>Nota:</b> No añada flux al área expuesta del filar ni del cable plano.</p> <p>16.5.4 Suavemente, haga contacto con la punta de soldar en el área expuesta del cable plano y luego haga contacto con el área expuesta del filar para transferir la soldadura al filar y al cable plano para crear un puente de soldadura sin dejar cobre del filar expuesto. (Vea la figura 3).</p> <p><b>Nota:</b> Reduzca la cantidad de toques con la punta de soldar a la sección del cable plano.</p> |  <p>Filar y cable plano expuestos en un área de 0.2 a 0.5 mm</p> <p>Figura 1</p> <p>≥ 1.0 mm</p>  <p>Figura 2</p> <p>Extremo distal del canal</p>  <p>Figura 3</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: GUÍAMED CR CR

Figura 5.7: Criterios de aceptación y fallos actuales

16.5.5 La soldadura no debería quedar dispareja. Si tiene exceso o témpanos de soldadura utilice cuidadosamente la punta de soldar para distribuirlo en dirección del filar. Ver Figura 50 para una unión de soldadura aceptable y no aceptable.

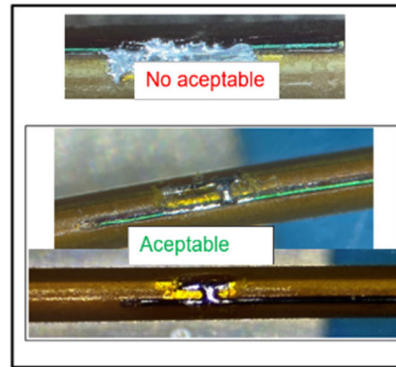


Figura 50

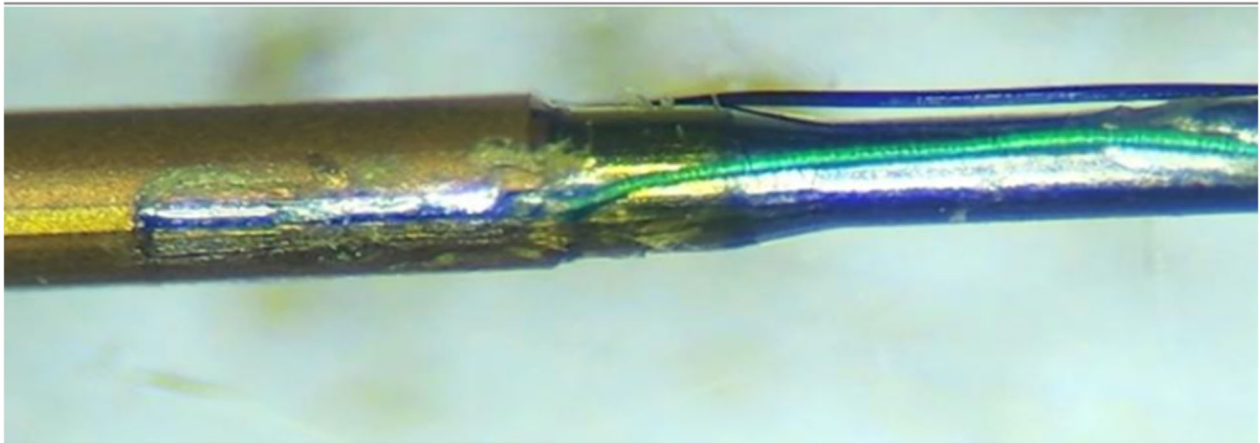
Fuente: GUÍAMED CR CR

#### 5.1.1.4 Diseño de una propuesta de proceso futuro

Se propone la realización de una conexión directa entre el filar y el *ribbon* con el objetivo de evitar pérdidas de conexión. Esta configuración busca optimizar la integridad de la unión, ya que se ha demostrado que una conexión directa proporciona mayor fuerza de sujeción y reduce significativamente la posibilidad de desprendimiento.

La implementación de este enfoque está orientada a mejorar la estabilidad y la eficiencia del sistema, asegurando que las conexiones mantengan su funcionalidad bajo condiciones operativas diversas. Por tanto, la calidad de la conexión es primordial para lograr un desempeño óptimo y prolongar la vida útil del sistema en el contexto de su aplicación específica.

Figura 5.8: Proceso de conexión propuesta



Fuente: Autor,2025

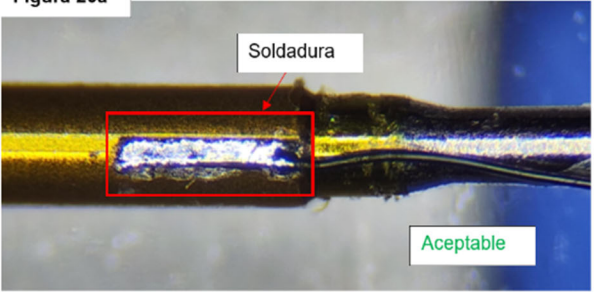
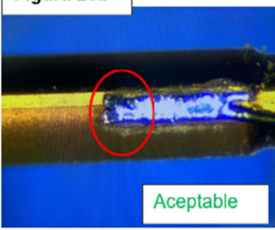
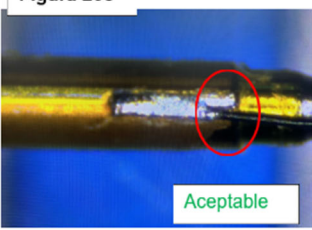
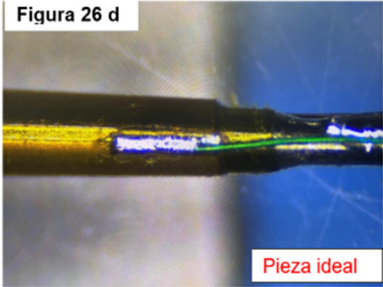
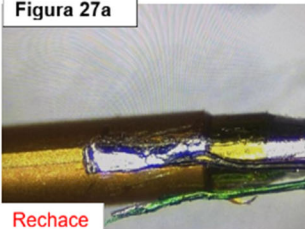
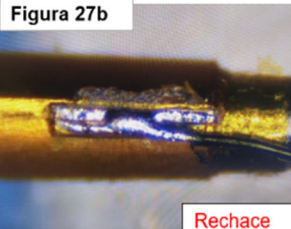
Por lo cual, se propone realizar una conexión directa entre el filar y el ribbon siguiendo las siguientes instrucciones

Figura 5.9: Instrucciones de conexión propuesta

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <p>13.1 Verifique que en el filar verde y negro se haya retirado <b>por completo el recubrimiento</b> aislante de la sección que va a ser soldada al canal. De ser necesario, utilice las puntas de remover el aislante para retirar cualquier residuo de aislante del filar verde y negro.</p> <p>13.2 La sección de los filares negro y verde, que se encuentra fuera del área del hombro del Composite Core debe mantener el recubrimiento aislante.</p> <p>13.3 Inserte el tubo termoencogible desprendible por el <u>tip coil</u> hacia el lado proximal del hypotube.</p> <p>13.4 Continúe deslizando el tubo termoencogible hasta la soldadura del filar rojo aproximadamente y utilice la estación de aire caliente para reducir el tubo termoencogible. (Vea la figura 1)</p> <p>13.5 De ser necesario, deslice proximalmente el tubo termoencogible para llevar los filares negro y verde hasta el tope de su respectivo canal. (Vea la figura 2).</p> <p>13.5.1 Evita tirar de los filares con las pinzas para guiarlos, ya que esto podría dañarlos. Puede usar el tubo termoencogible para guiarlos.</p> <p>13.6 Posicione la sección sin recubrimiento del filar verde sobre el canal, previamente estañado, y aplique soldadura con la punta de soldar para unir ambos conductores.</p> <p>13.7 Realice este mismo procedimiento para soldar el filar negro.</p> <p><b>Nota:</b> Es permitido soldar el filar negro y después el verde.</p> <p>13.8 Verifique que el aspecto de la soldadura no quede disperejo (o que contenga una superficie muy irregular) y adicionalmente, verifique el canal quede cubierto de soldadura. (Vea la figura 3)</p> | <p><b>Figura 1</b></p> <p><b>Figura 2</b></p> <p><b>Figura 3</b></p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|

Fuente: Autor,2025

Figura 5.10: Criterios de aceptación y fallos propuestos

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>13.6 Verifique que el aspecto de la soldadura no quede disparejo (o que contenga una superficie muy irregular) y adicionalmente, verifique el canal quede cubierto de soldadura.</p> <p>13.6.1 Si tiene exceso o témpanos de soldadura, utilice la punta para soldar y cuidadosamente distribuya la soldadura en dirección del filar.</p> <p>13.6.2 Es aceptable que la soldadura no sea uniforme cerca de los bordes del canal. (Ver figuras 26 b y 26 c)</p> <p>13.7 Ver Figuras 26 a, 26 b, 26 c y 26 d como referencia de una unión de soldadura aceptable.</p> | <p><b>Figura 26a</b></p>  <p><b>Figura 26b</b></p>  <p><b>Figura 26c</b></p>                                                                                 |
| <p>13.8 La figura 26 d representa un resultado de soldadura ideal. Diferencias respecto a la imagen pueden ser aceptables.</p> <p>13.8.1 Rechace las condiciones que se muestran en las figuras 27a y 27b.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p><b>Figura 26 d</b></p>  <p><b>Figura 27a</b></p>  <p><b>Figura 27b</b></p>  <p>Soldadura con remanente de aislante</p> <p>Filar fuera del canal</p> |

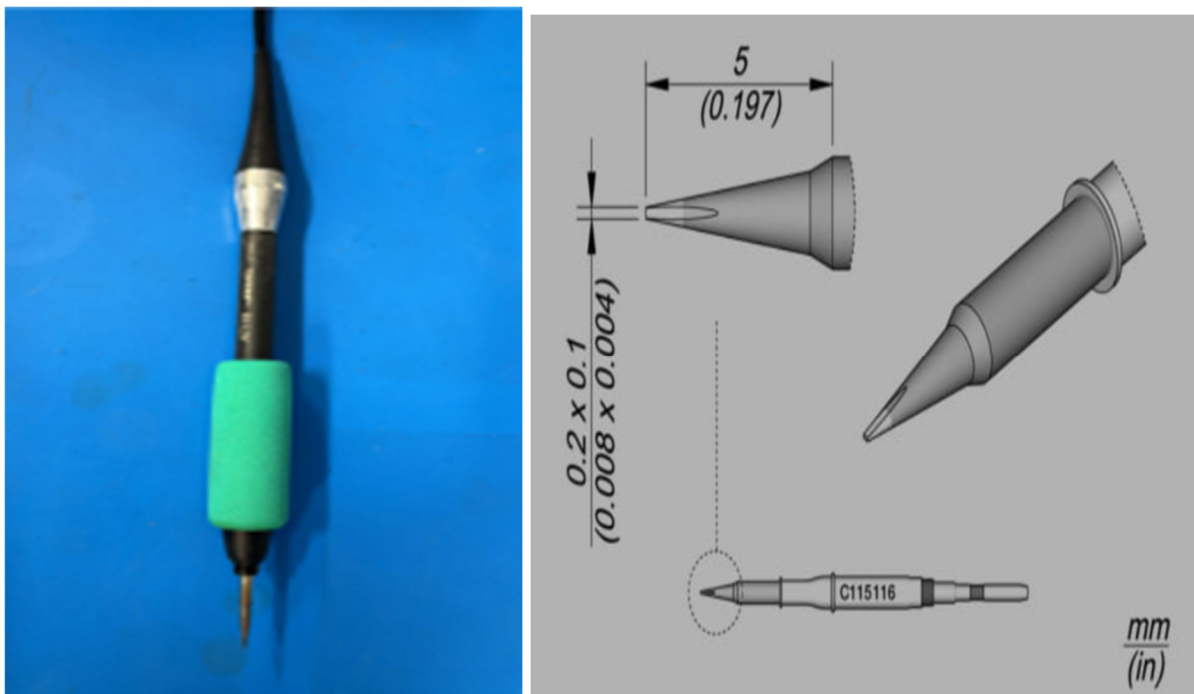
Fuente: Autor,2025

#### 5.1.1.5 Propuesta de una nueva herramienta: punta plana para optimizar procesos de soldadura.

El uso de la herramienta adecuada es fundamental para optimizar el proceso de soldadura, por lo que se propone un cambio en la herramienta empleada. De acuerdo con los resultados de tensión mostrados en la figura 5.4, el análisis del grupo 4 indica que la **Punta Plana** es la opción ideal para implementar la nueva propuesta de soldadura directa en la conexión eléctrica.

