

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**

**SEDE JOSE MIGUEL CARRERA – VIÑA DEL MAR**

**MEJORA DEL INTERFAZ DE CONEXIÓN ELÉCTRICA ENTRE EL  
AUTOMÓVIL Y CARRO DE ARRASTRE  
BAJO LA NORMA ISO 1724**

Trabajo de Titulación para optar al Título de  
Ingeniero EN FABRICACIÓN Y DISEÑO  
INDUSTRIA con Licenciatura en Ingeniería en  
Fabricación y Diseño Industrial

Alumno  
Lucas Esteban Ramírez Pizarro.

Profesor  
Augusto Vargas Schuler



## CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

### 1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Mejora del interfaz de conexión eléctrica entre el automóvil y carro de arrastre bajo la norma ISO 1724

Nombre del candidato(a): Lucas Esteban Ramirez Pizarro

Carrera / Grado: Ingeniería en fabricación y diseño industrial / Pregrado

Campus: Sede Jose Miguel Carrera Departamento: Diseño y manufactura

### 2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Augusto Antonio Vargas Schuler, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

### 3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (marcar una opción):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

---

---

---

### 4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 28 MAYO 2026

Firma:   
Augusto A Vargas Schuler

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 18-05-2026

Firma: 

*Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.*

## ÍNDICE

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>                                                | <b>1</b>  |
| <b>CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y ANTECEDENTES.....</b>          | <b>2</b>  |
| 1. CAPITULO 1: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y ANTECEDENTES.....              | 3         |
| 1.1. Antecedentes generales del producto .....                           | 3         |
| 1.1.1. Aspectos técnicos y operativos del carro de arrastre.....         | 3         |
| 1.1.2. Sistema de interfaz eléctrico .....                               | 3         |
| 1.1.3. Normativas nacionales e internacionales .....                     | 5         |
| 1.1.4. Requisitos y conceptos técnicos, operativos y eléctricos.....     | 6         |
| 1.1.5. Estado del Arte: Tipos de carros y conectores actuales.....       | 9         |
| 1.2. Análisis del sistema de conexión eléctrica.....                     | 17        |
| 1.3. Análisis del mercado y entorno.....                                 | 17        |
| 1.3.1. Segmentación del mercado y público objetivo .....                 | 19        |
| 1.3.2. Productos sustitutos .....                                        | 20        |
| 1.4. Definición y justificación del problema.....                        | 21        |
| 1.4.1. Análisis de fallas comunes en sistemas actuales .....             | 22        |
| 1.4.2. Criterios de selección.....                                       | 22        |
| 1.4.3. Proceso de abordaje del problema .....                            | 23        |
| 1.4.4. Problema a solucionar: Diagnóstico final .....                    | 24        |
| <b>CAPÍTULO 2: DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....</b>                      | <b>25</b> |
| 2. CAPITULO 2: DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....                          | 26        |
| 2.1. Metodología de diseño .....                                         | 26        |
| 2.1.1. Metodologías para el rediseño y la mejora de productos .....      | 26        |
| 2.1.2. Metodología QFD aplicada al proyecto .....                        | 31        |
| 2.1.3. Herramientas de análisis: Ishikawa y Causa-Problema-Impacto ..... | 33        |
| 2.2. Objetivos del Proyecto.....                                         | 37        |
| 2.2.1. Objetivo general.....                                             | 37        |
| 2.2.2. Objetivos específicos. ....                                       | 37        |

|                                                             |                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.                                                        | Propuesta de solución .....                                                   | 37        |
| 2.3.1.                                                      | Descripción de la mejora propuesta .....                                      | 38        |
| 2.3.2.                                                      | Ventajas de la propuesta y evidencia de mejora .....                          | 39        |
| 2.3.3.                                                      | QFD resultados .....                                                          | 40        |
| 2.3.4.                                                      | Resultados de análisis FODA .....                                             | 45        |
| <b>CAPÍTULO 3: INGENIERÍA DE DETALLE Y PROTOTIPADO.....</b> |                                                                               | <b>47</b> |
| 3. CAPITULO 3: INGENIERIA DE DETALLE Y PROTOTIPADO .....    |                                                                               | 48        |
| 3.1.                                                        | Consideraciones normativas para el rediseño, ISO 1724.....                    | 48        |
| 3.1.1.                                                      | Cumplimiento normativo ISO.....                                               | 48        |
| 3.2.                                                        | Desarrollo de ingeniería de detalle .....                                     | 49        |
| 3.2.1.                                                      | Descripción de componentes .....                                              | 49        |
| 3.2.2.                                                      | Mecanismo de fijación y sellado.....                                          | 50        |
| 3.3.                                                        | Planimetría y modelación.....                                                 | 51        |
| 3.3.1.                                                      | Planos de conjunto y despiece .....                                           | 51        |
| 3.3.2.                                                      | Modelo 3D .....                                                               | 55        |
| 3.4.                                                        | Construcción del prototipo.....                                               | 58        |
| 3.4.1.                                                      | Descripción del proceso de prototipado.....                                   | 58        |
| 3.4.3.                                                      | Demostración funcional del prototipo virtual .....                            | 62        |
| 3.5.                                                        | Costos prototipo .....                                                        | 63        |
| <b>CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN DE RESULTADOS .....</b>           |                                                                               | <b>64</b> |
| 4. CAPITULO 4: EVALUACION DE RESULTADOS .....               |                                                                               | 65        |
| 4.1.                                                        | Validación funcional del prototipo .....                                      | 65        |
| 4.1.1.                                                      | Eficiencia de mantenimiento (Prueba de desarme).....                          | 65        |
| 4.1.2.                                                      | Prueba de montaje.....                                                        | 67        |
| 4.1.3.                                                      | Interoperabilidad y compatibilidad normativa .....                            | 69        |
| 4.1.4.                                                      | Resistencia mecánica y seguridad del acople (Prueba de tracción) .....        | 70        |
| 4.1.5.                                                      | Estanqueidad y protección ambiental (Prueba de entrada de contaminantes)..... | 71        |
| 4.2.                                                        | Comparación: Situación anterior vs. Situación mejorada .....                  | 74        |
| 4.3.                                                        | Validación de usuarios .....                                                  | 75        |

|                                             |                                                             |           |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.3.1.                                      | Ficha de pruebas .....                                      | 75        |
| 4.3.2.                                      | Preguntas de evaluación.....                                | 76        |
| 4.3.3.                                      | Resultados fichas de prueba y preguntas de evaluación ..... | 77        |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b> |                                                             | <b>88</b> |
| CONCLUSIONES.....                           |                                                             | 89        |
| RECOMENDACIONES.....                        |                                                             | 90        |
| PROSPECTIVAS.....                           |                                                             | 90        |
| <b>DECLARACIÓN DE USO DE IA.....</b>        |                                                             | <b>92</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                          |                                                             | <b>93</b> |
| <b>REFERENCIAS.....</b>                     |                                                             | <b>95</b> |

## ÍNDICE FIGURAS

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Esquema de enchufes para remolques de 7 y 13 polos.....  | 4  |
| Figura 2. Carro de carga liviana.....                              | 9  |
| Figura 3. Carro de carga pesada.....                               | 10 |
| Figura 4. Casa rodante.....                                        | 10 |
| Figura 5. Conector de 7 pines.....                                 | 11 |
| Figura 6. Conector de 7 pines-aluminio.....                        | 11 |
| Figura 7. Conector 7 pines USA.....                                | 12 |
| Figura 8. Conector de 13 pines.....                                | 12 |
| Figura 9. Carcasa externa conector de 7 pines.....                 | 13 |
| Figura 10. Prensaestopa.....                                       | 14 |
| Figura 11. Piña de 7 Pines.....                                    | 14 |
| Figura 12. Tapa trasera.....                                       | 14 |
| Figura 13. Cableado eléctrico.....                                 | 15 |
| Figura 14. Modulo de interfaz.....                                 | 15 |
| Figura 15. Conector hembra.....                                    | 17 |
| Figura 16. Conector hembra (aleación de aluminio) .....            | 16 |
| Figura 17. Conector de 13 pines- vista explosiva.....              | 17 |
| Figura 18. Conector de 7 pines plano.....                          | 20 |
| Figura 19. Adaptador de enchufe.....                               | 21 |
| Figura 20. Vista conjunto 1 .....                                  | 55 |
| Figura 21. Vista conjunto 2.....                                   | 56 |
| Figura 22. Prototipo rediseño conector macho .....                 | 56 |
| Figura 23. Prototipo rediseño conector macho– vista explosiva..... | 56 |
| Figura 24. Conector hembra .....                                   | 57 |
| Figura 25. Cabezal de inserción.....                               | 57 |
| Figura 26. Cuerpo medio .....                                      | 57 |
| Figura 27. Tapa de seguridad.....                                  | 58 |
| Figura 28. Tapa conector hembra .....                              | 58 |

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 29. Conector macho y conector hembra acoplados (sin tapa de seguridad).....       | 59  |
| Figura 30. Conector macho y conector hembra acoplados (tapa de seguridad instalada)..... | 60  |
| Figura 31. Conector macho armado.....                                                    | 60  |
| Figura 32. Conector macho vista explosiva.....                                           | 60  |
| Figura 33. Conector hembra con tapa prototipo .....                                      | 61  |
| Figura 34. Cabezal de inserción.....                                                     | 61  |
| Figura 35. Cuerpo medio .....                                                            | 61  |
| Figura 36. Tapa de seguridad.....                                                        | 622 |
| Figura 37. Tapa conector hembra .....                                                    | 62  |
| Figura 38. Prototipo virtual modelado en Fusión 360.....                                 | 62  |
| Figura 39. Conector estándar desarmado.....                                              | 65  |
| Figura 40. Conector estándar armado .....                                                | 66  |
| Figura 41. Prototipo conector macho desarmado.....                                       | 66  |
| Figura 42. Prototipo conector macho armado.....                                          | 66  |
| Figura 43. Prototipo rediseño acoplado con tapa.....                                     | 67  |
| Figura 44. Prototipo rediseño acoplado sin tapa.....                                     | 67  |
| Figura 45. Conector estándar conectado sin tapa de seguridad .....                       | 68  |
| Figura 46. Conector estándar conectado con tapa de seguridad .....                       | 68  |
| Figura 47. Acople del conector macho prototipo con conector hembra estándar.....         | 69  |
| Figura 48. Acople de la tapa del prototipo en conector macho estándar .....              | 69  |
| Figura 49. Interfaz eléctrica sellada con tapa de seguridad del prototipo .....          | 70  |
| Figura 50. Prueba de tracción en conector estándar.....                                  | 70  |
| Figura 51. Prueba de tracción en prototipo con tapa de seguridad .....                   | 71  |
| Figura 52. Prueba entrada contaminantes conector estándar .....                          | 72  |
| Figura 53. Inspección interna del conector estándar tras exposición al agua .....        | 72  |
| Figura 54. Prueba de entrada de contaminantes en prototipo .....                         | 72  |
| Figura 55. Inspección interna del prototipo tras prueba de agua .....                    | 73  |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1. Similitudes y diferencias entre mejora y rediseño del producto ..... | 28  |
| Tabla 2. Causa – Problema – Impacto .....                                     | 456 |
| Tabla 3. Descripción y justificación de la mejora.....                        | 38  |
| Tabla 4. Ventajas del prototipo .....                                         | 40  |
| Tabla 5. Matriz de calidad .....                                              | 42  |
| Tabla 6. Evaluacion comparativa.....                                          | 44  |
| Tabla 7. Análisis FODA .....                                                  | 45  |
| Tabla 8. Componentes del prototipo .....                                      | 50  |
| Tabla 9. Costos prototipo .....                                               | 63  |
| Tabla 10. Comparación de situaciones .....                                    | 74  |
| Tabla 11. Formato Ficha de prueba .....                                       | 76  |
| Tabla 12. Ficha de prueba 1 .....                                             | 77  |
| Tabla 13. Ficha de prueba 2 .....                                             | 79  |
| Tabla 14. Ficha de prueba 3 .....                                             | 81  |
| Tabla 15. Ficha de prueba 4 .....                                             | 83  |
| Tabla 16. Ficha de prueba 5 .....                                             | 85  |

## ÍNDICE PLANOS

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Plano 1. Dimensiones conector macho ISO 1724.....           | 48 |
| Plano 2. Dimensiones conector hembra ISO 1724.....          | 49 |
| Plano 3. Interfaz de conexión macho–hembra ensamblada ..... | 52 |
| Plano 4. Cabezal de conexión .....                          | 52 |
| Plano 5. Cuerpo medio.....                                  | 53 |
| Plano 6. Tapa conector hembra.....                          | 53 |
| Plano 7. Tapa de seguridad .....                            | 54 |
| Plano 8. Vista explosiva conector macho .....               | 54 |
| Plano 9. Vista explosiva conector macho. ....               | 55 |

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| Diagrama 1.Ishikawa (Causa-Efecto)..... | 34 |
|-----------------------------------------|----|

## RESUMEN

Palabras clave: Carro de arrastre, Conector eléctrico de 7 pines, Interfaz de conexión ISO 1724, Fallas en conectores eléctricos de carros de arrastre, Mejora en conexión eléctrica ISO 1724.