Esta herramienta ha demostrado ser eficaz para proporcionar una soldadura más estable y resistente, lo cual garantiza una conexión eléctrica que es tanto funcional como duradera. La adopción de esta herramienta tiene como objetivo mejorar la calidad del proceso de soldadura y asegurar la integridad de las uniones, minimiza el riesgo de fallos en aplicaciones operativas.

Figura 5.11: Punta Plana



Fuente: Autor,2025

### **Beneficios de la nueva herramienta de soldar:**

- **Calidad del acabado:** Puede mejorar, significativamente, la apariencia y calidad de la soldadura.
- **Reducción de defectos:** Herramienta más adecuada puede disminuir la aparición de defectos como falta de soldadura o problemas de conexión.
- **Mejora en la soldadura:** Asegura una soldadura más fuerte y duradera.
- **Eficiencia:** Disminución del tiempo requerido, por lo que aumenta la productividad sin comprometer la calidad.
- **Facilidad de aprendizaje:** Son más fáciles de dominar, permite al operador mejorar su técnica, rápidamente.

En representación de las cinco mejoras que se proponen en la información anterior, se propone el cambio de herramienta de soldar por la figura 5.11 que cumple con las expectativas requeridas para el proceso.

#### **5.1.1.6 Directrices para la conservación y limpieza de herramientas de soldadura**

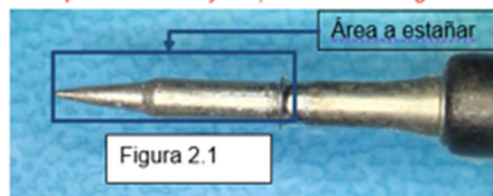
Como parte integral de la propuesta, se desarrollan instrucciones específicas para la conservación y limpieza de la punta plana, con el objetivo de mejorar su vida útil y garantizar un rendimiento óptimo en el proceso de soldadura.

Estas directrices incluyen procedimientos detallados sobre la manera adecuada de limpiar la herramienta, los materiales y productos recomendados para su mantenimiento, y la frecuencia con la cual estas actividades deben llevarse a cabo.

La implementación de estas prácticas busca prevenir el desgaste prematuro y la acumulación de residuos que puedan interferir con la calidad de las soldaduras, se asegura que la punta plana mantenga su eficacia durante un período prolongado. De esta manera, se promueve tanto la eficiencia operativa como la sustentabilidad del equipo, lo cual es crucial para maximizar la utilidad de la inversión de la herramienta.

Figura 5.11: Instrucciones de conservación y limpieza de la punta plana

- 8.1 Cuando no esté soldando, aunque sea por unos minutos, coloque la herramienta de soldar en la base. Esto ayudará a prolongar la vida de la punta.
- 8.2 Es importante aplicar la cantidad correcta de soldadura. Así minimiza la limpieza requerida.
- 8.3 Una punta de soldar NO ES un pincel, una espátula ni un cincel. Su único propósito es aplicar soldadura a la parte. Otros usos de la punta de soldar dañaran la punta de soldar y generaran una unión deficiente de soldadura.
- 8.4 Utilice las buenas prácticas para prolongar la vida de la punta de soldar.
- 8.5 Cuando se instala por primera vez, estañe completamente la punta.
  - 8.5.1 Forme o desgaste ligeramente la punta de soldadura con los discos para lijar.
  - 8.5.2 Enrolle el material de soldadura alrededor del cuerpo de la punta de soldar desde la primera división hasta la punta, refiérase a la figura 2.
  - 8.5.3 Corte el sobrante de soldadura que no esté enrollado en la punta de soldar con una navajilla, pinza o bisturí.
  - 8.5.4 Con la punta de soldadura insertada en el mandril de la estación de soldadura JBC encendida, sumerja la punta de soldar en flux, ingresando únicamente la sección de la punta que tiene material de soldadura.
  - 8.5.5 Limpie la punta de soldar en la alambrita, removiendo el exceso de soldadura, asegurando que tenga un aspecto brillante y liso, refiérase a la figura 2.



- 8.6 Después de cada unidad y/o cuando sea necesario, inspeccione la punta en el microscopio y si la punta no se ve adecuadamente preparada, estañe referenciando la sección 8.5.2 al 8.5.5. Esta inspección se puede realizar cuando se acerca la punta a la parte que se está soldando.
- 8.7 Cada vez que tome el lápiz de la base, limpie la punta en la alambrita. Para tener un mejor funcionamiento, reemplace la alambrita cuando se ensucie o desgaste.
- 8.8 Cuando no se esté soldando durante cinco minutos o más, (si va a receso o al almuerzo), si la punta no se encuentra en condición pestañada según la Figura 2, estañe según sección 8.5.2 al 8.5.4 y apague el equipo de soldar.
- 8.9 Al finalizar el día, si la punta no se encuentra en condición pestañada, estañe adecuadamente según la sección 8.5.2 al 8.5.4 y apague el equipo de soldar.
- 8.10 No utilice navajillas o materiales abrasivos para limpiar la punta de soldar. Después de este tipo de limpieza, inspeccione cuidadosamente la punta en el microscopio, busque daños en la superficie y descártela si encuentra algún daño.

Sin embargo, para implementar las propuestas mencionadas, anteriormente, se debe establecer un flujo de proceso de cambios, que comprende los siguientes pasos:

### **1. Creación de redlines del documento:**

En esta etapa, se identifican y resaltan todas las modificaciones necesarias en el documento original, mediante el uso de redlines.

Este método facilita una revisión clara y detallada de cada cambio propuesto, permitiendo que todas las partes involucradas visualicen de manera directa las enmiendas, respecto del contenido original.

La creación de redlines es fundamental para asegurar la transparencia y precisión en la documentación del proceso de actualización.

### **2. Colaboración de redlines con los aprobadores:**

Se establece un proceso colaborativo con los aprobadores, mediante el cual se revisan los redlines preparados.

Durante esta fase, se busca el consenso y la validación de los cambios realizados, asegurando que los aprobadores estén de acuerdo con las modificaciones propuestas y que estas cumplan con los estándares de calidad y requisitos estipulados para el documento.

### **3. Incorporación de la realimentación:**

A partir del intercambio inicial de redlines, se integra la realimentación proporcionada por los aprobadores. Este paso garantiza que todas sus

observaciones y recomendaciones sean incorporadas, adecuadamente, mejora la calidad y exactitud del documento final.

La incorporación de realimentación es esencial para reflejar fielmente las necesidades y expectativas de los responsables del proceso.

#### **4. Creación de la Tarea de Cambio en el Sistema:**

Se procederá a formalizar el proceso, mediante la creación de una tarea específica de cambio dentro del sistema de gestión de documentos.

Esta tarea detalla las acciones necesarias para llevar a cabo las actualizaciones autorizadas, establece un marco estructurado para la implementación del cambio.

#### **5. Entrenamiento de persona:**

Una vez ,que el cambio se encuentra en proceso de liberación, se contacta al encargado de las áreas productivas que serán impactadas por este cambio. Se les informa que un nuevo documento relacionado está en proceso de actualización, de acuerdo con los aspectos aplicables.

Este procedimiento garantiza que todos los responsables estén al tanto de las modificaciones pertinentes, se facilita la correcta implementación de los cambios en la operativa productiva. Además, se asegura que el personal pertinente disponga de la información actualizada necesaria para ajustar sus prácticas y procedimientos en consonancia con el nuevo enfoque establecido.

Esto fomenta una transición ordenada y coherente hacia el nuevo sistema, minimiza posibles interrupciones en las actividades productivas del entorno.

## **6. Someter información del cambio en el sistema:**

Una vez, definida la tarea de cambio, se somete la información relevante al sistema, se documenta, detalladamente, cada actualización realizada. Este paso garantiza que haya un registro formal y accesible de los cambios y permite el seguimiento y análisis del impacto de las modificaciones en el futuro.

## **7. Aprobación del cambio por los aprobadores:**

La aprobación formal por parte de los aprobadores representa un hito crucial en el proceso. Este paso significa que los cambios propuestos han sido evaluados y considerados aptos para su implementación, certificando que cumple con los requisitos establecidos y el estándar de calidad esperado.

## **8. Liberación del documento actualizado:**

Finalmente, se libera el documento actualizado, poniendo en efecto todos los cambios aprobados y proporcionando a los equipos un recurso que refleja las últimas revisiones. Este documento actualizado se convierte en la referencia operativa para todas las actividades subsecuentes, lo que asegura coherencia, continuidad y mejora en la implementación de procesos.

### **5.1.1.7 Viabilidad financiera**

En la realización de esta propuesta, se llevaron a cabo pruebas y análisis con el propósito de documentar mejoras y verificar que no se afecta la validación ni la funcionalidad del producto. Esas pruebas y análisis implicaron un costo de ¢21 929 625,00, determinado por el monto unitario multiplicado por la cantidad de pruebas realizadas.

Además, se realizó el cálculo del costo y del tiempo asociados al personal encargado de efectuar cambios en el documento, así como de los colaboradores involucrados, estimando un período de 15 días y un salario correspondiente de ₡2 136 000,00.

Adicionalmente, se cotiza el costo de las puntas necesarias según la cantidad de personal implicado, ascendiendo a ₡4 000 000,00. Se estima también el presupuesto para la variabilidad entre turnos durante el entrenamiento para el cambio del documento, considerando el costo por hora del operario (₡1 200) y del entrenador (₡2 500) para cada turno (A=₡35 520), (B=₡29 600), (C=₡29 600), lo que, en un período de diez días, resulta en ₡947 200,00.

En total, el costo aproximado del cambio asciende a ₡29 012 825,00. Respecto de los ahorros proyectados, se estima una recuperación del 5% relacionado con las pérdidas ocasionadas por los códigos de defectos mencionados en el apartado 4.2.4, gráfico de tendencia de defectos, con miras a los próximos dos años.

Tabla 5.2: Viabilidad Financiera Propuesta 1

| Concepto                                               | Detalle                                           | Costo Total           |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------|
| Pruebas y análisis                                     | Costo total por pruebas realizadas                | ₡21 929 625,00        |
| Personal encargado de cambios en el documento          | Período de 15 días con un salario correspondiente | ₡2 136 000,00         |
| Costo de puntas                                        | Necesarias según cantidad de personal             | ₡4 000 000,00         |
| Variabilidad entre turnos durante entrenamiento:       |                                                   |                       |
| - Costo por hora del operario                          | ₡1 200                                            |                       |
| - Costo por hora del entrenador                        | ₡2 500                                            |                       |
| Costos por turno - Turno A                             | ₡35 520 por turno                                 |                       |
| Costos por turno - Turno B                             | ₡29 600 por turno                                 |                       |
| Costos por turno - Turno C                             | ₡29 600 por turno                                 |                       |
| Total, entrenamiento distribución de turnos en 10 días | Involucra todos los turnos: A, B y C, por 10 días | ₡947 200,00           |
| <b>TOTAL GENERAL</b>                                   |                                                   | <b>₡29 012 825,00</b> |

### 5.1.1.8 Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

Calcula el Valor Actual Neto (VAN) de la propuesta, se evalúa los ingresos esperados y llevando a cabo los cálculos financieros necesarios. Este análisis financiero proporciona una base sólida para la toma de decisiones, se asegura que la propuesta sea rentable y esté alineada con los objetivos estratégicos del proyecto.

Tabla 5.3: Tabla de gastos y ingresos propuesta 1

| Gastos                              | Monto Total           |
|-------------------------------------|-----------------------|
| Pruebas y análisis:                 | ¢21 929 625,00        |
| Cambio de Instrucciones de trabajo: | ¢2 136 000,00         |
| Compra de herramientas necesarias   | ¢4 000 000,00         |
| Capacitación:                       | ¢947 200,00           |
| <b>Gastos Totales</b>               | <b>¢29 012 825,00</b> |
| Ingresos                            |                       |
| Ahorro proyectado para el año 1     | ¢217 798 456,61       |

Fuente: Autor,2025

La tasa mínima de retorno, fijada en un 12% para este análisis, se determina teniendo en cuenta el costo promedio ponderado del capital de la empresa, el riesgo asociado al proyecto y las condiciones vigentes del mercado.

Este valor representa la rentabilidad mínima esperada para asegurar la viabilidad financiera del proyecto, superando el costo de oportunidad del capital empleado. Además, se añade un margen adicional para contemplar las incertidumbres inherentes tanto del entorno económico como del sector industrial de la empresa.

Es relevante señalar que esta tasa se selecciona conforme con la recomendación del departamento de finanzas, en línea con los criterios internos para evaluar inversiones.

Fórmula para establecer el VAN:

$$VAN = -\text{COSTOS} + \frac{\text{INGRESOS}}{(1 + \text{TMAR}^{\text{AÑO}})} = \dots$$

$$VAN = -29\,012\,825,00 + \frac{217\,798\,456,61}{(1 + 0.12^1)} = \text{€}165\,450\,082,69$$

Valor Actual Neto (VAN) calculado, que asciende a €165 450 082,69 representa una indicación contundente de que el proyecto es tanto, financieramente viable, como altamente rentable.

Resultado demuestra que el valor presente de los beneficios proyectados supera con creces la inversión inicial requerida y el resultado positivo del VAN sugiere que los flujos de caja futuros son, significativamente, mayores que los costos.

El VAN positivo, proporciona un respaldo sólido para avanzar con el proyecto debido a su potencial de generación de un valor considerable para la empresa.

En resumen, el análisis financiero basado en este VAN no solo confirma la viabilidad del proyecto, sino que también lo define como una excelente oportunidad de inversión.

Para avanzar en la evaluación económica del proyecto, procede a transformar el análisis del Valor Actual Neto (VAN) en una medición del Retorno sobre la Inversión (ROI).

#### **5.1.1.9 Retorno sobre la Inversión (ROI)**

Este enfoque permite evaluar la eficiencia y rentabilidad relativa de la inversión realizada. Utiliza los resultados del VAN como parte del cálculo, estima el beneficio neto generado por la propuesta 5.1.1 en relación con los costos totales incurridos.

La transformación hacia el ROI proporciona una perspectiva clara sobre el retorno porcentual que se espera obtener por unidad de inversión.

Fórmula para establecer el ROI:

$$\text{ROI} = (\text{Beneficio Neto} / \text{Costo de la Inversión}) \times 100$$

Beneficio neto:  $\text{C}\$217\,798\,456,61 - \text{C}\$29,012,825.00 = \text{C}\$188\,785\,631,61$

Costo de la Inversión:  $(\text{C}\$188\,785\,631,61 / \text{C}\$29,012,825.00) \times 100 = 65\%$

$$\text{ROI}=65\%$$

El cálculo final de ROI, de 65%, evidencia un retorno extraordinario, respecto del costo de inversión. Este porcentaje indica que, por cada colón invertido el beneficio es 65 colones netos. Tal resultado posiciona al proyecto como una oportunidad económica de inversión, que brinda confianza a los tomadores de decisiones sobre su rentabilidad y potencial de éxito continuado.

#### **5.1.2 Crear un cronograma de capacitación regulares e incorporar simulaciones prácticas y mediante evaluaciones de rendimiento.**

Crear un cronograma de capacitación regular que incorpore simulaciones prácticas y evaluaciones de rendimiento es crucial para el desarrollo continuo y eficaz de

los empleados dentro de una organización. Este enfoque sistemático permite que los trabajadores no solo adquieran nuevos conocimientos de manera constante, sino que también los apliquen en situaciones cercanas a la realidad mediante ejercicios prácticos. Las evaluaciones periódicas de rendimiento proporcionan retroalimentación clara y específica, identificando áreas de mejora y destacando fortalezas, lo que facilita un ajuste personalizado del proceso de aprendizaje. Al implementar este tipo de cronograma, la organización se asegura de que sus empleados estén bien preparados para enfrentar desafíos, adaptarse a cambios y contribuir, significativamente, al logro de los objetivos.

#### **5.1.2.1 Propuesta de cronograma**

El cronograma de capacitación regular está diseñado para llevarse a cabo cada seis meses, dirigido, específicamente, a empleados que han sido certificados, anteriormente. Este programa tiene como objetivo actualizar los conocimientos y habilidades de los participantes, en un ciclo intensivo de tres días. A continuación, se detalla el cronograma propuesto:

Figura 5.12: Cronograma propuesto

|       | Tareas                                           | Concepto de la Tarea                                                                                                             | Cantidad de horas |
|-------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Día 1 | Introducción y Objetivos de la Re-Certificación. | Cambios recientes en el proceso y establecimiento de metas para el programa                                                      | 1                 |
|       | Actualización de Conocimientos                   | Presentación de nuevas teorías y prácticas.                                                                                      | 1                 |
|       | Simulación Práctica: Nuevas Técnicas.            | Ejercicios prácticos simulando escenarios reales para aplicar las nuevas técnicas aprendidas.                                    | 1                 |
|       | Retroalimentación                                | Foro de discusión para compartir experiencias, retroalimentación y resolver dudas sobre los ejercicios realizados.               | 0.5               |
| Día 2 | Casos Recientes.                                 | Estudio de casos relevantes que hayan surgido desde la última certificación                                                      | 1                 |
|       | Problemas críticos.                              | Fomentar el pensamiento crítico                                                                                                  | 1                 |
|       | Evaluación de Rendimiento y Retroalimentación.   | Evaluación para medir la comprensión de los contenidos y ofrecer recomendaciones personalizadas de mejora.                       | 1                 |
| Día 3 | Revisión de Conceptos                            | Profundización en conceptos clave, asegurando una comprensión de los documentos                                                  | 1                 |
|       | Evaluación Final.                                | Examen que confirma el dominio de los nuevos contenidos y la preparación para aplicar el aprendizaje en el entorno laboral real. | 1                 |
|       | Entrega de Actualización de Certificados.        | Entrega de las actualizaciones de certificación como prueba de competencia                                                       | 0.5               |

Fuente: Autor,2025

Como parte integral de la propuesta del cronograma, se desarrolla una herramienta de seguimiento de capacitación diseñada para proporcionar un monitoreo exhaustivo del progreso de cada operario en su proceso de formación.

Esta herramienta permite registrar y evaluar de manera sistemática el cumplimiento de los objetivos de capacitación, que asegure que cada individuo reciba la atención y guía necesarias para optimizar su desarrollo profesional.

Mediante la propuesta de este recurso, se busca garantizar que la capacitación se lleve a cabo de manera efectiva y eficiente.

Figura 5.13: Herramienta de seguimiento de capacitación

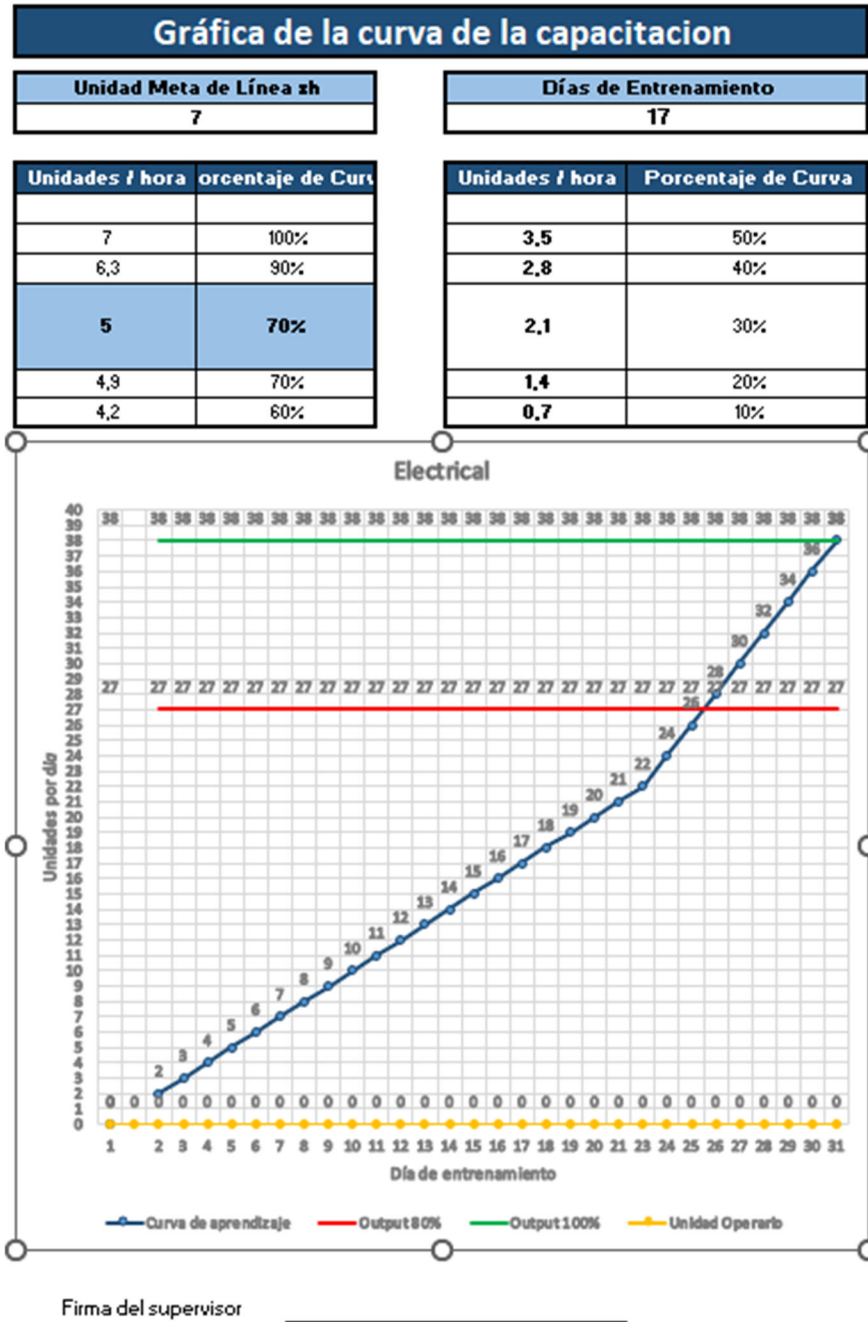
| Seguimiento para el Capacitado |  |  |  |  |  |                                |  |  |  |
|--------------------------------|--|--|--|--|--|--------------------------------|--|--|--|
| Code1:                         |  |  |  |  |  | Turno:                         |  |  |  |
| Entrenado:                     |  |  |  |  |  | Linea:                         |  |  |  |
| Operación:                     |  |  |  |  |  | Fecha Inicio de entrenamiento: |  |  |  |
| Entrenador:                    |  |  |  |  |  | Fecha de certificación:        |  |  |  |
| Firma Supervisor               |  |  |  |  |  | Firma entrenado                |  |  |  |
| Meta Diaria                    |  |  |  |  |  | Meta Yield                     |  |  |  |

| Días | Fecha | Horas Efectivas | Total Unidades Buenas | Total Unidades Malas | Yield | Meta Yield | Meta Und/Hr | % de avance | Comentarios |
|------|-------|-----------------|-----------------------|----------------------|-------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 1    |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 2    |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 3    |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 4    |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 5    |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 6    |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 7    |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 8    |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 9    |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 10   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 11   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 12   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 13   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 14   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 15   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 16   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 17   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 18   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 19   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 20   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 21   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 22   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 23   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 24   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 25   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 26   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 27   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 28   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 29   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 30   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 31   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 32   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 33   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 34   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |
| 35   |       |                 |                       |                      | 0%    | 100%       | #DIV/0!     | #DIV/0!     |             |