Los sistemas de conexión eléctrica entre un automóvil y un carro de arrastre, regulados internacionalmente por la norma ISO 1724 (International Organization for Standardization, 2003), permiten la transferencia de señales críticas para la seguridad vial. No obstante, en los modelos disponibles comercialmente se han identificado deficiencias operativas recurrentes, tales como la inestabilidad mecánica ante vibraciones, baja hermeticidad y una limitada resistencia a condiciones ambientales adversas (Boughton, 2013).

El presente trabajo tiene por finalidad diseñar una mejora en la interfaz de conexión de 7 pines ISO 1724, abarcando tanto el conector macho como la tapa del conector hembra. Esta mejora se materializa mediante el rediseño de componentes específicos del conector, enfocado en optimizar su desempeño sin alterar las condiciones de estandarización establecidas por la norma. Para ello, se aplicó la metodología QFD (Akao, 1990), orientada a transformar las necesidades de los usuarios en requerimientos técnicos de ingeniería, complementada con herramientas de análisis causa-efecto. A partir de estos antecedentes, se procedió al diseño y fabricación de un prototipo funcional. La etapa de modelado 3D se llevó a cabo mediante el software Autodesk Fusion 360, mientras que la materialización física se realizó a través de manufactura aditiva (impresión 3D). El diseño resultante integra un cuerpo modular y una tapa de seguridad.

Las validaciones experimentales demostraron que la propuesta proporciona un acoplamiento con bloqueo mecánico positivo, eliminando las desconexiones involuntarias bajo tracción. Asimismo, el diseño mejoró la estanqueidad del sistema mediante sellado por compresión y optimizó la mantenibilidad, logrando reducir el tiempo de ensamble y desensamble en un 50% respecto al conector convencional (30 segundos frente a 60 segundos), prescindiendo totalmente de herramientas externas. Se concluye que la aplicación del QFD permitió obtener una solución que incrementa la seguridad, la fiabilidad y la durabilidad del sistema, manteniendo la interoperabilidad universal exigida por la normativa vigente.

## **SIGLAS**

### Listado de siglas

- FODA: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas
- HoQ: House of Quality / Casa de la Calidad
- ISO: Organización Internacional de Normalización
- QFD: Quality Function Deployment / Despliegue de la Función de Calidad

### Listado de normas

- ISO 1724: Norma para conexión eléctrica de remolques de 7 polos
- ISO 11446: Norma para conexión eléctrica de remolques de 13 polos

### Listado de símbolos y unidades

- kg: Kilogramo
- cm: Centímetro
- m: Metro
- mm: Milímetro
- A: Amperio
- V: Voltio
- W: Watt

## INTRODUCCIÓN

El sistema de conexión eléctrica entre un automóvil y un carro de arrastre constituye un elemento esencial para la operación segura de ambos vehículos. A través de este sistema se transmiten las señales necesarias para el funcionamiento de luces de freno, intermitentes, posición y otros dispositivos complementarios, cuya correcta operación permite cumplir con normativas de tránsito y garantizar la visibilidad en diversas condiciones de circulación (Brunson, 2025; Cano, 2024). Por esta razón, la confiabilidad de este mecanismo es un aspecto crítico dentro del diseño y uso de remolques.

A pesar de su relevancia, los sistemas eléctricos de conexión presentan una serie de falencias técnicas persistentes. Entre ellas destacan la dificultad en los procesos de conexión y desconexión, la baja resistencia mecánica y ambiental frente a la humedad, el polvo, la corrosión y las vibraciones generadas durante el movimiento. Estas limitaciones afectan directamente la continuidad de las señales eléctricas y, en consecuencia, la seguridad del transporte, pudiendo derivar en fallas de iluminación o pérdida total de comunicación entre el vehículo y el carro de arrastre (BoatBlissBlog, 2025).

Considerando este escenario, resulta necesario desarrollar un análisis integral del sistema de conexión eléctrica actual, que permita comprender su diseño, componentes y los modos de falla más frecuentes presentes en su uso real. Para ello, se realiza una revisión de los principales sistemas eléctricos de conexión disponibles en el mercado y se analizan alternativas de rediseño mediante la aplicación de la metodología QFD (Despliegue de la Función de Calidad). A través de esta metodología se recopilan y priorizan las necesidades de los usuarios, transformándolas en especificaciones técnicas orientadas a mejorar la facilidad de uso, la seguridad y la eficiencia del sistema. Este enfoque constituye la base para identificar y abordar los problemas técnicos recurrentes asociados a la operación y mantenimiento de la interfaz de conexión.

En este contexto, el presente trabajo se orienta a diseñar una mejora de la interfaz de conexión eléctrica entre un automóvil y un carro de arrastre de 7 pines, considerando los requisitos dimensionales y funcionales establecidos por la norma ISO 1724. Esta mejora se materializa mediante el rediseño de componentes específicos del conector, manteniendo la compatibilidad con el estándar, sin alterar sus características críticas. El propósito es desarrollar un sistema que incremente la seguridad frente a desconexiones accidentales, mejore la hermeticidad del conjunto y facilite su operación por parte del usuario.

## **CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y ANTECEDENTES**

## 1. CAPITULO 1: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y ANTECEDENTES

En este capítulo se presenta la descripción general del proyecto y los antecedentes que fundamentan su desarrollo. Se aborda la problemática existente en los sistemas de conexión eléctrica para carros de arrastre, considerando sus principales fallas y limitaciones. Además, se revisan antecedentes técnicos, normativos y soluciones existentes en el mercado, con el fin de justificar la propuesta de mejora desarrollada en este trabajo.

### 1.1. Antecedentes generales del producto

Se recopiló información técnica y normativa del sistema de conexión eléctrica entre un automóvil y un carro de arrastre, con el fin de describir el funcionamiento del sistema y los requisitos de seguridad que condicionan el rediseño. En particular, se revisó la configuración del interfaz de conexión eléctrica de 12 V, el uso de conectores estandarizados de 7 y 13 pines y su función en la transmisión de señales, y los requerimientos normativos aplicables, incluyendo las normativas ISO 1724 e ISO 11446, y normativa chilena relacionada NCh 2310:1996 y el decreto supremo N°22 de 2006 del ministerio de transportes. También se consideraron los principales problemas en el uso cotidiano, reportados por usuarios, tales como problema de conexión, intermitencias en las luces, desconexiones por vibraciones y tensiones, ingreso de contaminantes como agua, barro, polvo, etc que generen corrosión y deterioro de los terminales. Esta base permitió fundamentar los criterios técnicos, de seguridad y de cumplimiento utilizados en el desarrollo del rediseño.

#### 1.1.1. Aspectos técnicos y operativos del carro de arrastre

Para la mejora del interfaz de conexión eléctrica, se deben considerar los aspectos técnicos, operativos y normativos. Estos elementos influyen directamente en la toma de decisiones, ya que determinan la viabilidad del diseño, la seguridad y el cumplimiento del proyecto en su contexto de aplicación

#### 1.1.2. Sistema de interfaz eléctrico

En Chile, la normativa nacional adopta los estándares internacionales ISO 1724 e ISO 11446, que regulan los sistemas eléctricos de conexión entre vehículos y carros de arrastre. Estos conectores, de 7 y 13 pines respectivamente, operan bajo una tensión nominal de 12 voltios, garantizando la compatibilidad eléctrica, la seguridad en el acople y el cumplimiento de las especificaciones establecidas por las normas internacionales.

- A. Conector de 7 pines, ISO 1724: utilizado para conectar la instalación eléctrica del automóvil con el carro de arrastre, permitiendo la transmisión de señales eléctricas clave para el funcionamiento de las luces y otros sistemas en el remolque. Los 7 pines del conector están diseñados para cumplir funciones específicas como la alimentación de las luces traseras, luces de freno, luces de giro, luces de marcha atrás, entre otras. El conector de 7 pines es el estándar más comúnmente utilizado en remolques ligeros y medianos. (para adaptarse a diferentes tipos de remolques y vehículos) (Cano, 2025). La *Figura 1* muestra el esquema de conexión del enchufe para carros de arrastre de 7 pines, indicando la distribución y función específica de cada pin para la correcta transmisión de señales eléctricas entre el vehículo y el remolque.
- B. Conector de 13 pines, ISO 11446: utilizado para remolques más grandes como caravanas. Este conector permite funciones adicionales que no están disponibles en el conector de 7 pines, como la alimentación de la batería del remolque, iluminación interior, luces de marcha atrás y freno de mano eléctrico, su diseño sigue la norma ISO 11446, lo que garantiza compatibilidad y seguridad en la conexión (Auto en Regla, s.f.). La *Figura 1* muestra el esquema de conexión del enchufe para carros de arrastre de 13 pines, indicando la distribución y función específica de cada pin para la correcta transmisión de señales eléctricas entre el vehículo y el remolque.

**Figura 1**

Esquema de enchufes para remolques de 7 y 13 polos



Fuente: (Remolques para coches, s.f.)

Se examinaron los sistemas de interfaz eléctrica de 7 pines, ISO 1724 y 13 pines, ISO 11446 pines; utilizados con el fin de aportar conocimiento contextual sobre las capacidades de transmisión para funciones auxiliares. No obstante, este trabajo de título se centró exclusivamente en el conector de 7 pines bajo la norma ISO 1724, por ser el sistema predominante en el parque automotriz nacional. Esta delimitación permitió focalizar la mejora en las deficiencias técnicas y de seguridad de la interfaz con mayor presencia en el mercado local.

### 1.1.3. Normativas nacionales e internacionales

Para realizar una mejora adecuada, primero que nada, se debe cumplir con las leyes, normativas y reglamentos que aseguren el correcto funcionamiento del sistema y garanticen la seguridad durante su uso.

- Ley: declaración de la voluntad soberana que manda, prohíbe y permite algo y es dictada por el congreso nacional y el presidente de la república
- Norma: regula la conducta social, incluyendo leyes, reglamentos, decretos, etc. Ejemplo: Normas de comportamiento vial (Biblioteca del congreso nacional de Chile, formación cívica).
- Reglamento: complementan y detallan las leyes para su aplicación práctica (Biblioteca del congreso nacional de Chile, formación cívica).

#### A. Normativas nacionales

En Chile, los carros de arrastre deben estar inscritos en el Registro Civil y cumplir con la normativa vigente correspondiente, esto asegura que se cumplan correctamente los estándares de seguridad establecidos por la ley chilena.

- a. Conexión eléctrica: se basa en la norma internacional DIN ISO 1724 para conectores de 7 pines (UNE, s.f.). y en la ISO 11446 (Erich Jaeger, ISO 11446) para conectores de 13 pines. Estas normas definen las especificaciones técnicas para la transmisión de señales lumínicas y otras funciones eléctricas esenciales.
- b. Ley de tránsito N°18.290:
  - Artículo 55 de la Ley de Tránsito: los vehículos deben tener sistemas y accesorios en perfecto estado para una conducción segura, y el remolque debe cumplir con las condiciones reglamentarias (Superintendencia de Seguridad Social, s.f.).
  - Artículo 62: los remolques deben unirse al vehículo tractor con elementos de seguridad y cumplir con las normas de revisión técnica y seguridad según su capacidad (Superintendencia de Seguridad Social, s.f.).
- c. Ley N°19.872: carros de arrastre cuyo peso bruto vehicular sea igual o superior a 3.860 kilogramos, deben inscribirse en el Registro Especial de Remolques y Semirremolques que lleva el Servicio de Registro Civil e Identificación.

- d. Decreto N°83 del Ministerio del Interior, 1988: establece que los carros de arrastre con un peso bruto inferior a 3.860 kg deben empadronarse en la municipalidad correspondiente al domicilio del propietario (Biblioteca del Congreso Nacional Ley N°18.290, 1988).

## B. Normativa internacional

Estándares ISO de conexión: Establecen estándares técnicos que buscan garantizar la seguridad, compatibilidad y funcionamiento adecuado de los sistemas eléctricos en distintos países. Se identificaron las normas internacionales que regulan las interfaces eléctricas, destacando la ISO 11446 para conectores de 13 pines utilizados en sistemas con funciones auxiliares complejas. No obstante, para efectos de este proyecto, se estableció como norma la ISO 1724, la cual define las especificaciones para conectores de 7 polos tipo 12N. Esta norma asegura la interoperabilidad de funciones básicas de seguridad (freno, posición e intermitentes), siendo el estándar sobre el cual se desarrolló la propuesta de mejora (UNE, s.f.; Erich Jaeger, ISO 11446).

### 1.1.4. Requisitos y conceptos técnicos, operativos y eléctricos

Para la correcta y segura operación del conjunto entre un automóvil y un carro de arrastre, se establecen requisitos técnicos, administrativos y de seguridad específicos. Estos deben ser considerados para garantizar el cumplimiento de la normativa chilena vigente y la adecuada circulación del remolque.

A. Un carro de arrastre, también conocido como remolque, es un vehículo no motorizado de uno, dos o tres ejes, diseñado para ser acoplado a un vehículo liviano y trasladar cargas adicionales (HDI Seguros, 2023). Estos carros cuentan con sus propios neumáticos y luces traseras conectadas al sistema eléctrico del auto principal, permitiendo señalizar maniobras como frenado o giros. Según el tipo de carga a transportar, pueden incorporar elementos específicos para asegurar y facilitar el traslado (HDI Seguros, 2023).

B. Requisitos para utilizar un carro de arrastre: según la ley chilena N°18.290 para carros de arrastre se deben cumplir con estos requisitos.

- a. Inscripción del carro: deben registrarse a través de un procedimiento único que otorga un padrón y una placa permanente. Existen 2 alternativas según peso y capacidad del carro:
  - Inscripción en la municipalidad: carros de arrastre con peso inferior a 3.860 kg y capacidad de carga menor a 1750 kg (Autofact, 2025).

- Inscripción en el Registro Civil: todo carro de arrastre con peso superior a 3.860 kg deberá estar inscritos en el Registro Especial de Remolques y Semirremolques a cargo del Registro Civil (Biblioteca del Congreso Nacional Ley N°18.290, 1988).

b. Requisitos técnicos

- Dimensiones: debe cumplir según la legislación vigentes, alto máxima 4.30 mts con o sin carga y largo máximo del carro de arrastre conectado al auto es de 11 mts (HDI Seguros, 2023.).
- Sistema de frenos: carros de arrastre con capacidad de carga superior a 750 kg deben contar con sistemas de frenos independientes (Superintendencia de Seguridad Social, s.f.).
- Elementos de seguridad: el carro de arrastre debe estar unido al vehículo con elementos de seguridad y cumplir con su respectiva revisión técnica (Superintendencia de Seguridad Social, s.f.).

- c. Contar con SOAP carro de arrastre: aunque los carros de arrastre no tienen motor, la ley los considera vehículos, por lo que deben contar con un seguro SOAP (Seguro Obligatorio de Accidentes Personales) (HDI SEGUROS, s.f.).

C. Requisitos eléctricos, de iluminación y señalización: el carro de arrastre debe contar con un sistema eléctrico que asegure la correcta iluminación y señalización durante su uso, garantizando la visibilidad del conjunto vehicular y la comunicación de maniobras a otros conductores. De acuerdo con la normativa chilena vigente (NCh 2310:1996) (Instituto Nacional de Normalización, 1996) y el y el Decreto Supremo N.º 22 de 2006 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, los carros de arrastre deben contar con:

- a. Luces traseras de posición: color rojo, ubicadas en la parte posterior, encendidas junto con las luces del vehículo tractor.
- b. Luces de freno: deben activarse simultáneamente al accionar el freno de servicio del vehículo tractor.
- c. Intermitentes o luces de viraje: ubicadas en ambos extremos traseros, deben destellar sincronizadamente con las del vehículo principal.
- d. Luz de patente: debe iluminar la placa posterior del carro de arrastre, permitiendo su lectura en condiciones de baja luminosidad.
- e. Luces o reflectores laterales: en remolques de mayor longitud, deben instalarse luces o dispositivos retrorreflectantes color ámbar que permitan visualizar el contorno lateral.

- f. Reflectores traseros: color rojo, instalados en la parte posterior, contribuyen a la visibilidad nocturna del vehículo detenido.
- g. Luz de retroceso: color blanco, destinada a advertir el movimiento en reversa del conjunto vehicular.
- h. Conectores eléctricos: el sistema eléctrico del carro debe estar vinculado al del vehículo tractor mediante un conector estandarizado, generalmente de 7 o 13 pines, conforme a la norma ISO 1724 o ISO 11446, asegurando la transmisión de las señales de freno, giro y posición.

Para la comprensión adecuada del funcionamiento del sistema de conexión y de las fallas que se pretenden solucionar, se considera necesario establecer los conceptos eléctricos básicos que rigen el comportamiento de la energía y las señales en el sistema vehicular del carro de arrastre. Estos fundamentos serán utilizados para el dimensionamiento y la justificación técnica de la mejora propuesta.

- A. Corriente eléctrica: el flujo de carga eléctrica que circula por un material conductor, es decir, la corriente eléctrica es el movimiento de electrones a través de un material (Ingenierizando.com; 2025; JDElectricos.com.co, 2021).
- B. Intensidad eléctrica: flujo de carga eléctrica que pasa por un circuito por unidad de tiempo. Por lo tanto, la intensidad de corriente eléctrica es la cantidad de electrones que se mueven a través de un conductor por unidad de tiempo. (Ingenierizando.com; 2025; JDElectricos.com.co, 2021).
- C. Voltaje: magnitud eléctrica que indica la diferencia de potencial entre dos puntos. El voltaje también se conoce como tensión o simplemente diferencia de potencial (Ingenierizando.com; 2025; JDElectricos.com.co, 2021).
- D. Resistencia eléctrica: oposición que presentan los cuerpos al paso de la corriente eléctrica. Por lo tanto, un conductor o un elemento con una gran resistencia eléctrica significa que dificulta en gran medida que la electricidad pase a través de él (Ingenierizando.com; 2025) (Ingenierizando.com; 2025; JDElectricos.com.co, 2021).
- E. Potencia eléctrica: ritmo al que se usa o genera la energía y puede ser medida en cualquier instante de tiempo ya que siempre tendrá el mismo valor (Ingenierizando.com; 2025; JDElectricos.com.co, 2021).
- F. Energía eléctrica: capacidad de hacer funcionar las cosas y debe ser medida durante un cierto periodo (segundo, hora, año, etc) (Ingenierizando.com; 2025; JDElectricos.com.co, 2021).
- G. Relacionados por la ley de Ohm: la intensidad de corriente que circula por un conductor es igual a la diferencia de voltaje entre sus extremos dividido por su resistencia eléctrica. La fórmula que relaciona estos conceptos es la siguiente (Ingenierizando.com; 2025; JDElectricos.com.co, 2021).:

- a. I: intensidad de la corriente eléctrica que circula por el conducto, expresada en amperios (A).
- b. V: voltaje entre los extremos del conductor, expresado en voltios (V).
- c. R: resistencia eléctrica de los conductos, expresada en ohmios ( $\Omega$ ).

#### 1.1.5. Estado del Arte: Tipos de carros y conectores actuales

Se analizaron las diferentes tipologías de carros de arrastre presentes en el mercado, incluyendo carros de arrastre, caravanas y casas rodantes. Se identificó que, cuando se requieren funciones adicionales como alimentación auxiliar o luz de retroceso, se utiliza el conector de 13 pines, ISO 11446; En cambio, para la señalización básica del carro de arrastre, el sistema opera mediante el interfaz de 7 pines, ISO 1724. Por esta razón, el presente proyecto se acota al rediseño del interfaz de conexión de 7 pines, ISO 1724; por ser el estándar más utilizado en el parque automotriz nacional (CAVEM, 2025; Autofact, 2025).

##### A. Tipos de carros de arrastre

En el mercado nacional e internacional, los carros de arrastre se clasifican según su capacidad de carga y uso específico. A continuación, se presentan los tipos más comunes utilizados para transporte de carga, vehículos y fines recreativos.

- a. Carros de carga liviana: usados para transportar objetos pequeños, equipaje o herramientas. En la *Figura 2* se visualiza un ejemplo de carro de arrastre de carga liviana, utilizado comúnmente para el traslado de cargas menores.

**Figura 2**  
Carro de carga liviana



*Fuente: (Metalcar, s.f.)*

- b. Carros de carga pesada: diseñados para transportar maquinaria, vehículos o grandes volúmenes. En la *Figura 3* se visualiza un ejemplo de carro de arrastre de carga pesada, destinado al transporte de cargas de mayor tamaño y peso.

**Figura 3**  
Carro de carga pesada



*Fuente: (Mingenio, s.f)*

- c. Carros tipo casa rodante: adaptados para viajes y camping, con equipamiento interior destinado a brindar comodidad y funcionalidad. En la *Figura 4* se visualiza un ejemplo de carro de arrastre tipo casa rodante.

**Figura 4**  
Casa rodante



*Fuente: (Conqueror 4x4, s.f.)*

Se analizaron las diferentes tipologías de carros de arrastre, desde remolques de carga liviana hasta carga pesada, además de caravanas o casas rodantes. Se determinó que, si bien los vehículos de mayor envergadura y exigencia técnica, como las caravanas o carros de arrastre de carga superior emplean el conector de 13 pines (ISO 11446) para funciones auxiliares y de retroceso: El presente proyecto se focaliza en carros de arrastre donde su uso sea el conector de 7 pines ISO 1724, esta decisión se fundamentó en que dichos remolques operan bajo el estándar de 7 pines (ISO

1724), el cual representa la mayor parte del parque automotriz nacional (CAVEM, 2025; Autofact, 2025). y presenta las deficiencias de acoplamiento que esta mejora pretende resolver.

#### B. Tipos de conectores.

En el parque automotriz nacional existen distintos tipos de conectores eléctricos utilizados para la conexión entre el vehículo y el carro de arrastre. Estos varían según su diseño, cantidad de pines y funciones eléctricas disponibles. A continuación, se presentan los conectores más comunes utilizados en el mercado.

- a. Conector de 7 pines: utilizado comúnmente en carros de arrastre livianos y medianos para la transmisión de señales eléctricas básicas. En la *Figura 5* se muestra un conector de 7 pines utilizado en el parque automotriz nacional.

**Figura 5**  
Conector de 7 pines



*Fuente: (Metalcar, s.f.)*

- b. Conector de 7 pines (aleación de aluminio): utilizado para la conexión eléctrica entre el vehículo y el carro de arrastre En la *Figura 6* se muestra un conector de 7 pines de aleación de aluminio

**Figura 6**  
Conector de 7 pines-aluminio



*Fuente: (Autoplanet, s.f.)*

- c. Conector Americano 7 pines: utilizado principalmente en vehículos y remolques de estándar americano, permitiendo la transmisión de señales eléctricas básicas y funciones adicionales según su configuración. En la *Figura 7* se muestra un conector americano de 7 pines utilizado en este tipo de aplicaciones.

**Figura 7**  
Conector 7 pines USA



*Fuente: (Metalcar; s.f)*

- d. Conector de 13 pines: utilizado principalmente en carros de arrastre de mayor tamaño y caravanas, ya que permite la transmisión de señales eléctricas básicas y funciones adicionales como luces de marcha atrás, alimentación auxiliar e iluminación interior. En la *Figura 8* se muestra un conector de 13 pines utilizado en este tipo de aplicaciones.

**Figura 8**  
Conector de 13 pines



*Fuente: (Metalcar; s.f.)*

### C. Componentes del sistema de conexión eléctrica ISO 1724

Conocer los componentes que integran el interfaz de conexión eléctrica ISO 1724 permite comprender el funcionamiento del sistema, identificar puntos críticos de falla y determinar qué elementos requieren mejoras o modificaciones dentro del proceso de rediseño. Esto facilita el análisis técnico de problemas asociados a desconexiones, ingreso de contaminantes, desgaste mecánico y pérdida de continuidad eléctrica. Se presenta una descripción detallada de los componentes que integran el sistema de conexión eléctrica; además del interfaz de conexión eléctrico (conector macho y hembra); que es la unión física y eléctrica entre el automóvil y el carro de arrastre, que protege los pines y el cableado de la humedad, suciedad y daños físicos, asegurando una conexión eléctrica (Electros Tomathouse, 2025). Los materiales más comunes utilizados para este propósito son el cloruro de polivinilo (PVC) y elastómero termoplástico (TPE) y silicona, seleccionados por sus propiedades de resistencia al calor, flexibilidad y durabilidad frente a condiciones ambientales exigentes (FuelFlowPro, 2025). Sus componentes generalmente son:

- a. Conector de 7 pines: utilizado para conectar la instalación eléctrica del automóvil con el carro de arrastre, permitiendo la transmisión de señales eléctricas clave para el funcionamiento de las luces y otros sistemas en el remolque.
  - Carcasa: cuerpo principal del conector fabricado en plástico técnico resistente, que protege los componentes internos y brinda soporte estructural. En la *Figura 9* se visualiza la carcasa externa de un conector de 7 pines.

**Figura 9**

Carcasa externa conector de 7 pines



*Fuente: (Metalcar, s.f.)*

- Prensa estopa: fija el cableado al conector evitando que se suelte por tracción y protegiéndolo del polvo, la humedad y las vibraciones. En la *Figura 10* se visualiza una prensaestopa utilizada en conectores eléctricos.