Fuente: Autor,2025

Figura 5.14: Grafica de la curva de capacitación



Fuente: Autor,2025

## **Beneficios:**

1. **Aprendizaje continuo:** Un cronograma regular asegura que los empleados continúen desarrollando sus habilidades y conocimientos. La capacitación no se limita a una sola sesión, sino que se convierte en un proceso continuo que favorece para mantener la competitividad y adaptabilidad.
2. **Refuerzo de conceptos:** Las simulaciones prácticas permiten a los participantes aplicar lo aprendido en situaciones reales o similares a las reales, lo cual refuerza los conceptos teóricos y mejora la retención del conocimiento.
3. **Mejora del rendimiento:** Las evaluaciones de rendimiento ayudan a identificar áreas de mejora y muestran el progreso a lo largo del tiempo. Esto es esencial para ajustar el contenido de la capacitación y asegurar que cada individuo alcance su máximo potencial.
4. **Adaptación a cambios:** Un cronograma regular permite que la capacitación se actualice, según las tendencias y necesidades actuales, para preparar a los empleados para que afronten nuevos desafíos.
5. **Motivación y compromiso:** La capacitación regular demuestra la inversión de la organización en el desarrollo profesional de sus empleados, lo que puede aumentar la motivación y el compromiso hacia el trabajo y la empresa.

### **5.1.2.2 Viabilidad financiera**

En la realización de esta propuesta, se efectúan gastos que engloban diversas categorías fundamentales para su propuesta. Se incurre en gastos de materiales,

calculados con base en 10 unidades por operario, para un total de 33 operarios, lo que alcanza un monto de ₡29,997,000.

Además, se enfrenta el costo de creación de la herramienta de capacitación, el cual se estima en ₡35,733,330, correspondiente al valor de un día de trabajo de un ingeniero. Sumado a esto, la implementación del cronograma de capacitación para 33 operarios, que considera la remuneración por hora del operario y del entrenador para los tres turnos, realizada, semestralmente, asciende a un total de ₡976,800,000. En conjunto, los gastos totales del proyecto suman ₡1,042,530,330.

Respecto de los ahorros proyectados, se prevé una recuperación del 5% en relación con las pérdidas vinculadas a los códigos de fallo de defectos, tal como se describe en el apartado 4.2.4, gráfico de tendencia de defectos. Este ahorro proyectado es calculado para los próximos dos años, con estimaciones de ₡435 596 913,23 para el año 1, y se espera un monto equivalente para el año 2.

Tabla 5.4: Viabilidad Financiera Propuesta 2

| Concepto                                      | Detalle                                                | Costo Total           |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------|
| Materiales para operarios                     | 10 unidades por operario, 33 operarios                 | ₡29,997,000           |
| Herramienta de capacitación                   | Estimación de un día de trabajo de un ingeniero        | ₡35,733,330           |
| Implementación del cronograma de capacitación | Remuneración de 33 operarios, realizada semestralmente | ₡976,800,000          |
| <b>TOTAL GENERAL</b>                          |                                                        | <b>₡1,042,530,330</b> |

Fuente: Autor, 2025

### 5.1.2.3 Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

Tabla 5.5: Tabla de gastos e ingresos propuesta 2

| Gastos                          | Monto Total          |
|---------------------------------|----------------------|
| Materiales                      | ¢29 997,00           |
| Herramienta de Capacitación     | ¢35 733,33           |
| Capacitación                    | ¢976 800,00          |
| <b>Gastos Totales</b>           | <b>¢1 042 530,33</b> |
| <b>Ingresos</b>                 |                      |
| Ahorro proyectado para el año 1 | ¢217 798 456,61      |

Fuente: Autor, 2025

La tasa mínima de retorno, fijada en un 12% para este análisis, se determina teniendo en cuenta el costo promedio ponderado del capital de la empresa, el riesgo asociado al proyecto y las condiciones vigentes del mercado.

Este valor, representa la rentabilidad mínima esperada para asegurar la viabilidad financiera del proyecto, superando el costo de oportunidad del capital empleado. Además, se añade un margen adicional para contemplar las incertidumbres inherentes tanto del entorno económico como del sector industrial de la empresa.

Es relevante señalar que esta tasa se selecciona conforme con la recomendación del Departamento de Finanzas, en línea con los criterios internos para evaluar inversiones.

Fórmula para establecer el VAN:

$$\text{VAN} = -\text{COSTOS} + \frac{\text{INGRESOS}}{(1 + \text{TMAR}^{\text{AÑO}})} = \dots$$

$$\text{VAN} = -1\,042\,530,33 + \frac{217\,798\,456,61}{(1 + 0.12^1)} = \text{Ø}193\,420\,377,36$$

Valor Actual Neto (VAN) calculado, que asciende a Ø193 420 377,36 representa una indicación contundente de que el proyecto sea tanto, financieramente, viable como altamente rentable.

Este resultado demuestra que el valor presente de los beneficios proyectados supera con creces la inversión inicial requerida y el resultado positivo del VAN sugiere que los flujos de caja futuros son, significativamente, mayores que los costos.

El VAN positivo, proporciona un respaldo sólido para avanzar con el proyecto debido a su potencial de generación de un valor considerable para la empresa.

En resumen, el análisis financiero basado en este VAN no solo confirma la viabilidad del proyecto, sino que también lo define como una excelente oportunidad de inversión.

Para avanzar en la evaluación económica del proyecto, procede a transformar el análisis del Valor Actual Neto (VAN) en una medición del Retorno sobre la Inversión (ROI).

#### 5.1.2.4 Retorno sobre la Inversión (ROI)

Este enfoque permite evaluar la eficiencia y rentabilidad relativa de la inversión realizada. A partir de los resultados del VAN como parte del cálculo, estima el beneficio neto generado por la propuesta 5.1.2 en relación con los costos totales incurridos.

La transformación hacia el ROI proporciona una perspectiva clara sobre el retorno porcentual que se espera obtener por unidad de inversión.

Fórmula para establecer el ROI:

$$\text{ROI} = (\text{Beneficio Neto} / \text{Costo de la Inversión}) \times 100$$

Beneficio neto: ₡217 798 456,61- ₡1 042 530,33= ₡216 755 926,28

Costo de la inversión: (₡216 755 926,28/ ₡1 042 530,33) x 100 = 29,79%

$$\text{ROI} = 29,79\%$$

El cálculo final de ROI, de 29.79%, evidencia un retorno extraordinario, respecto del costo de inversión. Este porcentaje indica que, por cada colón invertido se obtienen 29 colones de beneficio neto. Tal resultado posiciona al proyecto como una oportunidad económica de inversión, lo que brinda confianza a los tomadores de decisiones sobre su rentabilidad y potencial de éxito continuo.

### **5.1.3 Crear una guía de evaluación de asignación con base en competencias identificadas, para asegurar que los operarios sean colocados en operaciones que corresponden a sus habilidades.**

Crear una guía de evaluación de asignación basado en competencias identificadas es fundamental para optimizar el rendimiento operativo de una organización. Este enfoque asegura que los operarios sean colocados en funciones acordes con sus habilidades y fortalezas específicas. Al evaluar y mapear las competencias de cada empleado, el sistema puede asignar tareas o proyectos de manera eficiente, maximizando la productividad y reduciendo el margen de error. Una correcta asignación basada en competencias también promueve un ambiente de trabajo más satisfactorio, ya que los empleados se sienten más seguros y motivados al realizar tareas apropiadas para sus capacidades. Esto, a su vez, contribuye al logro de objetivos organizacionales y al desarrollo profesional de los empleados, para promover, efectivamente, una cultura de excelencia y crecimiento continuo.

#### **Guía de evaluación:**

1. **Ejercicios de simulación:** Crear escenarios simulados que reflejen situaciones de trabajo reales.

Por ejemplo, recrear operaciones con categorías bajas y altas.

2. **Diseño de pruebas prácticas:** Desarrollar pruebas que simulen situaciones y tareas reales que los empleados encontrarán en su día tras día laboral.
3. **Diversidad de evaluación:** Incluir una variedad de preguntas y ejercicios en las pruebas que aborden diferentes aspectos de las habilidades técnicas, como resolución de problemas, ejecución de tareas y adaptabilidad a condiciones cambiantes.
4. **Pruebas en MES:** Pruebas del uso de plataforma MES para administrar las pruebas.

5. **Evaluadores calificados:** Pruebas administradas y evaluadas por expertos en el área técnica correspondiente.

#### 5.1.3.1 Viabilidad financiera

En la realización de esta propuesta, se efectúan gastos que engloban diversas categorías fundamentales para su implementación. Se incurre en gastos de materiales, los cuales ascienden a ₡14,998.50.

Además, se enfrenta el costo de la herramienta de guía de evaluación de asignación, calculado en ₡35,733.33. Sumado a esto, la evaluación representa un gasto adicional de ₡122,100.00. En conjunto, los gastos totales del proyecto suman ₡172,831.83.

Respecto de los ahorros proyectados, se prevé una recuperación del 5% en relación con las pérdidas vinculadas a los códigos de fallo de defectos, tal como se describe en el apartado 4.2.4, gráfico de tendencia de defectos.

Los ingresos proyectados, se prevé un ahorro significativo para los próximos dos años. El ahorro proyectado para el año 1 es de ₡435,596,913.23 y se estima un monto equivalente para el año 2.

Tabla 5.6: Viabilidad financiera propuesta 3

| Concepto                                        | Detalle              | Costo Total        |
|-------------------------------------------------|----------------------|--------------------|
| Materiales                                      | Gastos de materiales | ₡14,998.50         |
| Herramienta de guía de evaluación de asignación | Coste estimado       | ₡35,733.33         |
| Evaluación                                      | Gastos adicionales   | ₡122,100.00        |
| <b>TOTAL GENERAL</b>                            |                      | <b>₡172,831.83</b> |

Fuente: Autor, 2025

### 5.1.3.2 Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

Tabla 5.7: Tabla de gastos e ingresos propuesta 3

| Gastos                                          | Monto Total        |
|-------------------------------------------------|--------------------|
| Materiales                                      | ¢14 998,50         |
| Herramienta de guía de evaluación de asignación | ¢35 733,33         |
| Evaluación                                      | ¢122 100,00        |
| <b>Gastos Totales</b>                           | <b>¢172 831,83</b> |
| <b>Ingresos</b>                                 |                    |
| Ahorro proyectado para el año 1                 | ¢217 798 456,61    |

Fuente: Autor, 2025

La tasa mínima de retorno, fijada en un 12% para este análisis, se determina teniendo en cuenta el costo promedio ponderado del capital de la empresa, el riesgo asociado al proyecto y las condiciones vigentes del mercado.