**Figura 10**  
Prensaestopa



*Fuente: (Metalcar, s.f.)*

- Piña de 7 pines: núcleo interno que contiene los terminales de cobre o latón niquelado, encargados de transmitir las señales eléctricas del vehículo al carro de arrastre. En la *Figura 11* se visualiza una piña de 7 pines utilizada para la conexión eléctrica.

**Figura 11**  
Piña de 7 pines



*Fuente: (Metalcar, s.f.)*

- Tapa trasera: cubre la parte posterior del conector, manteniendo el cable fijo en su posición y asegurando una unión firme y protegida frente a esfuerzos mecánicos, En la *Figura 12* se visualiza una tapa trasera utilizada en conectores eléctricos.

**Figura 12**  
Tapa trasera



*Fuente: (Metalcar, s.f.)*

- Cableado eléctrico: transporta energía y las señales desde el automóvil al carro de arrastre (Electros Tomathouse, 2025), compuestos de cobre trenzado, recubierto con aislamiento y cubierta exterior de PVC, (ZW Cable, 2023). En la *Figura 13* se visualiza el cableado eléctrico utilizado en este tipo de conexiones.

**Figura 13**  
Cableado eléctrico



*Fuente: (Metalcar, s.f.)*

- b. Modulo Interfaz: sirve para conectar un carro de arrastre al auto y que no interfiera con el computador de este. En la *Figura 14* se visualiza un módulo interfaz utilizado en este tipo de aplicaciones. (Autoaccesorios Barkash; s.f.).

**Figura 14**  
Módulo de interfaz



*Fuente: (Metalcar, s.f.)*

- c. Conector hembra: encargada de recibir al conector macho para transmitir señales, bajo la norma ISO 1724. Como se visualiza en la *figura 15* este componente integra una tapa de protección que resguarda los contactos de agentes contaminantes.

**Figura 15**  
Conector hembra



*Fuente: (Metalcar, s.f.)*

- d. Conector hembra (aleación de aluminio): cumple la misma función que el conector hembra estándar a diferencia de su material de aleación de aluminio, en la *Figura 16* se visualiza un conector hembra de material de aleación de aluminio.

**Figura 16**

Conector hembra (aleación de aluminio)



*Fuente: (Metalcar, s.f.)*

- D. Conector macho, ISO 11446: permite transmitir señales adicionales como luz de retroceso o alimentación continua. fabricado en materiales como PVC, TPE y silicona, que garantizan resistencia al calor, humedad y vibraciones, asegurando una conexión segura y duradera (Erich Jaeger, 2025; Brunson, 2025). Los componentes que conforman el conector se pueden apreciar en la *figura 17* y se describen a continuación:
- a. Carcasa exterior: cuerpo principal del conector fabricado en plástico técnico resistente, que protege los componentes internos y brinda soporte estructural.
  - b. Cuerpo interno: pieza plástica donde se alojan y aíslan los contactos metálicos, manteniéndolos alineados y numerados según la norma ISO 11446.
  - c. Prensaestopa: fija el cableado al conector evitando que se suelte por tracción y protegiéndolo del polvo, la humedad y las vibraciones.
  - d. Piña: núcleo interno que contiene los 13 terminales de cobre o latón niquelado, encargados de transmitir las señales eléctricas del vehículo al carro de arrastre.
  - e. Tope de acople: elemento que permite el correcto alineamiento entre las partes macho y hembra del conector, asegurando una conexión firme y precisa.
  - f. Tapa trasera: cubre la parte posterior del conector, manteniendo el cable fijo en su posición y asegurando una unión firme y protegida frente a esfuerzos mecánicos.

**Figura 17**

Conector de 13 pines-vista explosiva



*Fuente: (Metalcar, s.f.)*

Se incluyeron los componentes del conector de 13 pines debido a su relevancia técnica en el desarrollo del prototipo final. Específicamente, se seleccionó la tapa trasera de esta interfaz para asegurar la hermeticidad del conjunto, aprovechando su compatibilidad dimensional. Asimismo, el diseño del cuerpo modular y roscado del conector macho de 13 pines se tomó como referencia técnica para estructurar el prototipo, permitiendo un sistema de ensamblaje más robusto y eficiente para la mejora propuesta.

## 1.2. Análisis del sistema de conexión eléctrica

El análisis del sistema de conexión eléctrica se centrará en el interfaz de conexión eléctrica entre el automóvil y el carro de arrastre, que corresponde al conector macho y al conector hembra, considerando su fiabilidad, compatibilidad y desempeño funcional. Se evaluará la integridad de los componentes, la correcta transmisión de señales eléctricas y los posibles fallos asociados a desconexiones, corrosión, falsos contactos o incompatibilidades, relacionados al conector de 7 pines ISO 1724.

Para ello, se realizará una comparación sustentada en información técnica y experiencias documentadas en blogs y páginas especializadas, donde se exponen problemas recurrentes, soluciones aplicadas y recomendaciones de mantenimiento e instalación de estos sistemas (FuelFlowPro, 2025; Erich Jaeger, 2025; Electros Tomathouse, 2025).

## 1.3. Análisis del mercado y entorno

Se desarrolla el estudio de mercado asociado al proyecto, analizando el contexto comercial del sistema de conexión eléctrica entre un automóvil y un carro de arrastre. Se consideran aspectos como el tamaño del mercado, los principales competidores y las características generales de la oferta existente, con el fin de evaluar la viabilidad y el posicionamiento de la solución propuesta.

- A. Tamaño del mercado en Chile: No existen cifras exactas, pero se puede tomar una aproximación del mercado a partir del sector automotriz, donde en solo 2024 se realizaron más de 1 millón de transferencias de vehículos usados y 300 mil nuevos (CAVEM, 2025) (Autofact, 2025).
- B. Principales competidores en el mercado chileno: los principales competidores son empresas nacionales especializadas en la fabricación, venta y arriendo de estos productos, los más relevantes son:
- a. SM Carros: venden y fabrican carros de arrastre de diversos tipos (SM Carros, s.f.).
  - b. Carros del maule: ofrecen remolques y carros de arrastre a medida y estándar (Carros del Maule, s.f.).
  - c. Carromet: producen carros de arrastre y remolques metálicos para distintas aplicaciones (Carromet, s.f.)
  - d. Metalbert Ltda.: fabrican y comercializan carros de arrastre de varios modelos (Metalbert, s.f.).
- C. Necesidades y expectativas de los usuarios:
- a. Seguridad: los usuarios esperan que el sistema de conexión eléctrica garantice la transmisión segura y confiable de señales para todo el sistema eléctrico (Brico Auto, 2024; FuelFlowPro, 2025; Ley N°18.290).
  - b. Durabilidad: se busca que los sistemas resistan la exposición a condiciones ambientales, agentes externos ambientes como agua, polvo, radiación, etc; y esfuerzos producidos por vibraciones o tensiones. Los usuarios reportan que los conectores de 7 o 13 pines suelen desgastarse con el tiempo, y la falta de un sellado adecuado permite la entrada de humedad y suciedad, causando corrosión y fallas eléctricas (BoatBlissBlog, 2024).
  - c. Facilidad de uso: se valora la facilidad para conectar y desconectar el sistema, así como la existencia de indicadores claros que permitan verificar si la conexión es correcta. Los usuarios también esperan que el mantenimiento sea sencillo, con acceso a repuestos y materiales duraderos (Club SEAT León, s.f.; BoatBlissBlog, 2024).
  - d. Compatibilidad: los usuarios demandan compatibilidad entre diferentes modelos de vehículos y remolques, lo que implica el uso de conectores estandarizados (5, 7, 13 pines) bajo normas internacionales como DIN ISO 1724 e ISO 11446. La falta de compatibilidad puede generar problemas de funcionamiento y limitar la versatilidad del sistema (Erich Jaeger, ISO 11446; Electros Tomathouse, 2025).

### 1.3.1. Segmentación del mercado y público objetivo

Con el propósito de identificar la oferta de productos, los proveedores clave y los perfiles de usuario en el territorio nacional, se efectuó una segmentación del mercado. A continuación, se describen los compradores principales, los oferentes destacados y la definición del público objetivo para el desarrollo de la propuesta.

#### A. Compradores principales

- a. Usuarios particulares: persona entre 30 a 55 años proveniente de zonas urbanas y rurales que busca soluciones prácticas para el transporte, sus estratos socioeconómicos corresponderían a Clase media baja (C3), Clase media (C2), Clase media alta (C1), Según datos de CADEM, la tenencia de vehículos es significativamente mayor en estos segmentos, alcanzando hasta un 91% en el nivel C1 y un 81% en el C2 (CADEM, 2022). Sus motivaciones incluyen el emprendimiento, transporte de equipos para actividades recreativas, traslado de herramienta, etc.
- b. Empresas: empresas relacionadas a transporte de cargas, logísticas, arriendo de equipos, construcción, agricultura minería y comercio. Las empresas de construcción y minería utilizan remolques de gran tamaño para transportar maquinaria y materiales voluminosos, mientras que las agrícolas prefieren remolques livianos y utilitarios para insumos y productos del campo. Por otro lado, empresas de arriendo y turismo, así como pymes, demandan carros tipo casa rodante o caravanas para servicios de alojamiento móvil y transporte especializado (Mundomaritimo; s.f.).
- c. Talleres automotrices y casas de repuestos: talleres o casas de repuestos que ofrecen servicios de instalación y mantenimiento de sistemas eléctricos para carros de arrastre, los cuales necesitan contar con stocks de conectores para responder a la demanda de los usuarios (MundoMaritimo, 2015; Manton, s.f.).

#### B. Principales oferentes de sistemas de conexión eléctrica para carros de arrastre

- a. Metalcar: venta de adaptadores, enchufes y convertidores para la conexión eléctrica de carros de arrastre (Metalcar, s.f.).
- b. MP Cars: venta de módulos eléctricos para proteger el sistema de eléctrico del automóvil al conectar un carro de arrastre (MP Cars, s.f.).
- c. AXF Chile: comercializan kits eléctricos universales con módulos eléctricos para la conexión de carros de arrastre (AXF Chile, s.f.).

El público objetivo corresponde principalmente a los oferentes establecidos en Chile como Metalcar, MP Cars o AXF Chile, quienes se dedican a la importación y distribución de conectores, módulos y adaptadores. Sus clientes demandan seguridad, durabilidad ante agua/polvo/vibración, facilidad de uso e indicadores claros, y compatibilidad 7/13 pines. También interesan usuarios particulares, empresas con flotas y talleres/tiendas de repuestos. Esto se justifica porque el rediseño propuesto reduce desconexiones y fallas, elevando la confiabilidad del sistema y ofreciendo a los distribuidores un producto diferente de los que se encuentran en el mercado.

La caracterización del mercado permitió orientar el diseño hacia el estándar de 7 pines, al ser la interfaz de mayor uso en Chile según datos de CAVEM y CADEM. No obstante, la toma de decisiones técnica consistió en integrar el cuerpo modular roscado y la tapa trasera del sistema de 13 pines. Esta hibridación técnica respondió a la necesidad de mayor durabilidad y hermeticidad detectada en el público objetivo, diferenciando el prototipo de las soluciones genéricas distribuidas por empresas como Metalcar o AXF Chile.

#### 1.3.2. Productos sustitutos

Los productos sustitutos corresponden a alternativas utilizadas para cumplir la misma función de conexión eléctrica entre el automóvil y el carro de arrastre. Su análisis permite comparar características de funcionamiento, compatibilidad, seguridad y protección ambiental, identificando ventajas, limitaciones y oportunidades de mejora aplicables al rediseño del sistema ISO 1724.

- A. Enchufe macho plano de 7 pines: conector con punta plana de carro de 7 pines, En la *Figura 18* se visualiza un enchufe macho plano de 7 pines.

**Figura 18**  
Conector de 7 pines plano



*Fuente: (Metalcar, s.f.)*

- B. Adaptador enchufe con convertidor: este enchufe permite conectar con el conector europeo de 7 polos y con vehículos con enchufe americano. En la *Figura 19* se visualiza un adaptador de enchufe con convertidor utilizado para este tipo de conexiones. (Metalcar, s.f.).

**Figura 19**  
Adaptador de enchufe



*Fuente: (Metalcar, s.f.)*

#### 1.4. Definición y justificación del problema

La interfaz de conexión eléctrica entre un automóvil y un carro de arrastre al estar expuesta constantemente al medio ambiente como humedad, polvo, esfuerzos como vibraciones y tensiones, su uso frecuente, generan corrosión y desgaste de los componentes y, en consecuencia, se presentan fallos de conexión o cortocircuitos eléctricos. (Brunson, 2025). El estudio de la conexión eléctrica es fundamental para diagnosticar los fallos recurrentes y proponer soluciones que mejoren la eficiencia y seguridad,

La relevancia del problema radica en que esta conexión asegura el funcionamiento adecuado del sistema eléctrico como luces de freno, intermitentes, posición del remolque, etc. Una falla en cualquiera de estos elementos puede provocar que las señales no se transmitan generando riesgos de accidentes, sanciones legales conforme a la Ley N°18.290 o fallas en el transporte (Big Tex Trailer World. s.f.). Por ello, desarrollar una solución a estos problemas ayudará a prevenir daños mayores en el sistema eléctrico.

La identificación de estas fallas evidencia la necesidad de desarrollar mejoras en la interfaz de conexión eléctrica ISO 1724, orientadas a aumentar la retención mecánica del acople, mejorar la protección frente a contaminantes y elevar la confiabilidad del sistema en condiciones reales de operación. En este contexto, el rediseño del sistema representa una alternativa para disminuir fallas recurrentes y mejorar la seguridad y continuidad operativa entre el automóvil y el carro de arrastre.

#### 1.4.1. Análisis de fallas comunes en sistemas actuales

Los problemas en la interfaz de conexión eléctrica se identificaron mediante la revisión de reportes de usuarios en foros, donde se describen fallas recurrentes tales como luces que no encienden o funcionan de forma intermitente, conexiones inestables y desconexiones provocadas por tensiones y vibraciones (Club SEAT León, s. f.). Estas fallas se atribuyen al uso cotidiano, la exposición a condiciones ambientales y la ausencia de mantenimiento. Complementariamente, se reporta que la corrosión en terminales, pines y cableado es una causa frecuente de pérdida de continuidad eléctrica, asociada a ingreso de humedad, materiales de baja calidad y diseños con bajo nivel de protección (BoatBlissBlog, 2024.).

##### A. Principales problemas detectados son:

###### a. Problemas en la conexión eléctrica:

- Desgaste de los conectores: los conectores suelen desgastarse con el tiempo debido a la exposición a la intemperie, lo que genera fallas en la transmisión de señales eléctricas (Club SEAT León, s.f.).
- Fallas en el sellado: la falta de un sistema de sellado adecuado permite la entrada de agua, polvo y suciedad, causando corrosión en los contactos eléctricos (BoatBlissBlog, 2024).
- Cortocircuitos: Los cortocircuitos son comunes debido a cables dañados o conexiones sueltas, lo que puede provocar fallas en las luces del remolque (Club SEAT León, s.f.).

###### b. Problemas en el sistema de unión:

- Desconexión accidental y falta de indicadores: la ausencia de un sistema de bloqueo seguro en el conector, junto con la falta de indicadores claros de conexión, puede provocar desconexiones accidentales durante el uso, especialmente en terrenos irregulares, y generar fallas en el sistema eléctrico al no ser evidente si el conector está correctamente acoplado (Club SEAT León, s.f.).
- Problemas en el cableado: la exposición a agentes externos puede sufrir daños en el aislamiento, lo que aumenta el riesgo de cortocircuitos (Club SEAT León. s.f.).

#### 1.4.2. Criterios de selección

Los criterios para seleccionar el problema a abordar se obtienen mediante la recopilación de información técnica proveniente de páginas especializadas en el tema, blogs, foros y documentos de fabricantes relacionados con sistemas de conexión eléctrica para carros de arrastre. Esto permitió identificar los problemas más frecuentes que afectan el funcionamiento y la seguridad del sistema. (BoatBlissBlog, 2024, Club SEAT León. s.f.).

Los criterios que se tendrán para la selección del problema están basados en:

- A. Cumplimiento de estándares ISO 1724.
- B. La recurrencia del fallo.
- C. Impacto en seguridad y operatividad.
- D. Viabilidad de fabricación.

Se consideraron estos cuatro criterios porque reúnen los aspectos que deben evaluarse al rediseñar la interfaz de conexión eléctrica y, al mismo tiempo, asegurar la estandarización del conector y la satisfacción del usuario. El cumplimiento de la norma ISO 1724 permite mantener compatibilidad e interoperabilidad con el sistema estándar; la recurrencia del fallo orienta la mejora hacia problemas que efectivamente se presentan en el uso real; el impacto en seguridad y operatividad asegura que la solución tenga relevancia funcional y reduzca riesgos; y la viabilidad de fabricación garantiza que el diseño pueda materializarse con procesos y recursos disponibles, evitando propuestas demasiado complejas o difíciles de producir.

Asimismo, se adopta el conector de 7 pines ISO 1724 como sistema de referencia, dado que corresponde al estándar más utilizado en Chile para carros de arrastre livianos, lo que lo posiciona como el sistema de mayor relevancia a nivel nacional. En contraste, el conector de 13 pines presenta una adopción predominante en Europa y un uso local limitado; por ello, la mejora propuesta se centra en el sistema de 7 pines ISO 1724 debido a su mayor presencia, uso y necesidad de optimización.

#### 1.4.3. Proceso de abordaje del problema

No existe un camino lineal para abordar un problema, según QFD, el proceso inicia con la identificación de una necesidad y, según su complejidad, se decide si se aplican ajustes menores o cambios estructurales profundos. La elección entre mejorar o rediseñar depende del diagnóstico y los objetivos del proyecto (Akao, 1990).

Para poder abordar el problema se debe tener claro los conceptos de “mejora y rediseño” ya que comprenderlos bien nos ayudará a saber cómo se deberá abordar la solución. La mejora de un producto consiste en optimizar su calidad, funcionalidad y valor mediante cambios como actualizar materiales, optimizar parámetros o corregir errores, sin alterar su estructura (Ingeniería y Desarrollo, 2024). El rediseño, en cambio, implica cambios estructurales que pueden transformar completamente la funcionalidad y apariencia del producto, lo que requiere mayor inversión y planificación (Userpilot Team, 2025).

El problema se abordará mediante un rediseño del conector, orientado a mejorar su desempeño sin perder la compatibilidad con el estándar ISO 1724. En este trabajo, las necesidades del usuario consideradas se relacionan con un funcionamiento estable y seguro, sin intermitencias ni desconexiones, mayor durabilidad frente a humedad, suciedad, vibración y desgaste, y mejor ergonomía para conectar y desconectar con menor esfuerzo. En consecuencia, el rediseño se centra en modificar elementos de diseño como la carcasa, el mecanismo de retención, el sellado y la selección de materiales, manteniendo las dimensiones críticas y la disposición estandarizada de terminales definida por ISO 1724 para garantizar interoperabilidad. (Ingeniería y Desarrollo, 2024; Userpilot Team, 2025).

#### 1.4.4. Problema a solucionar: Diagnóstico final

Se identificó que el actual interfaz de conexión eléctrica presenta deficiencias críticas. El foco principal de estas fallas se encuentra en la desconexión accidental y la vulnerabilidad ante agentes contaminantes, aspectos que comprometen la funcionalidad bajo la norma ISO 1724. En el presente capítulo se sintetiza el problema principal y se detalla la propuesta de rediseño estructural que se plantea como solución a estas carencias."

Los sistemas de conexión eléctrica entre un automóvil y un carro de arrastre utilizan un interfaz de conexión eléctrica que se compone de un conector macho y hembra de 7 pines, los cuales se acoplan mediante presión o seguros plásticos. Este tipo de unión presenta problemas como la posibilidad de desconexión accidental e Ingreso de humedad, agua, suciedad o cualquier tipo de contaminante lo que puede provocar oxidación o daño en el sistema de conexión, debido al desgaste mecánico y la falta de un sellado efectivo.

El problema identificado es:

*“Desconexión accidental y entrada de contaminantes, lo que provoca fallas en el interfaz de conexión eléctrica”.*

Se refiere a desconexión accidental a la separación no intencional (total o parcial) del conector macho del conector hembra durante su uso cotidiano asociado a vibraciones y tensiones lo que puede provocar fallas de conexión o intermitencia en las luces; Por entrada de contaminantes se entiende al ingreso al interior del conector agentes del entorno como agua, barro, polvo, etc., donde tiene como consecuencias falla en el interfaz de conexión eléctrica provocando fallas eléctricas; y el interfaz de conexión eléctrica se refiere al conjunto de conexión que corresponde a el conector macho y el conector hembra ISO 1724.

## **CAPÍTULO 2: DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

## 2. CAPITULO 2: DESARROLLO DE LA PROPUESTA

En este capítulo se presenta el desarrollo de la propuesta de solución para el problema identificado “*Desconexión accidental y entrada de contaminantes, lo que provoca fallas en el interfaz de conexión eléctrica*” de un carro de arrastre. Se describen las etapas del proceso de diseño, análisis, selección de componentes y las mejoras implementadas para optimizar la funcionalidad, seguridad y compatibilidad del sistema.

### 2.1. Metodología de diseño

Para llevar a cabo el análisis de mejora del interfaz de conexión eléctrica entre un automóvil y un carro de arrastre, se empleará la metodología QFD, la cual permitirá identificar y traducir las necesidades y requerimientos del usuario en características técnicas del producto. Esta metodología facilitará la priorización de aspectos críticos de diseño y servirá como base para orientar el desarrollo de una propuesta de solución más eficiente y funcional. Asimismo, se detallará la forma en que esta metodología será aplicada dentro del proyecto, considerando sus distintas etapas y herramientas de análisis.

Se definirán los conceptos de mejora y rediseño de un producto, analizando sus principales características, diferencias y alcances, con el fin de comprender cómo cada uno de estos enfoques influye en la toma de decisiones durante el desarrollo del proyecto. Esta distinción permitirá evaluar el nivel de intervención necesario sobre el producto, considerando factores como la funcionalidad, el alcance de los cambios, los recursos requeridos y el impacto esperado en el usuario.

#### 2.1.1. Metodologías para el rediseño y la mejora de productos

Se presentan las definiciones conceptuales de mejora y rediseño de productos, además de una comparación entre ambos enfoques mediante una tabla comparativa, con el fin de identificar sus principales diferencias y justificar el enfoque adoptado en el desarrollo de la propuesta. Asimismo, se analizan los criterios que permiten determinar el nivel de intervención requerido sobre el producto, considerando la naturaleza del problema identificado y las condiciones de uso del sistema. Este análisis permite establecer una base metodológica clara para orientar el proceso de diseño, asegurando que las decisiones tomadas sean coherentes con los objetivos del proyecto y con las restricciones técnicas y normativas existentes.

#### A. Definiciones conceptuales: mejora vs rediseño

- a. Mejora de un producto: proceso de optimización que busca incrementar la calidad, funcionalidad y valor de un producto para satisfacer mejor las necesidades de los clientes y adaptarse a las demandas del mercado. Este proceso incluye la identificación de oportunidades de mejora, la implementación de estrategias innovadoras y la evaluación de resultados para garantizar un impacto positivo en la competitividad y sostenibilidad de la organización (Ingeniería y Desarrollo, 2024).
- b. Rediseño de un producto: proceso de reinventar y reconstruir un producto existente. Este proceso no se limita a ajustes menores, sino que implica cambios significativos en la experiencia del usuario, incluyendo cómo se ve, cómo funciona y cómo hace sentir al usuario. El objetivo principal es mejorar la usabilidad, adaptarse a nuevas necesidades del mercado, resolver problemas de diseño existentes y, en general, ofrecer una experiencia más satisfactoria para los usuarios (Userpilot Team, 2025).

Además, existe otro concepto que sería la innovación. A diferencia de una mejora o un rediseño, una innovación es la capacidad de aportar nuevas ideas, métodos o soluciones que tengan un impacto positivo y significativo en el mercado, transformando conceptos creativos en resultados que dan una solución (IdeaScale, 2023). La mejora y el rediseño de un producto se centran en optimizar o transformar productos existentes para resolver problemas, adaptarse a nuevas necesidades o incrementar su valor, partiendo de una base ya establecida.

En este sentido, la innovación se diferencia por implicar un cambio más disruptivo, mientras que la mejora y el rediseño se orientan a intervenciones sobre sistemas ya existentes, con distintos niveles de profundidad. La correcta comprensión de estos enfoques la identificación del tipo de solución más pertinente frente a las problemáticas detectadas.

La comparación presentada en la *Tabla 1* permite analizar de manera estructurada las diferencias y similitudes entre los enfoques de mejora y rediseño de producto, considerando aspectos clave como el nivel de intervención, el alcance de los cambios, los recursos necesarios y el impacto esperado en el usuario final. Este análisis facilita la toma de decisiones dentro del proyecto, ya que entrega una base teórica y técnica para seleccionar el enfoque más adecuado según la magnitud del problema identificado. Asimismo, permite justificar de forma fundamentada la elección metodológica adoptada y delimitar claramente el tipo de intervención que se realizará sobre el sistema de conexión eléctrica del carro de arrastre.