Este valor representa la rentabilidad mínima esperada para asegurar la viabilidad financiera del proyecto, superando el costo de oportunidad del capital empleado. Además, se añade un margen adicional para contemplar las incertidumbres inherentes tanto del entorno económico como del sector industrial de la empresa.

Es relevante señalar que esta tasa se selecciona conforme con la recomendación del Departamento de Finanzas, en línea con los criterios internos para evaluar inversiones.

Fórmula para establecer el VAN:

$$\text{VAN} = -\text{COSTOS} + \frac{\text{INGRESOS}}{(1 + \text{TMAR}^{\text{AÑO}})} = \dots$$

$$\text{VAN} = -172\,831,83 + \frac{217\,798\,456,61}{(1 + 0.12^1)} = \text{C}\$194\,290\,075,86$$

Valor Actual Neto (VAN) calculado, que asciende a C\$194 290 075,86 representa una indicación contundente que el proyecto sea tanto. financieramente viable, como altamente rentable.

Este resultado demuestra que el valor presente de los beneficios proyectados supera con creces la inversión inicial requerida y el resultado positivo del VAN sugiere que los flujos de caja futuros son, significativamente, mayores que los costos.

El VAN positivo, proporciona un respaldo sólido para avanzar con el proyecto debido a su potencial de generación de un valor considerable para la empresa.

En resumen, el análisis financiero basado en este VAN no solo confirma la viabilidad del proyecto, sino que también lo define como una excelente oportunidad de inversión.

Para avanzar en la evaluación económica del proyecto, procede a transformar el análisis del Valor Actual Neto (VAN) en una medición del Retorno sobre la Inversión (ROI).

### **5.1.3.3 Retorno sobre la Inversión (ROI)**

Este enfoque permite evaluar la eficiencia y rentabilidad relativa de la inversión realizada. Utilizando los resultados del VAN como parte del cálculo, estima el beneficio neto generado por la propuesta 5.1.2 en relación con los costos totales incurridos.

La transformación hacia el ROI proporciona una perspectiva clara sobre el retorno porcentual que se espera obtener por unidad de inversión.

Fórmula para establecer el ROI:

$$\text{ROI} = (\text{Beneficio Neto} / \text{Costo de la Inversión}) \times 100$$

Beneficio neto: ₡217 798 456,61- ₡172 831,83= ₡217 625 624,78

Costo de la Inversión: (₡217 625 624,78/ ₡172 831,83) x 100 = 125,91%

$$\text{ROI} = 125,91\%$$

El cálculo final de ROI, de 125,91% evidencia un retorno extraordinario respecto al costo de inversión. Este porcentaje indica que, por cada colón invertido se obtiene 125 colones en beneficios netos. Tal resultado posiciona al proyecto como una oportunidad económica excepcional, lo que brinda confianza a los tomadores de decisiones sobre su rentabilidad y potencial de éxito continuado.

## 5.2 CONTROLAR

En la etapa de control, se exponen las actividades de monitoreo destinadas a dar seguimiento a la implementación de las propuestas mencionadas en la sección 5.1. El propósito es asegurar que las acciones propuestas, efectivamente, contribuyan con incrementar el rendimiento de la línea de Omniwires.

Para garantizar que las actividades relacionadas con las mejoras de las soluciones propuestas se completen de manera exitosa:

### 5.2.1 Indicadores de control

- **Rendimiento:** Medir el rendimiento general antes y después de la implementación para evaluar las mejoras en eficiencia. Indicadores específicos pueden incluir tasas de producción, y defectos.
- **Análisis de datos y realimentar:** Recopilar y analizar datos sobre el rendimiento de la línea de ensamble para identificar tendencias positivas o negativas. Proporcionar realimentar a los equipos de trabajo para tomar acciones correctivas cuando sea necesario.
- **Monitoreo regular de variables críticas:** Establecer un sistema de monitoreo continuo para las variables que influyen, directamente, en las causas mencionadas. Esto incluye la observación de indicadores de calidad, rendimiento del equipo y cumplimiento de los procedimientos operativos.
- **Informes de resultados:** Preparar informes periódicos detallados sobre los resultados de las actividades de control y destacar el impacto de las mejoras en el rendimiento del proceso e informa sobre cualquier ajuste necesario.

### 5.2.2 Actividades de control

- **Monitoreo de desempeño continuo:** Sistemas de monitoreo en tiempo real para evaluar el rendimiento de la línea de Omniwires, permitiendo la detección temprana de cualquier desviación, respecto de los estándares de operaciones afectadas.
- **Auditorías internas de calidad:** Programar auditorías internas regulares centradas en la calidad del producto y del proceso, con todo, conforme con las

especificaciones de los cables guías y las mejoras propuestas. Las auditorías permiten identificar áreas de mejora y asegurar el cumplimiento de los estándares establecidos.

- **Reuniones de seguimiento:** Organizar reuniones regulares con los equipos responsables para discutir el progreso y cualquier desafío que haya surgido desde la implementación. Estas reuniones ofrecen una plataforma para compartir conocimientos y resolver problemas, rápidamente.

Mediante la adopción de estos indicadores y actividades de control se garantiza que el proceso propuesto sea gestionado, eficazmente, que permita a la organización alcanzar los objetivos de eficiencia y calidad.

### **5.2.3 Viabilidad financiera total**

En la realización de esta propuesta, se efectúan gastos que cubren diversas categorías esenciales para su implementación. Los gastos totales se desglosan en Propuesta 1 con un costo de ₡29,012,825.00, Propuesta 2 sumando ₡1,042,530.33, y Propuesta 3 alcanzando ₡172,831.83. En conjunto, estos gastos ascienden a un total de ₡30,228,187.16.

Respecto de los ahorros proyectados, se estima una recuperación significativa para los próximos dos años, basada en los ingresos generados por la mitigación de pérdidas vinculadas a códigos de fallo de defectos, como se detalla en el apartado 4.2.4, gráfico de tendencia de defectos.

El ahorro proyectado para el año 1 es de ₡435,596,913.23 y se prevé un monto similar para el año 2, destacar el impacto económico beneficioso que estos ahorros tendrán sobre la estructura financiera del proyecto.

Tabla 5.8: Viabilidad financiera propuesta 1,2,3

| Propuesta            | Detalle de Costo                        | Costo Total           |
|----------------------|-----------------------------------------|-----------------------|
| Propuesta 1          | Costos asociados a la primera propuesta | ¢29,012,825.00        |
| Propuesta 2          | Costos asociados a la segunda propuesta | ¢1,042,530.33         |
| Propuesta 3          | Costos asociados a la tercera propuesta | ¢172,831.83           |
| <b>TOTAL GENERAL</b> |                                         | <b>¢30,228,187.16</b> |

Fuente: Autor, 2025

## 5.2.4 Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

Tabla 5.9: Tabla de gastos e ingresos propuestas 1,2,3

| Gastos                          | Monto Total           |
|---------------------------------|-----------------------|
| Gastos Totales Propuesta 1      | ¢29 012 825,00        |
| Gastos Totales Propuesta 2      | ¢1 042 530,33         |
| Gastos Totales Propuesta 3      | ¢172 831,83           |
| <b>Gastos Totales</b>           | <b>¢30 228 187,16</b> |
| <b>Ingresos</b>                 |                       |
| Ahorro proyectado para el año 1 | ¢217 798 456,61       |

Fuente: Autor, 2025

La tasa mínima de retorno, fijada en un 12% para este análisis, se determina teniendo en cuenta el costo promedio ponderado del capital de la empresa, el riesgo asociado al proyecto y las condiciones vigentes del mercado.

Este valor representa la rentabilidad mínima esperada para asegurar la viabilidad financiera del proyecto, superando el costo de oportunidad del capital empleado. Además, se añade un margen adicional para contemplar las incertidumbres inherentes, tanto del entorno económico como del sector industrial de la empresa.

Es relevante señalar que esta tasa se selecciona conforme con la recomendación del Departamento de Finanzas, en línea con los criterios internos para evaluar inversiones.

Fórmula para establecer el VAN:

$$VAN = -\text{COSTOS} + \frac{\text{INGRESOS}}{(1 + \text{TMAR}^{\text{AÑO}})} = \dots$$

$$VAN = -30\,228\,187,16 + \frac{217\,798\,456,61}{(1 + 0.12^1)} = \text{¢}164\,234\,720,53$$

Valor Actual Neto (VAN) calculado, que asciende a ¢164 234 720,53 representa una indicación contundente que el proyecto sea, tanto financieramente viable, como altamente rentable.

Este resultado demuestra que el valor presente de los beneficios proyectados supera con creces la inversión inicial requerida y el resultado positivo del VAN sugiere que los flujos de caja futuros son, significativamente, mayores que los costos.

El VAN positivo, proporciona un respaldo sólido para avanzar con el proyecto debido a su potencial de generación de un valor considerable para la empresa.

En resumen, el análisis financiero basado en este VAN no solo confirma la viabilidad del proyecto, sino que también lo define como una excelente oportunidad de inversión.

Para avanzar en la evaluación económica del proyecto, procede a transformar el análisis del Valor Actual Neto (VAN) en una medición del Retorno sobre la Inversión (ROI).

### **5.2.5 Retorno sobre la Inversión (ROI)**

Este enfoque permite evaluar la eficiencia y rentabilidad relativa de la inversión realizada. Utilizando los resultados del VAN como parte del cálculo, estima el beneficio neto generado por el total de las propuestas en relación con los costos totales incurridos.

La transformación hacia el ROI proporciona una perspectiva clara sobre el retorno porcentual que se espera obtener por unidad de inversión.

Fórmula para establecer el ROI:

$$\text{ROI} = (\text{Beneficio Neto} / \text{Costo de la Inversión}) \times 100$$

Beneficio neto: ₡217 798 456,61- ₡30 228 187,16= ₡187 570 269,45

Costo de la Inversión: (₡187 570 269,45/ ₡30 228 187,16) x 100 = 62%

$$\text{ROI} = 62\%$$

El cálculo final de ROI, de 62% evidencia un retorno extraordinario respecto al costo de inversión. Este porcentaje indica que, por cada colón invertido se obtiene 62 colones en beneficio neto. Tal resultado posiciona al proyecto como una oportunidad económica excepcional, que además brinda confianza a los tomadores de decisiones sobre su rentabilidad y potencial de éxito continuado.

El análisis financiero del proyecto, basado en el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y el Retorno sobre la Inversión (ROI), proporciona una perspectiva clara sobre la viabilidad y rentabilidad de las mejoras propuestas.

El VAN calculado, que asciende a ₡788,110,989.05, indica que el proyecto es financieramente viable y altamente rentable, con los beneficios proyectados y supera, ampliamente, la inversión inicial.

Este resultado positivo del VAN sugiere que los flujos de caja futuros sobrepasan, significativamente, los costos asociados, demostrando un respaldo sólido para avanzar con el proyecto debido a su potencial de generación de valor considerable para la empresa.

Para transformar estas propuestas en el tiempo requerido se genera un Diagrama de Gantt que guíe su implementación, es esencial seguir un enfoque estructurado que comprenda, tanto los aspectos financieros como los tiempos del proyecto.

### **5.2.6 Diagrama de Gantt**

La implementación efectiva de las propuestas requiere un enfoque sistemático que puede ser optimizado, mediante el uso del Diagrama de Gantt. Este diagrama proporciona una representación visual de la planificación temporal.

La ejecución inicia con la creación de *redlines* del documento, una tarea crítica planificada para las primeras tres semanas, que tiene como objetivo establecer las bases del cambio en el documento.

Seguidamente, durante las semanas dos a cuatro, se establece la colaboración de los *redlines* con los aprobadores, un proceso fundamental para garantizar que las revisiones sean elegibles y adecuadas para todos los *stakeholders* involucrados.

La incorporación de la realimentación se realiza, rápidamente durante la segunda y tercera semana, que refleje la adaptabilidad y receptividad de la propuesta al *feedback* recibido. Posteriormente, se centra la atención en la creación de la tarea de cambio en el sistema, que se desarrolla entre las semanas cuatro y cinco, preparando la plataforma para el nuevo documento.

El entrenamiento del personal se lleva a cabo en las semanas cinco y seis, asegurando que todos los miembros del equipo tengan la capacitación necesaria para implementar y ejecutar el cambio, eficazmente. La tarea de someter información del cambio en el sistema se designa a las semanas seis y siete.

La aprobación del cambio por los aprobadores se espera en las semanas siete y ocho, llevando a un consenso final sobre la efectuación de las modificaciones. Finalmente, la liberación del documento actualizado, programada para las semanas ocho y nueve, marca la culminación del proceso, integrando todas las tareas previas para lograr el objetivo de actualización del documento.

Este meticuloso diseño temporal busca maximizar la eficiencia, minimizar retrasos para asegurar la implementación exitosa de las propuestas dentro del marco temporal establecido.

Figura 5.15: Diagrama de Gantt

| Diagrama de Gantt para la Implementacion de las Propuestas |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|------------------------------------------------------------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Tarea                                                      | Semanas |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|                                                            | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Creación de Redlines del Documento                         |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Colaboración de Redlines con los Aprobadores               |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Incorporación de la Retroalimentación                      |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Creación de la Tarea de Cambio en el Sistema               |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Entrenamiento de Persona                                   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Someter Información del Cambio en el Sistema               |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Aprobación del Cambio por los Aprobadores                  |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Liberación del Documento Actualizado                       |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |

Fuente: Autor, 2025

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A continuación, se detallan las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas, durante el desarrollo del proceso investigativo.

## **Conclusiones**

- Por medio de la etapa de Definir, se evaluó el desempeño de la línea Omniwires entre enero y diciembre de 2024, se identificó una disminución en el cumplimiento de la meta propuesta del 72% en el periodo de julio a diciembre.
- En la etapa de Medir, se evaluó el proceso de manufactura en la línea Omniwires, se identificó que los defectos contribuyen a la disminución del rendimiento durante la fase de análisis. Entre los principales se encuentran: Continuidad – SmartCal Failure, Fallo de resistencia – Electrical Connection, Continuidad – Drift Failure y Fallo de SmartCal.
- En la etapa de Medir, se determinó que los factores que generan no conformidad y pérdidas económicas son: proceso de soldadura inadecuado, instrucciones ambiguas de soldadura, criterios de fallo/aceptación confusos, falta de limpieza y mantenimiento regular de las herramientas, uso de herramientas inadecuadas, operadores con entrenamiento insuficiente en técnicas de soldadura y asignación incorrecta de operarios en las labores.
- En la etapa de Analizar, se evaluó la información del proceso de manufactura, mediante controles estadísticos, se identificaron las causas raíz de la disminución del rendimiento de la línea y del aumento de cables guía no conformes. Este resultado proporcionó una base sólida para definir acciones correctivas y proponer mejoras orientadas a optimizar el desempeño.

- En la etapa de Propuesta, basándose en las causas identificadas en la etapa de análisis, se logró plantear soluciones que mejoran el proceso de manufactura en la línea Omniwires. Estas propuestas fueron: optimización del proceso de soldadura, establecimiento de un cronograma regular con simulaciones – evaluaciones, y desarrollo de una guía de evaluación por competencias para los operarios.

## **Recomendaciones**

- Implementar las mejoras propuestas tras realizar una evaluación de recursos y capacidad.
- Establecer reuniones con operarios, entrenadores y lideres para realizar los cambios propuestos en la etapa de propuesta.
- Establecer un sistema de control de calidad a lo largo de la línea de producción y asignar un equipo responsable de analizar los indicadores de control y evaluar el cumplimiento de indicadores de rendimiento.
- Monitorear el rendimiento de la línea por un plazo de seis meses después de la implementación para determinar el funcionamiento de las propuestas establecidas en la etapa de propuesta.

## REFERENCIAS

## Libros

Barrantes Echavarría, R. (2014). *Investigación: Un camino al conocimiento un enfoque cualitativo, cuantitativo y mixto*. San José, Costa Rica: EUNED.

Bernal Torres, C. (2010). *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Bogotá D.C., Colombia: Pearson Educación Ltda.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. (2014). *Metodologías de la investigación*. Sexta Edición, México: McGraw Hill.

Molina, Z. (1997). *Planeamiento Didáctico: Fundamentos, principios, estrategias y procedimientos para su desarrollo*. Primera edición, EUNED: San José, Costa Rica.

## Proyectos de investigación

Altuna, L. y Alva, I. (2018). *Lead time y su influencia en el nivel de servicio de las empresas de servicio de entrega rápida para las importaciones de Estados Unidos*. (Trabajo de graduación para optar por el título de Negocios Internacionales). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Perú.

Blandón, J. (2017). *Disminución del tiempo de ensamble del cuello de botella en las líneas de producción de fórceps*. (Trabajo de graduación de Ingeniería Industrial). Universidad Central. Costa Rica.

Rabanales Ortiz, M.R. (2016). *Diseño de la investigación del desarrollo de un modelo de pronósticos por medio del método ABC para la reducción de merma por daño de productos cárnicos en un supermercado*. (Tesis para Ingeniería Mecánica Industrial). Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3334\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3334_IN.pdf)

## Fuentes de Internet

Asesor de Calidad. (2015). *Herramienta de Planificación: Diagrama de Gantt*. Recuperado de [http://asesordecalidad.blogspot.com/2016/12/herramienta-de-planificacion-diagrama.html#.Xu\\_GzGhKjIU](http://asesordecalidad.blogspot.com/2016/12/herramienta-de-planificacion-diagrama.html#.Xu_GzGhKjIU)

Asq Org. (2005). *El Retorno de Inversión*. Recuperado de <http://asq.org/quality-progress/2005/05/problem-solving/el-retorno-de-inversion.html>

Project Management Institute, Inc. (2020). *¿Qué es un Project Charter?* Recuperado de <https://www.pmi.org/learning/library/project-charter-template-improving-planning-process-1986>

Psicología y Mente. (s.f.). *Registro anecdótico: qué es y cómo se usa en psicología y educación*. Recuperado de <https://psicologiaymente.com/clinica/registro-anecdótico>

Teoría General del Sistema. (2010). *Diagramas causales*. Recuperado de <http://teoriageneralsistema.blogspot.com/2010/11/diagramas-causales-un-diagrama-causal.html>

## **APÉNDICES Y ANEXOS**

## APÉNDICE 1: GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Rendimiento de la línea:** la eficiencia y productividad de una línea de producción en un entorno de manufactura.
- **Proceso:** es un conjunto de actividades que ayudan a que una empresa alcance un objetivo específico.
- **Cable Guía:** dispositivo que se usan para tratamientos intravenosos y diagnósticos mediante diferentes tecnologías basadas en ultrasonidos.
- **Hipótesis:** es una proposición o enunciado que se considera cierto de entrada, aunque aún no haya podido probarse, y que por lo tanto constituye una especulación o una conjetura de trabajo, carente de confirmación o refutación mediante la experiencia.
- **Línea:** un conjunto de operaciones realizadas en el proceso de hacer un producto. Esto sucede de manera secuencial al tener maquinaria y personal distribuido en las diferentes operaciones de la línea de trabajo
- **Redline:** Borrador que se ejecuta en el cambio del documento para visualidad los cambios.
- **Feedback:** Retroalimentación por parte de los colaboradores para realizar cambios en el documento

## APÉNDICE 2: TMV DE LA OPERACIÓN DE SMARTCAL

### Estudio R&R del sistema de medición - Método ANOVA

#### Tabla ANOVA de dos vías con interacción

Fuente: DF, SS, MS, F P

Cable/Sensor 8 0.0000000 0.0000000 163.867 0.000

Canal Numb 1 0.00000000 0.0000000 1.174 0.310

Cable/Sensor \* Canal Numb 8 0.0000000 0.0000000 2.206 0.078

Repetibilidad 18 0.0000000 0.0000000

Total 35 0.0000000

$\alpha$  para eliminar el término de interacción = 0.05

#### Tabla ANOVA de dos vías sin interacción

Fuente: DF, SS, MS, F P

Cable/Sensor 8 0.0000000 0.0000000 263.650 0.000

Canal Numb 1 0.0000000 0.0000000 1.888 0.181

Repetibilidad 26 0,0000000 0,0000000

Total 35 0.0000000

### Gage R&R

95% Superior%Contribución 95% Superior

Origen VarComp Enlazado (de VarComp) Enlazado

R&R del sistema de medición total 0,0000000 0,000 1,57 28,42

Repetibilidad 0,0000000 0,000 1,50 3,43

Reproducibilidad 0,0000000 0,000 0,07 27,25

Canal Numb 0.0000000 0.000 0.07 27.25  
 Pieza a pieza 0,0000000 0,000 98,43 99,49  
 Variación total 0,0000000 0,000 100,00

Límite superior de tolerancia de proceso = -0,000005

95% El estudio superior fue 95% superior %El estudio fue 95% superior

Fuente: StdDev (SD) Enlazado (6 × SD) Enlazado (%SV) Enlazado  
 Calibre total R&R 0,0000012 0,000 0,0000072 0,000 12,54 53,31  
 Repetibilidad 0,0000012 0,000 0,0000070 0,000 12,24 18,52  
 Reproducibilidad 0,0000003 0,000 0,0000016 0,000 2,72 52,20  
 Canal Numb 0,0000003 0,000 0,0000016 0,000 2,72 52,20  
 Parte a pieza 0,0000094 0,000 0,0000567 0,000 99,21 99,74  
 Variación total 0,0000095 0,000 0,0000571 0,000 100,00

%Tolerancia 95% superior

Enlazado a la fuente (SV/Toler)  
 Calibre total R&R 17.64 90.50  
 Repetibilidad 17.22 22.39  
 Reproducibilidad 3.82 88.82  
 Canal Numb 3.82 88.82  
 Parte a pieza 139.51 239.00  
 Variación total 140,62 241,35

Número de categorías distintas = 11

Límite superior del 95% = 19,6923

#### Probabilidades de clasificación errónea

Probabilidad conjunta

La parte es mala y se acepta 0.002

La parte es buena y se rechaza 0.002

Probabilidad condicional

Falso Aceptar 0.107

Falso rechazo 0.002

## Omniwires: Medidor R&R para KTA\_Ra relación

### Estudio R&R del sistema de medición - Método ANOVA

#### Tabla ANOVA de dos vías con interacción

Fuente: DF, SS, MS, F P

Cable/Sensor 8 0.0000008 0.0000001 97.2142 0.000

Canal Numb 1 0.0000000 0.0000000 15.6425 0.004

Cable/Sensor \* Canal Numb 8 0.0000000 0.0000000 2.4370 0.056

Repetibilidad 18 0.0000000 0.0000000

Total 35 0.0000008

$\alpha$  para eliminar el término de interacción = 0.05

#### Tabla ANOVA de dos vías sin interacción

Fuente: DF, SS, MS, F P

Cable/Sensor 8 0.0000008 0.0000001 164.276 0.000

Canal Numb 1 0.0000000 0.0000000 26.433 0.000

Repetibilidad 26 0,0000000 0,0000000

Total 35 0.0000008

## Gage R&R

### % Contribución

Fuente: VarComp IC 95% (de VarComp) IC 95%

R&R total del sistema de medición 0,0000000 (0,000, 0,000) 5,58 (1,27, 97,18)