**Tabla 1**

Similitudes y diferencias entre mejora y rediseño del producto.

|                                | Mejora de producto                                                                                                | Rediseño de producto                                                                                          | Similitudes                                                                           | Diferencias                                                                                                                                          |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Naturaleza del cambio</b>   | Cambios incrementales o ajustes menores sobre un producto existente.                                              | Cambios estructurales, profundos significativos en el producto.                                               | Ambos implican modificar un y producto existente para mejorar un desempeño.           | La mejora optimiza lo que ya existe; el rediseño puede transformar por completo el producto, incluso desde su concepto.                              |
| <b>Objetivo principal</b>      | Incrementar calidad, Funcionalidad y valor para adaptarse a nuevas expectativas necesidades actuales del Mercado. | Mejorar usabilidad, resolver fallos de diseño y adaptarse a nuevas expectativas del usuario.                  | Ambos buscan satisfacer al usuario y responder a cambios del entorno del mercado.     | La mejora se enfoca en los incrementos funcionales; o el rediseño busca una experiencia de usuario transformadora.                                   |
| <b>Alcance</b>                 | Se limita a funciones o elementos específicos sin cambiar la estructura central.                                  | Afecta la estructura completa del producto, incluyendo estética, funcionalidad y experiencia de uso.          | Ambos requieren análisis previo evaluación necesidades usuario.                       | La mejora no altera la esencia del producto; el rediseño puede modificar completamente la identidad visual y funcional.                              |
| <b>Tiempo recursos</b>         | Menor inversión de y tiempo, costos y recursos humanos/técnicos.                                                  | Alta inversión de recursos, tiempo, pruebas, y coordinación interdepartamental.                               | Estratégicos que deben planificarse cuidadosamente                                    | En el corto plazo; el rediseño suele requerir cuidadosamente. planificación a largo                                                                  |
| <b>Relación con el usuario</b> | Se enfoca en la retroalimentación del usuario para optimizar aspectos concretos.                                  | Considera la experiencia del usuario de forma integral, incluyendo emociones, accesibilidad y comportamiento. | En ambos casos, el usuario es el eje central del proceso de mejora rediseño.          | La mejora responde a problemas puntuales, el rediseño aborda el comportamiento global del usuario en su interacción con el producto.                 |
| <b>Resultado esperado</b>      | Producto optimizado que conserva su estructura y funcionalidad general.                                           | Producto renovado que puede ofrecer una experiencia completamente distinta.                                   | En ambos casos se espera mejorar la percepción, el uso y la satisfacción del usuario. | La mejora mantiene optimizado que continuidad con el producto anterior, el rediseño puede implicar ruptura o un nuevo posicionamiento en el mercado. |

Fuente: (Ingeniería y Desarrollo, 2024; Userpilot Team, 2025).

Se realizará un rediseño de la interfaz de conexión eléctrica ISO 1724 entre el automóvil y el carro de arrastre, enfocado específicamente en el conector macho y el conector hembra. Este rediseño se desarrolla respetando las condiciones de estandarización e interoperabilidad definidas por la norma ISO 1724 (dimensiones y disposición de terminales), por lo que no se modifican las características críticas del estándar, sino que se intervienen componentes del conjunto con mayor libertad de diseño. La intervención propuesta se orienta a mejorar el desempeño del interfaz de conexión eléctrica existente, abordando fallas específicas identificadas en su uso, mediante modificaciones de diseño que no alteran su configuración normativa, sino que optimizan su funcionamiento en condiciones reales de operación.

## B. Análisis de metodologías de mejora de diseño

Existen diversas metodologías que podrías servir para el rediseño y mejoras de productos, cada una de estas metodologías ofrece herramientas y perspectivas distintas para identificar y resolver problemas. A continuación, se detallan algunas metodologías que son aplicables para el rediseño.

- a. Diseño Centrado en el Usuario (User-Centered Design): esta metodología se enfoca en comprender las necesidades y comportamientos de los usuarios finales. A través de investigación, prototipos y pruebas de usabilidad, se asegura que el rediseño del producto sea intuitivo y satisfactorio para los usuarios. Es especialmente útil para rediseñar productos que requieren una experiencia de usuario mejorada (i-mas, Design, 2023).
- b. Teoría de Resolución de Problemas Inventivos (TRIZ): identifica y resuelve contradicciones en sistemas de diseño mediante 40 principios inventivos. Esta metodología fomenta soluciones innovadoras al analizar patrones de resolución de problemas en diversas industrias. En el rediseño, permite superar barreras técnicas y operativas, optimizando aspectos como costo y funcionalidad, lo que reduce tiempos de desarrollo y riesgos de fallos (Altshuller, 1996).
- c. SCAMPER: es una técnica de resolución creativa de problemas y lluvia de ideas. Es un acrónimo de siete acciones, *Sustituir*, que implica reemplazar materiales; *Combinar*, que consiste en fusionar elementos para crear un producto más eficiente; *Adaptar*, que corresponde a ajustar características para nuevas necesidades; *Modificar*, que implica cambiar apariencia, tamaño o forma; *Eliminar*, que consiste en remover partes innecesarias; y *Revertir*, que supone invertir el funcionamiento para descubrir nuevas posibilidades. (Designorate 2022, 2024).

- d. Despliegue de la función de la calidad: Metodología que traduce las necesidades y expectativas de los clientes en características técnicas específicas para el diseño. A través de la "Matriz de la Calidad", permite asegurar que el producto final satisfaga las demandas del mercado mediante la priorización de parámetros técnicos medibles.
- C. Métodos para desarrollar mejoras en productos: Estos métodos pueden ser empleados en el rediseño del sistema de conexión eléctrica entre un carro de arrastre y un automóvil, ya que permiten ver oportunidades de mejora, a través de la identificación de diversos patrones como problemas técnicos o quejas de los usuarios, generando soluciones gracias a el análisis obtenido de los métodos para desarrollar mejoras en productos, se detallan unos pocos a continuación:
- a. Análisis FODA: el análisis FODA es una técnica que se usa para identificar las fortalezas, las oportunidades, las debilidades y las amenazas del negocio o, incluso, de algún proyecto específico. Si bien, por lo general, se usa muchísimo en pequeñas empresas, organizaciones sin fines de lucro, empresas grandes y otras organizaciones; el análisis FODA se puede aplicar tanto con fines profesionales como personales (asana, 2025).
  - b. Modelo KANO: el modelo Kano es una herramienta para priorizar las características de un producto en función de su impacto en la satisfacción del cliente. Evalúa dos dimensiones: el logro, entendido como que tan bien se implementa una característica y la satisfacción, referida al impacto que genera en el cliente. Clasifica las características en básicas, de desempeño y de deleite, ayudando a identificar cuáles son esenciales y cuáles generan mayor satisfacción. Su aplicación incluye seleccionar atributos clave, obtener información precisa de los clientes mediante encuestas o prototipos, y analizar los resultados para priorizar mejoras. Es útil para alinear las necesidades del cliente con el diseño del producto y optimizar su hoja de ruta (QuestionPro, s.f.).

Para llevar a cabo la mejora del interfaz de conexión eléctrica entre un automóvil y un carro de arrastre se utilizará el análisis FODA, ya que permite identificar factores internos como las Fortalezas y debilidades, y factores externos como oportunidades y amenazas, que afectan al producto. Se prefiere sobre el modelo KANO que se centra en clasificar y priorizar las características del producto según su impacto.

### 2.1.2. Metodología QFD aplicada al proyecto

La metodología Despliegue de la Función de la calidad (QFD) es una herramienta que transforma las necesidades y expectativas de los clientes en características técnicas específicas para el diseño de productos, asegurando que los productos finales satisfagan las demandas del mercado. Es ampliamente utilizada para la mejora y rediseño de productos y procesos existentes, ya que la identificación de las necesidades de los clientes permite detectar los problemas más frecuentes, lo que facilita enfocar las soluciones hacia esos problemas que ya fueron detectados, asegurando solucionar el problema que tiene el cliente, a diferencia de los enfoques centrados en la experiencia del usuario.

El elemento principal de QFD es la “matriz de la calidad”, y esta matriz permite establecer una relación entre los requerimientos del cliente (RC) con las características técnicas (CT), además esta matriz cuenta con una serie de elementos como la prioridad que los clientes asignan a cada requerimiento, comparación con productos de la competencia, ponderación de características técnicas, evaluación técnica comparativa.

Además, se generan matrices adicionales como: matriz de producto proceso, matriz de proceso-subproceso y matriz de subproceso-función (Yacuzzi y Martin, 2001).

Para la mejora del Sistema de conexión eléctrica entre un automóvil y un carro de arrastre se aplicará la metodología QFD, ya que permite identificar y priorizar las áreas que requieren mejoras, esto nos asegurará que las soluciones a los problemas respondan a las necesidades y expectativas del cliente. Para lograr este rediseño del sistema de conexión eléctrica se seguirán los siguientes pasos relacionados a la metodología QFD:

- A. Identificación de las necesidades del cliente: recopilación y análisis de las expectativas y requerimientos de los usuarios respecto al sistema eléctrico de acople. También se considerarán aspectos como la seguridad, facilidad de uso, durabilidad, compatibilidad, etc. Se obtendrán datos a partir de comentarios y valorizaciones de clientes en páginas de ventas en línea, foros, encuestas, etc.
- B. Traducción a requerimientos técnicos: las necesidades identificadas se convertirán en especificaciones técnicas medibles (resistencia a condiciones ambientales, tipo de conectores, etc.). Proponiendo soluciones que mejoren la ergonomía y facilidad de uso.

- C. Desarrollo de diagramas: elaboración de diagramas que relacionen las necesidades o problemas de los clientes con las características técnicas, permitiendo visualizar y priorizar las áreas de enfoque para el rediseño del sistema.
- D. Análisis de competencia: recopilación de información de catálogos de fabricantes, sitios de ventas y normativas aplicables. Se compararán características, tipo de conectores, material, resistencia, compatibilidad, productos sustitutos, etc; identificando problemas comunes y oportunidades de mejora en diseño, material o tecnología.
- E. Planificación del desarrollo: con base en el análisis realizado, se identificarán los problemas a solucionar, desarrollando modelos 3D y prototipos para evaluar su funcionamiento y realizar pruebas de desempeño.

Es fundamental precisar que la metodología QFD no constituye la mejora de forma directa, sino que funciona como un instrumento de transferencia técnica que guía el proceso de diseño. Toda la información recopilada —desde las expectativas del usuario hasta el análisis de la competencia— influye directamente en la toma de decisiones estratégicas para la construcción del prototipo basado en la norma ISO 1724. De este modo, la integración de elementos como el cuerpo modular roscado o el sistema de sellado hermético dejan de ser elecciones arbitrarias para convertirse en soluciones técnicas validadas por los datos. Esta metodología garantiza que el desarrollo final resuelva las deficiencias de confiabilidad detectadas en el mercado nacional, manteniendo siempre la interoperabilidad exigida por el estándar internacional.

En este proyecto, la metodología QFD se utiliza para levantar y organizar información real de los usuarios sobre el desempeño de los conectores ISO 1724, identificando fallas recurrentes como desconexiones accidentales, intermitencias, daños por vibraciones, tracción del cable e ingreso de contaminantes que favorecen la corrosión. A partir de estos antecedentes, QFD permite traducir dichas necesidades y problemas en requerimientos técnicos medibles, lo que facilita priorizar el problema de diseño y definir soluciones coherentes con la evidencia. De este modo, la metodología guía el rediseño para que responda directamente a las exigencias del usuario y mantenga la compatibilidad con el estándar ISO 1724.

### 2.1.3. Herramientas de análisis: Ishikawa y Causa-Problema-Impacto

El rediseño del interfaz de conexión eléctrica ISO 1724 busca aumentar la confiabilidad del acople y la protección contra condiciones ambientales, reduciendo fallas asociadas a desconexiones accidentales e ingreso de contaminantes que provocan intermitencias, fallos de conexión y corrosión. Para justificar y orientar este rediseño, se realizó en particular, el diagrama de Ishikawa o Causa-Efecto, y el diagrama Causa-Problema-Efecto: estos análisis permiten identificar de manera las causas raíz del problema y evitar que la solución se base solo en suposiciones.

En particular, el diagrama de Ishikawa o Causa-Efecto se utiliza para descomponer el problema en categorías de causas, diseño del acople y retención, sellado, materiales, condiciones de uso, montaje y mantenimiento; determinando cuáles factores influyen más en el desempeño. Con ello, se define qué se optimiza desde el diseño: el mecanismo de retención, para evitar desconexión por vibración o tensión del cable y la arquitectura de componentes para facilitar inspección y reducir errores

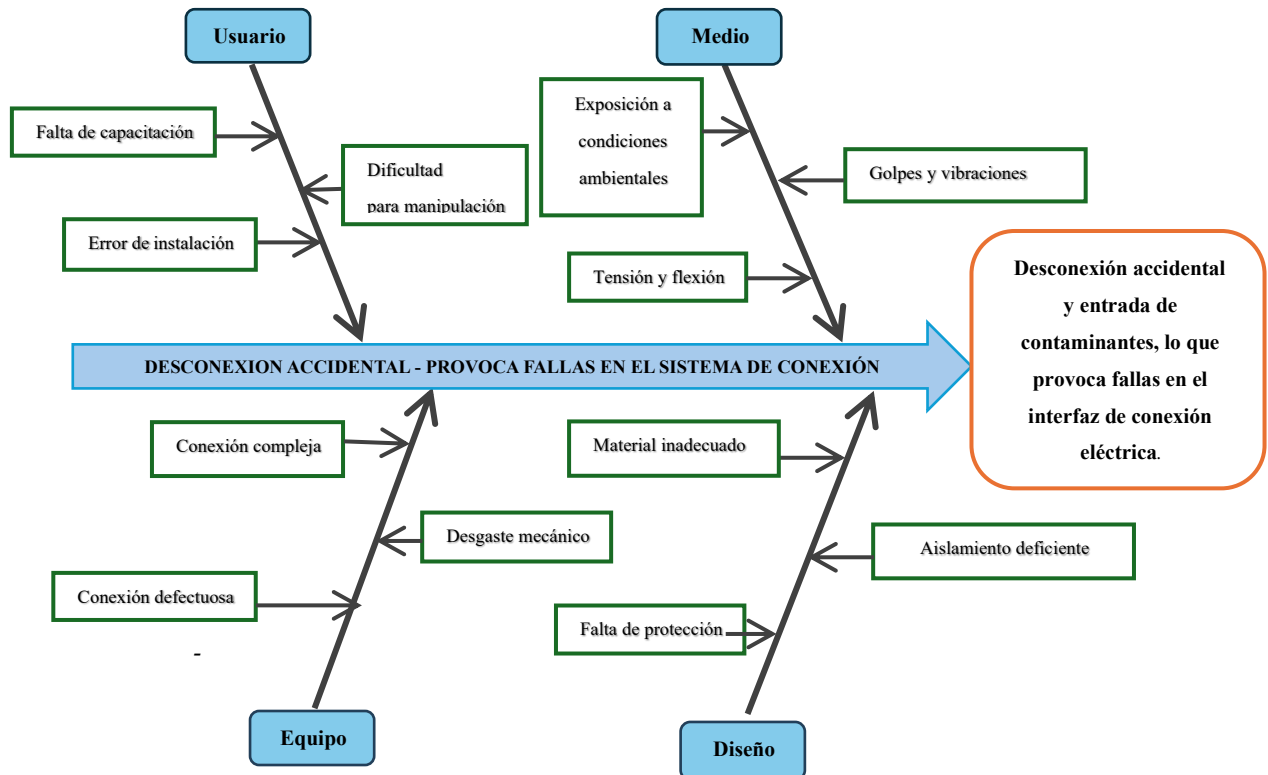
El Diagrama Causa-Problema-Impacto se utilizó para ordenar y explicar la relación causa-problema-efecto que justifica el rediseño. En él se vinculan causas como vibraciones y tensiones e ingreso de contaminantes con el problema central, desconexión accidental y entrada de contaminantes en la interfaz. A partir de ello se identifican efectos sobre el desempeño intermitencias, fallas de luces, pérdida de continuidad y corrosión. Esto permite definir qué se optimiza desde el diseño, en términos de retención y sellado, y cómo se incrementa la confiabilidad al reducir esas causas.

En consecuencia, la confiabilidad del sistema se incrementa al disminuir la probabilidad de fallas en el contacto eléctrico mediante un acople más estable y una mayor protección frente a condiciones ambientales adversas. Esto permite mejorar la continuidad en la transmisión de señales eléctricas entre el vehículo y el carro de arrastre, reduciendo eventos de intermitencia, desconexiones accidentales y fallas en los sistemas de iluminación. Asimismo, una mejor hermeticidad y resistencia frente al ingreso de humedad, polvo y agentes contaminantes contribuye a disminuir procesos de corrosión y desgaste prematuro de los componentes, aumentando la vida útil del conjunto y reduciendo la necesidad de mantenimiento o reemplazo.

A. Diagrama de Ishikawa o Causa-Efecto: el *Diagrama 1* utilizó para descomponer el problema en categorías de causas y visualizar qué factores influyen en las fallas de la interfaz permitiendo identificar las causas raíz que deben abordarse en el rediseño.

### Diagrama 1

Ishikawa (Causa-Efecto)



Fuente: (Brunson, 2025; Bricoaauto, n.d; Electros Tomathouse, 2025).

#### a. Usuario:

1. Falta de capacitación: poco o nulo conocimiento sobre la instalación del sistema de conexión eléctrica.
2. Error de instalación: incorrecta conexión eléctrica por parte del usuario.
3. Dificultad para la manipulación: obstáculos que enfrenta el usuario al momento de conectar o desconectar el sistema de conexión.

#### b. Equipo:

4. Conexión compleja: complicación para lograr la conexión entre el vehículo y el carro de arrastre.
5. Conexión defectuosa: fallas en la conexión que afectan la transmisión eléctrica y el correcto funcionamiento.
6. Desgaste mecánico: deterioro de los componentes por la manipulación frecuente del sistema.

- c. Medio:
  - 7. Exposición a condiciones ambientales: la exposición a factores como la humedad, polvo, radiación solar o temperaturas extremas afectan negativamente el sistema de conexión.
  - 8. Golpes y vibraciones: impactos o vibraciones durante el desplazamiento pueden provocar fallas en el sistema de conexión.
  - 9. Tensión y flexión: daños generados por esfuerzos mecánicos repetitivos, como estiramientos o dobleces en los cables o conectores.
- d. Diseño:
  - 10. Material inadecuado: empleo de materiales que no cumplen con la resistencia y durabilidad necesaria para el entorno en uso.
  - 11. Falta de protección: ausencia de elementos de resguardo que prevengan daños en el sistema de conexión.
  - 12. Aislamiento deficiente: recubrimiento o sellado de cables insuficiente, lo que facilita la entrada de humedad o contaminantes.

El *diagrama 1* permitió identificar que las causas con mayor influencia en las fallas reportadas se concentran en dos grupos, condiciones ambientales y problemas generados por las desconexiones accidentales producidas por tensiones o vibraciones. A partir de esta relación causa–efecto, se deduce que el rediseño debe enfocarse en aumentar la retención mecánica del acople y mejorar el sellado/barrera contra contaminantes.

En consecuencia, la propuesta se materializa como un rediseño del conector ISO 1724 que aborda esas causas críticas, satisface las necesidades del usuario como la conexión estable, durabilidad y facilidad de uso, y manteniendo la compatibilidad al respetar el estándar.

B. Diagrama Causa-Problema-Impacto: Se empleó para ordenar la relación causa–problema–impacto, conectando las causas principales con el problema central y sus consecuencias sobre el desempeño (intermitencias, fallas de luces y corrosión), lo que permite priorizar acciones y justificar el enfoque del rediseño. Las causas consideradas en este análisis fueron obtenidas a partir del diagrama de Ishikawa (causa–efecto), permitiendo una identificación estructurada de los factores que inciden en el problema. Los resultados de este análisis se sistematizan en la *Tabla 2*, donde se presenta la relación entre causas, problema central e impactos asociados.

**Tabla 2**

Causa – Problema – Impacto

| Causa                                                 | Problema                                                                                                       | Impacto                                                                               |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Falta de capacitación del usuario                     | Desconexión accidental y entrada de contaminantes, lo que provoca fallas en el interfaz de conexión eléctrica. | Mayor riesgo de fallas, accidentes y daños al sistema.                                |
| Error de instalación por parte del usuario            |                                                                                                                | Mal funcionamiento del sistema, posibles daños eléctricos.                            |
| Dificultad para la manipulación por parte del usuario |                                                                                                                | Mayor tiempo de operación, frustración del usuario, conexiones flojas o incompletas.  |
| Conexión compleja del equipo                          |                                                                                                                | Errores de conexión, aumento de tiempo y dificultad en la instalación.                |
| Conexión defectuosa del equipo                        |                                                                                                                | Funcionamiento inestable de las luces y sistemas del remolque.                        |
| Desgaste mecánico del equipo                          |                                                                                                                | Reducción de la vida útil del sistema, necesidad de reemplazos frecuentes.            |
| Exposición a condiciones ambientales                  |                                                                                                                | Corrosión, cortocircuitos, degradación de materiales.                                 |
| Golpes y vibraciones                                  |                                                                                                                | Aflojamiento de conexiones, fallas intermitentes, daños estructurales.                |
| Tensiones y flexiones provocadas en el uso            |                                                                                                                | Rotura de cables, pérdida de continuidad eléctrica, necesidad de reparaciones         |
| Diseño con material inadecuado                        |                                                                                                                | Deterioro prematuro, fallas recurrentes, menor seguridad del sistema.                 |
| Diseño con falta de protección                        |                                                                                                                | Mayor vulnerabilidad a daños, aumento de fallas por factores ambientales o mecánicos. |
| Diseño con aislamiento deficiente                     |                                                                                                                | Cortocircuitos, corrosión interna, pérdida de funcionalidad del sistema eléctrico.    |

*Fuente: (Brunson, 2025; Bricoaauto, n.d; Electros Tomathouse, 2025.).*

El análisis del diagrama causa–problema–impacto permitió deducir, a partir de la relación que la desconexión accidental y la entrada de contaminantes constituyen los mecanismos que con mayor frecuencia derivan en problemas por desconexión accidental, intermitencias, fallos eléctricos y deterioro de contactos, afectando la integridad eléctrica del carro de arrastre. Gracias a este análisis se definió que el diseño del prototipo debía priorizar soluciones orientadas a retención mecánica del acople y mejorar la arquitectura del conector con un cuerpo modular con cierre roscado, tomando como referencia el principio de cierre empleado en conectores de 13 pines, ISO 11446; con el fin de obtener una envolvente más cerrada y estable que las carcasas bipartitas unidas mediante tornillos, manteniendo la compatibilidad con el sistema ISO 1724 en sus dimensiones críticas.

## 2.2. Objetivos del Proyecto

Se presentan los objetivos que guían el desarrollo del proyecto. Se define el objetivo general y los objetivos específicos, delimitando el alcance del trabajo y orientando las etapas de análisis, diseño y validación de la solución propuesta.

### 2.2.1. Objetivo general

Rediseñar una interfaz de conexión eléctrica de 7 pines entre un automóvil y un carro de arrastre, en cumplimiento de los requisitos establecidos por la norma ISO 1724.

### 2.2.2. Objetivos específicos.

- A. Analizar los sistemas de conexión eléctrica actualmente disponibles, identificando su funcionamiento, normativa y principales sus falencias en el contexto del mercado chileno.
- B. Aplicar la metodología QFD, ya que sí permite recopilar la voz del usuario (necesidades, expectativas y problemas reportados) y convertirla mediante la Matriz de la Calidad en requerimientos técnicos medibles y priorizados, los cuales orientan el rediseño del sistema de conexión eléctrica. (Yacuzzi y Martin, 2001).
- C. Rediseñar la interfaz de conexión eléctrica de 7 pines, cumpliendo con la normativa internacional ISO 1724 y orientada a incrementar la seguridad, compatibilidad y facilidad de uso en el acoplamiento entre un automóvil y un carro de arrastre.

## 2.3. Propuesta de solución

La propuesta de mejora de la interfaz de conexión eléctrica de 7 pines bajo la norma ISO 1724 entre el automóvil y el carro de arrastre se desarrolla mediante el rediseño del conector macho y de la tapa del conector hembra. El rediseño incorpora un cuerpo modular con cierre roscado en el conector macho, con el objetivo de aumentar la retención mecánica del acople, reducir desconexiones provocadas por vibraciones o tensiones del cable y mejorar la protección frente al ingreso de contaminantes.

Complementariamente, se propone una modificación funcional de la tapa del conector hembra para reforzar el cierre y aportar una barrera adicional contra el ambiente, manteniendo la compatibilidad dimensional y la disposición de terminales establecida por la norma ISO 1724.