Repetibilidad 0,0000000 (0,000, 0,000) 2,31 (0,07, 6,09)

Reproducibilidad 0,0000000 (0,000, 0,000) 3,27 (0,39, 97,10)

Numb de canal 0,0000000 (0,000, 0,000) 3,27 (0,39, 97,10)

Parte a pieza 0,0000000 (0,000, 0,000) 94,42 (2,82, 98,73)

Variación total 0,0000000 (0,000, 0,000) 100,00

Tolerancia de proceso = 0,0048

### Var de estudio %Var de estudio

Fuente: StdDev (DE): IC del 95% (6 × DE) IC del 95% (%SV)

Calibre total R&R 0,0000384 (0,000, 0,001) 0,0002301 (0,000, 0,006) 23,63

Repetibilidad 0,0000247 (0,000, 0,000) 0,0001481 (0,000, 0,000) 15,21

Reproducibilidad 0,0000293 (0,000, 0,001) 0,0001761 (0,000, 0,006) 18,08

Numb de canal 0,0000293 (0,000, 0,001) 0,0001761 (0,000, 0,006) 18,08

Parte a parte 0,0001577 (0,000, 0,000) 0,0009465 (0,001, 0,002) 97,17

Variación total 0,0001623 (0,000, 0,001) 0,0009740 (0,001, 0,006) 100,00

### % de tolerancia

Fuente: IC del 95% (SV/Toler) IC del 95%

R&R total del sistema de medición (11.27, 98.58) 4.79 ( 3.36, 119.38)

Repetibilidad ( 2.57, 24.67) 3.09 ( 2.43, 4.23)

Reproducibilidad ( 6.27, 98.54) 3.67 ( 1.49, 119.34)

Entumecimiento de canal ( 6.27, 98.54) 3.67 ( 1.49, 119.34)

Parte a parte (16.79, 99.36) 19.72 (13.27, 37.86)

Variación total 20,29 (14,10, 121,16)

Número de categorías distintas = 5

IC del 95% = (0,240903, 12,4635)

#### Probabilidades de clasificación errónea

Probabilidad conjunta

La parte es mala y se acepta 0.000

La parte es buena y se rechaza 0.000

Probabilidad condicional

Falso Aceptar \*

Falso rechazo 0.000

\* ADVERTENCIA \* Probabilidad de que la pieza esté dentro de los límites de las especificaciones = 1.

## Omniwires: Medidor R&R para KPB\_Rb relación

#### Estudio R&R del sistema de medición - Método ANOVA

##### Tabla ANOVA de dos vías con interacción

Fuente: DF, SS, MS, F P

Cable/Sensor 8 0.0000000 0.0000000 119.770 0.000

Canal Numb 1 0.0000000 0.0000000 0.645 0.445

Cable/Sensor \* Canal Numb 8 0.0000000 0.0000000 1.989 0.108

Repetibilidad 18 0.0000000 0.0000000

Total 35 0.0000000

$\alpha$  para eliminar el término de interacción = 0.05

#### Tabla ANOVA de dos vías sin interacción

Fuente: DF, SS, MS, F P

Cable/Sensor 8 0.0000000 0.0000000 182.636 0.000

Canal Numb 1 0.0000000 0.0000000 0.983 0.331

Repetibilidad 26 0,0000000 0,0000000

Total 35 0.0000000

#### Gage R&R

95% Menor %Contribución 95% Menor

Origen VarComp Enlazado (de VarComp) Enlazado

Calibre total R&R 0.0000000 0.000 2,15 0,70

Repetibilidad 0,0000000 0,000 2,15 0,71

Reproducibilidad 0,0000000 0,000 0,00 0,00

Canal Numb 0.0000000 0.000 0.00 0.00

Parte a pieza 0,0000000 0,000 97,85 76,33

Variación total 0,0000000 0,000 100,00

Límite inferior de tolerancia de proceso = 0,000005

95% Menor Var de Estudio 95% Menor %Var de Estudio 95% Menor

Fuente: StdDev (SD) Enlazado (6 × SD) Enlazado (%SV) Enlazado

Calibre total R&R 0,0000014 0,000 0,0000085 0,000 14,68 8,39

Repetibilidad 0,0000014 0,000 0,0000085 0,000 14,68 8,40

Reproducibilidad 0,0000000 0,000 0,0000000 0,000 0,00 0,00

Canal Numb 0.0000000 0.000 0.0000000 0.000 0.00 0.00

Parte a pieza 0,0000096 0,000 0,0000576 0,000 98,92 87,37

Variación total 0,0000097 0,000 0,0000582 0,000 100,00

%Tolerancia 95% más baja

Enlazado a la fuente (SV/Toler)

Calibre total R&R 20.98 17.36

Repetibilidad 20.98 17.16

Reproducibilidad 0,00 0,00

Numb de canal 0.00 0.00

Parte a pieza 141.39 101.29

Variación total 142,94 103,44

Número de categorías distintas = 9

Límite inferior del 95% = 2,53983

#### **Probabilidades de clasificación errónea**

Probabilidad conjunta

La parte es mala y se acepta 0.002

La parte es buena y se rechaza 0.003

Probabilidad condicional

Falso Aceptar 0.121

Falso rechazo 0.003

## **Omniwires: Medidor R&R para KTB\_Rb relación**

**Estudio R&R del sistema de medición - Método ANOVA**

### Tabla ANOVA de dos vías con interacción

Fuente: DF, SS, MS, F P

|                           |    |           |           |         |       |
|---------------------------|----|-----------|-----------|---------|-------|
| Cable/Sensor              | 8  | 0.0000011 | 0.0000001 | 74.6763 | 0.000 |
| Canal Numb                | 1  | 0.0000000 | 0.0000000 | 8.3957  | 0.020 |
| Cable/Sensor * Canal Numb | 8  | 0.0000000 | 0.0000000 | 2.8856  | 0.029 |
| Repetibilidad             | 18 | 0.0000000 | 0.0000000 |         |       |
| Total                     | 35 | 0.0000011 |           |         |       |

$\alpha$  para eliminar el término de interacción = 0.05

### Gage R&R

% Contribución

|                                      |                     |                |                     |
|--------------------------------------|---------------------|----------------|---------------------|
| Fuente: VarComp                      | IC 95% (de VarComp) | IC 95%         |                     |
| R&R total del sistema de medición    | 0,0000000           | (0,000, 0,000) | 5,56 (1,37, 96,04)  |
| Repetibilidad                        | 0,0000000           | (0,000, 0,000) | 1,78 (0,07, 5,16)   |
| Reproducibilidad                     | 0,0000000           | (0,000, 0,000) | 3,78 (0,59, 95,96)  |
| Numb de canal                        | 0,00000000          | (0,000, 0,000) | 2,11 (0,06, 95,88)  |
| Entumecimiento de canal*Cable/sensor | 0,0000000           | (0,000, 0,000) | 1,68 (0,02, 9,63)   |
| Parte a pieza                        | 0,0000000           | (0,000, 0,000) | 94,44 (3,96, 98,63) |
| Variación total                      | 0,0000000           | (0,000, 0,000) | 100,00              |

Tolerancia de proceso = 0,0048

Var de estudio

|                                          |                                                   |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Fuente: StdDev (DE), IC del 95% (6 × DE) | IC del 95%                                        |
| Calibre total R&R                        | 0,0000441 (0,000, 0,001) 0,0002644 (0,000, 0,006) |
| Repetibilidad                            | 0,0000249 (0,000, 0,000) 0,0001495 (0,000, 0,000) |

Reproducibilidad: 0,0000364 (0,000, 0,001) 0,0002181 (0,000, 0,006)

Número de canal 0,0000271 (0,000, 0,001) 0,0001628 (0,000, 0,006)

Entumecimiento de canal\*Cable/sensor 0,0000242 (0,000, 0,000) 0,0001452 (0,000, 0,000)

Parte a pieza 0,0001817 (0,000, 0,000) 0,0010900 (0,001, 0,002)

Variación total 0,0001869 (0,000, 0,001) 0,0011216 (0,001, 0,006)

|                                                           | %Study Var | %Tolerance      |
|-----------------------------------------------------------|------------|-----------------|
| Fuente (%SV) IC del 95% (SV/Toler) IC del 95%             |            |                 |
| Calibre total R&R 23.58 (11.71, 98.00)                    | 5.51       | ( 4.21, 115.38) |
| Repetibilidad 13,33 ( 2,68, 22,71)                        | 3,11       | ( 2,35, 4,61)   |
| Reproducibilidad 19,45 ( 7,68, 97,96)                     | 4,54       | ( 2,19, 115,34) |
| Canal Numb 14.51 ( 2.44, 97.92)                           | 3.39       | ( 0.58, 115.30) |
| Entumecimiento de canal*Cable/sensor 12,94 ( 1,47, 31,03) | 3,02       | ( 0,00, 6,81)   |
| Parte a parte 97,18 (19,90, 99,31)                        | 22,71      | (15,25, 43,71)  |
| Variación total 100,00 23,37 (16,17, 117,91)              |            |                 |

Número de categorías distintas = 5

IC del 95% = (0,287117, 11,9892)

#### Probabilidades de clasificación errónea

Probabilidad conjunta

La parte es mala y se acepta 0.000

La parte es buena y se rechaza 0.000

Probabilidad condicional

Falso Aceptar \*

Falso rechazo 0.000

\* ADVERTENCIA \* Probabilidad de que la pieza esté dentro de los límites de las especificaciones = 1.

Omniwires: R&R del sistema de medición para KTA\_Ra relación

## Estudio R&R del sistema de medición - Método ANOVA

### Tabla ANOVA de dos vías con interacción

Fuente: DF, SS, MS, F P

Cable/Sensor 5 0.0000001 0.0000000 29.1588 0.001

Canal Numb 1 0.0000000 0.0000000 23.4008 0.005

Cable/Sensor \* Canal Numb 5 0.0000000 0.0000000 0.8306 0.552

Repetibilidad 12 0,0000000 0,0000000

Total 23 0.0000001

$\alpha$  para eliminar el término de interacción = 0.05

### Tabla ANOVA de dos vías sin interacción

Fuente: DF, SS, MS, F P

Cable/Sensor 5 0.0000001 0.0000000 25.4902 0.000

Canal Numb 1 0.0000000 0.0000000 20.4566 0.000

Repetibilidad 17 0,0000000 0,0000000

Total 23 0.0000001

## Gage R&R

### % Contribución

Fuente: VarComp IC 95% (de VarComp) IC 95%

Calibre total R&R 0.0000000 (0.000, 0.000) 29.98 (5.51, 99.61)

Repetibilidad 0,0000000 (0,000, 0,000) 11,44 (0,06, 32,10)

Reproducibilidad 0,0000000 (0,000, 0,000) 18,54 (2,08, 99,54)

Numb de canal 0,00000000 (0,000, 0,000) 18,54 (2,08, 99,54)

Parte a pieza 0,00000000 (0,000, 0,000) 70,02 (0,39, 94,49)

Variación total 0,00000000 (0,000, 0,000) 100,00

Tolerancia de proceso = 0,0048

### Var de estudio %Var de estudio

Fuente: StdDev (DE): IC del 95% (6 × DE) IC del 95% (%SV)

Calibre total R&R 0,0000376 (0,000, 0,001) 0,0002256 (0,000, 0,006) 54,75

Repetibilidad 0,0000232 (0,000, 0,000) 0,0001393 (0,000, 0,000) 33,82

Reproducibilidad 0,0000296 (0,000, 0,001) 0,0001774 (0,000, 0,006) 43,06

Numb de canal 0,0000296 (0,000, 0,001) 0,0001774 (0,000, 0,006) 43,06

0,0000575 (0,000, 0,000) 0,0003447 (0,000, 0,001) 83,68

Variación total 0,0000687 (0,000, 0,001) 0,0004120 (0,000, 0,006) 100,00

### % de tolerancia

Fuente: IC del 95% (SV/Toler) IC del 95%

R&R total del sistema de medición (23.48, 99.81) 4.70 (3.18, 120.96)

Repetibilidad ( 2.43, 56.65) 2.90 (2.18, 4.35)

Reproducibilidad (14,42, 99,77) 3,70 (1,45, 120,92)

Entumecimiento de canal (14.42, 99.77) 3.70 (1.45, 120.92)

Parte a parte ( 6.21, 97.20) 7.18 (4.33, 17.91)

Variación total 8,58 (6,23, 121,18)

Número de categorías distintas = 2

IC del 95% = (0,0880171, 5,85460)

## **Probabilidades de clasificación errónea**

Probabilidad conjunta

La parte es mala y se acepta 0.000

La parte es buena y se rechaza 0.000

Probabilidad condicional

Falso Aceptar \*

Falso rechazo 0.000

\* ADVERTENCIA \* Probabilidad de que la pieza esté dentro de los límites de las especificaciones = 1.

Omniwires: Medidor R&R para KTB\_Rb relación

## **Estudio R&R del sistema de medición - Método ANOVA**

### **Tabla ANOVA de dos vías con interacción**

Fuente: DF, SS, MS, F P

Cable/Sensor 5 0.0000000 0.0000000 4.5529 0.061

Canal Numb 1 0.0000000 0.0000000 14.1232 0.013

Cable/Sensor \* Canal Numb 5 0.0000000 0.0000000 0.8398 0.547

Repetibilidad 12 0,0000000 0,0000000

Total 23 0.0000000

$\alpha$  para eliminar el término de interacción = 0.05

## Tabla ANOVA de dos vías sin interacción

Fuente: DF, SS, MS, F P

Cable/Sensor 5 0.0000000 0.0000000 4.0127 0.014

Canal Numb 1 0.0000000 0.0000000 12.4477 0.003

Repetibilidad 17 0,0000000 0,0000000

Total 23 0.0000000

## Gage R&R

% Contribución

Fuente: VarComp IC 95% (de VarComp) IC 95%

R&R total del sistema de medición 0,0000000 (0,000, 0,000) 72,18 (23,23, 99,94)

Repetibilidad 0,0000000 (0,000, 0,000) 36,94 ( 0,10, 80,05)

Reproducibilidad 0,0000000 (0,000, 0,000) 35,24 ( 4,90, 99,81)

Numb de canal 0,00000000 (0,000, 0,000) 35,24 ( 4,90, 99,81)

Parte a pieza 0,0000000 (0,000, 0,000) 27,82 ( 0,06, 76,77)

Variación total 0,0000000 (0,000, 0,000) 100,00

Tolerancia de proceso = 0,0048

Var de estudio %Var de estudio

Fuente: StdDev (DE): IC del 95% (6 × DE) IC del 95% (%SV)

Calibre total R&R 0,0000393 (0,000, 0,001) 0,0002360 (0,000, 0,005) 84,96

Repetibilidad 0,0000281 (0,000, 0,000) 0,0001688 (0,000, 0,000) 60,78

Reproducibilidad 0,0000275 (0,000, 0,001) 0,0001649 (0,000, 0,005) 59,36

Numb de canal 0,0000275 (0,000, 0,001) 0,0001649 (0,000, 0,005) 59,36

Parte a pieza 0,0000244 (0,000, 0,000) 0,0001465 (0,000, 0,000) 52,75

Variación total 0,0000463 (0,000, 0,001) 0,0002778 (0,000, 0,005) 100,00

% de tolerancia

Fuente: IC del 95% (SV/Toler) IC del 95%

R&R total del sistema de medición (48.19, 99.97) 4.92 (3.57, 114.35)

Repetibilidad ( 3,12, 89,47) 3,52 (2,64, 5,27)

Reproducibilidad (22,14, 99,91) 3,44 (1,18, 114,30)

Entumecimiento del canal (22.14, 99.91) 3.44 (1.18, 114.30)

Parte a pieza ( 2,53, 87,62) 3,05 (0,91, 8,45)

Variación total 5,79 (4,50, 114,39)

Número de categorías distintas = 1

IC del 95% = (0,0358276, 2,57122)

## Probabilidades de clasificación errónea

Probabilidad conjunta

La parte es mala y se acepta 0.000

La parte es buena y se rechaza 0.000

Probabilidad condicional

Falso Aceptar \*

Falso rechazo 0.000

\* ADVERTENCIA \* Probabilidad de que la pieza esté dentro de los límites de las especificaciones = 1.

Omniwires: Medidor R&R para KPA\_Ra relación

## Estudio R&R del sistema de medición - Método ANOVA

### Tabla ANOVA de dos vías con interacción

Fuente: DF, SS, MS, F P

Cable/Sensor 5 0.0000000 0.0000000 3.43939 0.101

Canal Numb 1 0.0000000 0.0000000 0.34549 0.582

Cable/Sensor \* Canal Numb 5 0.0000000 0.0000000 1.20998 0.362

Repetibilidad 12 0,0000000 0,0000000

Total 23 0.0000000

$\alpha$  para eliminar el término de interacción = 0.05

## Tabla ANOVA de dos vías sin interacción

Fuente: DF, SS, MS, F P

Cable/Sensor 5 0.0000000 0.0000000 3.91952 0.015

Canal Numb 1 0.0000000 0.0000000 0.39372 0.539

Repetibilidad 17 0,0000000 0,0000000

Total 23 0.0000000

## Gage R&R

95% Superior%Contribución 95% Superior

Origen VarComp Enlazado (de VarComp) Enlazado

Calibre total R&R 0,0000000 0,000 57,81 93,53

Repetibilidad 0,0000000 0,000 57,81 97,03

Reproducibilidad 0,0000000 0,000 0,00 81,05

Canal Numb 0.0000000 0.000 0.00 81.05

Parte a pieza 0,0000000 0,000 42,19 81,67

Variación total 0,0000000 0,000 100,00

Límite superior de tolerancia de proceso = -0,000005

95% El estudio superior fue 95% superior %El estudio fue 95% superior

Fuente: StdDev (SD) Enlazado (6 × SD) Enlazado (%SV) Enlazado

Calibre total R&R 0,0000005 0,000 0,0000032 0,000 76,03 96,71

Repetibilidad 0,0000005 0,000 0,0000032 0,000 76,03 98,50

Reproducibilidad 0,0000000 0,000 0,0000000 0,000 0,00 90,03  
 Canal Numb 0.0000000 0.000 0.0000000 0.000 0.00 90.03  
 Parte a pieza 0,0000005 0,000 0,0000028 0,000 64,96 90,37  
 Variación total 0,0000007 0,000 0,0000043 0,000 100,00

%Tolerancia 95% superior  
 Enlazado a la fuente (SV/Toler)  
 Calibre total R&R 15.84 48.46  
 Repetibilidad 15.84 22.18  
 Reproducibilidad 0,00 45,65  
 Canal Numb 0.00 45.65  
 Parte a Parte 13.53 31.75  
 Variación total 20,83 51,80

Número de categorías distintas = 1  
 Límite superior del 95 % = 2,98512

## Probabilidades de clasificación errónea

Probabilidad conjunta

La parte es mala y se acepta 0.000  
 La parte es buena y se rechaza 0.000

Probabilidad condicional

Falso Aceptar \*

Falso rechazo 0.000

\* ADVERTENCIA \* Probabilidad de que la pieza esté dentro de los límites de las especificaciones = 1.

Omniwires: R&R del sistema de medición para KPB\_Rb relación

## Estudio R&R del sistema de medición - Método ANOVA

### Tabla ANOVA de dos vías con interacción

Fuente: DF, SS, MS, F P

Cable/Sensor 5 0.0000000 0.0000000 4.61361 0.059

Canal Numb 1 0.0000000 0.0000000 0.10283 0.761

Cable/Sensor \* Canal Numb 5 0.0000000 0.0000000 0.82163 0.557

Repetibilidad 12 0,0000000 0,0000000

Total 23 0.0000000

$\alpha$  para eliminar el término de interacción = 0.05

### Tabla ANOVA de dos vías sin interacción

Fuente: DF, SS, MS, F P

Cable/Sensor 5 0.0000000 0.0000000 4.00057 0.014

Canal Numb 1 0.0000000 0.0000000 0.08916 0.769

Repetibilidad 17 0,0000000 0,0000000

Total 23 0.0000000

## Gage R&R

95% Menor %Contribución 95% Menor

Origen VarComp Enlazado (de VarComp) Enlazado

Calibre total R&R 0.0000000 0.000 57.14 17.57

Repetibilidad 0,0000000 0,000 57,14 18,08

Reproducibilidad 0,0000000 0,000 0,00 0,00

Canal Numb 0.0000000 0.000 0.00 0.00

Parte a pieza 0,0000000 0,000 42,86 12,71

Variación total 0,0000000 0,000 100,00

Límite inferior de tolerancia de proceso = 0,000005

95% Menor Var de Estudio 95% Menor %Var de Estudio 95% Menor

Fuente: StdDev (SD) Enlazado (6 × SD) Enlazado (%SV) Enlazado

Calibre total R&R 0,0000006 0,000 0,0000036 0,000 75,59 41,91

Repetibilidad 0,0000006 0,000 0,0000036 0,000 75,59 42,52

Reproducibilidad 0,0000000 0,000 0,0000000 0,000 0,00 0,00

Canal Numb 0.0000000 0.000 0.0000000 0.000 0.00 0.00

Parte a pieza 0,0000005 0,000 0,0000031 0,000 65,47 35,65

Variación total 0,0000008 0,000 0,0000048 0,000 100,00

%Tolerancia 95% más baja

Enlazado a la fuente (SV/Toler)

Calibre total R&R 26.99 21.73

Repetibilidad 26.99 21.18

Reproducibilidad 0,00 0,00

Numb de canal 0.00 0.00

Parte a Parte 23.37 10.56

Variación total 35,70 28,88

Número de categorías distintas = 1

Límite inferior del 95 % = 0,539548

## **Probabilidades de clasificación errónea**

Probabilidad conjunta

La parte es mala y se acepta 0.000

La parte es buena y se rechaza 0.000

Probabilidad condicional

Falso Aceptar \*

Falso rechazo 0.000

\* ADVERTENCIA \* Probabilidad de que la pieza esté dentro de los límites de las especificaciones = 1.



### APÉNDICE 3: TMV DE LA OPERACIÓN DE DRIFT

**Tabla 1: Resultados de Guide Wire Drift Elite**

% Contribución

Fuente: VarComp (de VarComp)

Calibre total R&R 0.0144972 97.33

Repetibilidad 0.0108444 72.81

Reproducibilidad 0,0036528 24,52

Canal/Modu 0.0036528 24.52

Parte a pieza 0.0003978 2.67

Variación total 0,0148950 100,00

Límite superior de tolerancia de proceso = 4,5

El estudio fue %El estudio fue

%Tolerancia

Fuente: StdDev (SD) (6 × SD) (%SV) (SV/Toler)

R&R del sistema de medición total 0,120404 0,722426 98,66 8,77

Repetibilidad 0,104137 0,624820 85,33 7,58

Reproducibilidad 0,060438 0,362629 49,52 4,40

Canal/Modu 0,060438 0,362629 49,52 4,40

Parte a pieza 0,019944 0,119666 16,34 1,45

Variación total 0,122045 0,732270 100,00 8,89



**ANEXO 1: N/A**

**ANEXO 2: N/A**