### 2.3.1. Descripción de la mejora propuesta

La solución se implementará mediante el rediseño del conector macho ISO 1724 y la modificación funcional de la tapa del conector hembra, con el objetivo de aumentar la retención mecánica del acople y mejorar el sellado frente al ingreso de contaminantes. De este modo, la propuesta aborda las causas principales de las fallas actuales, como la desconexión accidental y la entrada de contaminantes, que generan intermitencias y deterioro prematuro del sistema. En la *Tabla 3* se presenta la descripción y justificación de la mejora propuesta, junto con los componentes considerados en el rediseño:

**Tabla 3**

Descripción y justificación de la mejora

| Mejora                                    | Descripción                                                                                                                                        | Justificación                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sistema de cierre mecánico roscado</b> | Incorporación de una rosca parcial entre la tapa del conector hembra y el cuerpo del conector macho que genera un apriete controlado al descender. | Asegura la integridad de la conexión y previene desacoples accidentales causados por vibraciones, impactos o la tracción mecánica del cableado.                 |
| <b>Entrada de cable protegida</b>         | Integración de una sección posterior modular con un portacable roscado diseñado para alojar una junta de sellado o sistema de compresión.          | Mitiga el ingreso de agentes contaminantes (agua, polvo, barro) por la zona trasera del conector, protegiendo los terminales eléctricos internos.               |
| <b>Ensamble modular simplificado</b>      | Diseño de cuerpo modular que sustituye el sistema convencional de dos mitades atornilladas, permitiendo el montaje y desmontaje manual.            | Optimiza las tareas de mantenimiento y reparación al prescindir de herramientas externas (destornilladores), reduciendo la complejidad técnica para el usuario. |

*Fuente: basada en el análisis del conector de 7 pines ISO 1724 y su rediseño.*

La mejora se propone debido a que los conectores ISO 1724 actuales presentan desconexiones accidentales y permiten el ingreso de humedad y contaminantes, principalmente por un sellado insuficiente y un acople mecánico poco firme. Estos problemas generan corrosión, fallas eléctricas y reducen la vida útil del sistema.

La solución propuesta se justifica porque aborda directamente las deficiencias identificadas, desconexión accidental e ingreso de contaminantes, mediante cambios concretos en el diseño del sistema. En comparación con conectores convencionales de carcasa bipartita y cierre con tornillos, el rediseño incorpora un mecanismo de retención con cierre roscado que estabiliza el acople frente a vibración y tensión del cable, reduciendo la probabilidad de separación parcial o total durante el uso. Además, la arquitectura modular permite integrar puntos de sellado y mejorar el cierre del conjunto, disminuyendo puntos vulnerables y la filtración de contaminantes.

Con estos elementos, la propuesta mantiene el cumplimiento dimensional de la norma ISO 1724, pero introduce mejoras en firmeza, sellado y facilidad de servicio, resolviendo las causas principales del problema identificado.

Estas mejoras se validarán mediante pruebas comparativas de tracción, vibración, exposición a contaminantes y armado/desarmado del prototipo de rediseño.

### 2.3.2. Ventajas de la propuesta y evidencia de mejora

El rediseño permitirá que la interfaz de conexión eléctrica mantenga una mayor continuidad de contacto en condiciones reales de uso. Esto se sustenta en que el mecanismo de retención con cierre roscado incrementa la firmeza del acople y disminuye la probabilidad de separación parcial o total frente a vibraciones, impactos y tensiones del cable, reduciendo así fallas. Asimismo, el sellado en puntos críticos limita el ingreso de contaminantes disminuyendo la probabilidad de corrosión y deterioro prematuro del conjunto. Además, la incorporación de un cuerpo modular contribuye a una mejor distribución de esfuerzos mecánicos y facilita la inspección de componentes, lo que permite detectar posibles fallas de manera anticipada y mejorar la mantenibilidad del sistema.

En consecuencia, se espera un acople más estable y protegido en comparación con conectores convencionales de carcasa bipartita y cierre mediante tornillos, lo cual será verificado mediante pruebas comparativas de retención, tensión y exposición a contaminantes en el prototipo. Estas evaluaciones permitirán validar el comportamiento del sistema en escenarios de uso real, asegurando que las mejoras propuestas se traduzcan en un desempeño más confiable y consistente a lo largo del tiempo.

Se presentan las principales ventajas técnicas y funcionales del prototipo, destacando su efecto directo en la operación, la seguridad y la durabilidad del sistema en condiciones reales de uso. Asimismo, estas ventajas evidencian el aporte del rediseño en términos de reducción de fallas, optimización del mantenimiento y mejora en la experiencia del usuario, fortaleciendo la viabilidad técnica de la solución propuesta. En la *Tabla 4* se presentan las principales ventajas técnicas y funcionales del prototipo, junto con su impacto en la operación.

**Tabla 4**

Ventajas del prototipo

| <b>Ventaja Técnica</b>              | <b>Descripción</b>                                                                                       | <b>Impacto en la Operación</b>                                                                                                                        |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Unión de alta firmeza</b>        | Implementación de un cierre mecánico con apriete controlado mediante la tapa de la toma.                 | Reduce drásticamente las desconexiones accidentales por vibraciones, baches o movimientos bruscos del cable durante la conducción.                    |
| <b>Hermeticidad superior</b>        | Incorporación de puntos de sellado en la entrada de cable y un diseño de cuerpo cerrado.                 | Previene la corrosión interna y fallos eléctricos al impedir el ingreso de agua, humedad y partículas contaminantes.                                  |
| <b>Mantenibilidad optimizada</b>    | Arquitectura modular que permite la apertura y acceso a terminales de forma manual, sin tornillos.       | Facilita reparaciones rápidas en terreno y prolonga la vida útil al eliminar el riesgo de dañar la carcasa con herramientas o perder piezas pequeñas. |
| <b>Ergonomía y facilidad de uso</b> | Mecanismo de roscado que requiere un menor esfuerzo físico para el acople y desacople.                   | Mejora la experiencia del usuario y proporciona una confirmación táctil de cierre seguro, disminuyendo errores de conexión.                           |
| <b>Compatibilidad universal</b>     | Integración de mejoras estructurales respetando las dimensiones críticas de la norma ISO 1724.           | Permite el uso inmediato en cualquier vehículo o remolque estándar sin necesidad de adquirir adaptadores o modificar la instalación existente.        |
| <b>Innovación en el estándar</b>    | Introducción de un método de retención mecánica modular inexistente en los modelos comerciales actuales. | Ofrece una solución técnica inédita que resuelve fallas históricas del estándar ISO 1724 sin comprometer su interoperabilidad.                        |

*Fuente: basada en la evaluación del prototipo y su desempeño funcional.*

Se evidencia que el prototipo aporta mejoras concretas en firmeza del acople, hermeticidad, mantenibilidad, entendida como la facilidad de inspección; acceso, reparación y limpieza de terminales sin desmontajes complejos; y ergonomía, reduciendo fallas típicas como desconexiones e intermitencias por contaminantes. Todo ello se logra manteniendo la compatibilidad con ISO 1724, lo que respalda su viabilidad técnica y su potencial de aplicación en condiciones reales de uso.

### 2.3.3. QFD resultados

La aplicación de QFD permitió capturar necesidades y fallas reportadas en el uso real del conector, donde se repiten problemas como desconexión accidental y entrada de contaminantes, asociados a vibraciones, golpes, tensiones del cable y exposición ambiental, con efectos como intermitencias, pérdida de continuidad, fallas de luces y corrosión.

Con estos antecedentes, se elaboró la Matriz de la Calidad (HoQ) para traducir la voz del usuario en variables técnicas y priorizar qué debe abordarse primero en el rediseño. La HoQ

relaciona los requerimientos del cliente (RC) con las características técnicas (CT) y asigna ponderaciones de importancia; así, se priorizaron Seguridad (5), Durabilidad (4), Facilidad de uso (3) y Compatibilidad (5). El análisis de relaciones RC–CT mostró que las CT con mayor impacto en los requerimientos priorizados son el tipo de acople, el tipo de sellado y el material.

En consecuencia, el rediseño se orientó a incorporar un acople firme tipo rosca, un sellado hermético y una arquitectura que favorezca ensamblaje e inspección, manteniendo compatibilidad ISO 1724. Además, la comparación competitiva incluida en la HoQ evidenció que conectores estándar del mercado presentan debilidades principalmente en acople y sellado, por lo que la propuesta se enfoca en cerrar esas brechas sin perder interoperabilidad. Para materializar estas prioridades se definieron soluciones como cierre mecánico roscado, entrada de cable protegida con sellado por compresión y ensamble modular sin tornillos.

#### A. Matriz de la calidad (HoQ)

La Matriz de Calidad permite relacionar las necesidades del cliente con las características técnicas del producto. Cada requerimiento se pondera con un valor entre 1 y 5, donde 1 representa baja importancia y 5 máxima prioridad. Luego, cada cruce con una característica técnica se evalúa con valores entre 1 y 10, donde 1 indica una relación débil y 10 una relación muy fuerte. Esta metodología facilita la toma de decisiones técnicas, enfocando el diseño en lo que realmente valoran los usuarios.

A partir de la HoQ se obtuvo una priorización de características técnicas (CT) según su contribución a los requerimientos del cliente (RC). El resultado mostró que las CT con mayor impacto en los RC más importantes son el tipo de acople, el tipo de sellado y el material, ya que concentran la mayor relación con seguridad, durabilidad y facilidad de uso. En consecuencia, el rediseño se orientó a reforzar la retención mecánica del acople y el aislamiento frente a contaminantes, manteniendo la compatibilidad dimensional ISO 1724.

Los valores asignados en la HoQ se definieron a partir de dos criterios: (i) importancia de los requerimientos del cliente (escala 1–10), determinada por el levantamiento de necesidades y fallas reportadas por usuarios (encuestas/comentarios y revisión de casos de uso), complementada con criterio técnico; y (ii) relación RC–CT (escala 1–10), estimada mediante evaluación del equipo de diseño según evidencia técnica del funcionamiento del conector (retención, sellado y materiales) y restricciones del estándar ISO 1724. De este modo, las ponderaciones no son arbitrarias, sino trazables a información de uso real y criterio ingenieril.

En la *Tabla 5* se muestra la matriz de la calidad (HoQ) aplicada al análisis del sistema de conexión eléctrica ISO 1724 existente, en base a los requerimientos del usuario

**Tabla 5**  
Matriz de calidad

| Requerimientos del Cliente                                                       | Valor | Tipo de acople                                                                                                           | Tipo de sellado                                                                                 | Tipo de material                                                                                          | Compatibilidad ISO 1724                                                                                      | Facilidad de ensamblaje                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Seguridad (conexión eléctrica segura y sin desconexiones accidentales)</b>    | 5     | <b>10</b> /Un acople firme (ej. rosca) evita desconexiones involuntarias.                                                | <b>8</b> / Buen sellado previene cortocircuitos por humedad, mejorando la seguridad.            | <b>5</b> / Material robusto reduce roturas que puedan comprometer la seguridad.                           | <b>4</b> /Cumplir ISO garantiza conexión correcta de las luces de seguridad.                                 | <b>3</b> / Ensamble sencillo reduce errores de instalación que afectarían la seguridad.                                 |
| <b>Durabilidad (resistencia a ambientes adversos, sin fallas por desgaste)</b>   | 4     | <b>7</b> /Un cierre más sólido soporta vibraciones sin aflojarse, contribuyendo a la vida útil.                          | <b>10</b> /Sellado hermético evita corrosión e ingreso de agua/polvo, prolongando la vida útil. | <b>9</b> /Materiales de alta calidad (ej. plásticos técnicos) resisten mejor intemperie y uso prolongado. | <b>1</b> / La norma ISO no influye directamente en la durabilidad (es requisito de diseño, no de vida útil). | <b>3</b> / Diseño modular puede facilitar mantenimiento y reemplazo de partes, impactando positivamente la durabilidad. |
| <b>Facilidad de uso (conexión rápida, sin esfuerzo, mantenimiento simple)</b>    | 3     | <b>8</b> /Mecanismo de acople optimizado (rosca asistida por tapa) requiere poca fuerza y brinda confirmación de cierre. | <b>2</b> / El sellado no afecta directamente la usabilidad (más bien la fiabilidad).            | <b>2</b> / El material influye poco en la usabilidad (peso moderado del conector).                        | <b>10</b> / Total compatibilidad ISO permite uso plug-and-play en cualquier vehículo o remolque.             | <b>4</b> / Ensamble simplificado (sin tornillos) ayuda al usuario en tareas de mantenimiento y conexión de cables.      |
| <b>Compatibilidad (intercambio estándar entre distintos vehículos/remolques)</b> | 5     | <b>5</b> /El tipo de acople elegido debe <b>no</b> impedir la compatibilidad física con otros conectores.                | <b>1</b> / El sellado interno no altera la capacidad de conectar con otros estándares.          | <b>1</b> /El material no afecta la compatibilidad geométrica o funcional.                                 | <b>10</b> /Cumplir al 100% con ISO 1724 es imprescindible para enchufar en conectores existentes.            | <b>1</b> / El método de ensamblaje interno no influye en la compatibilidad con otros sistemas.                          |

*Fuente: basada en el análisis del sistema de conexión existente y requerimientos del usuario.*

Los valores de la HoQ se asignaron en dos etapas: (i) la importancia de cada requerimiento del cliente (RC) se definió a partir del levantamiento de necesidades y fallas reportadas por usuarios; desconexión, intermitencias, ingreso de contaminantes; y (ii) la relación RC–CT (1–10) se estimó evaluando cuánto influye cada característica técnica en el cumplimiento de esos requerimientos, según la lógica de funcionamiento del conector y las restricciones del estándar ISO 1724.

Con esta ponderación, se observa que las CT con mayor impacto son el tipo de acople, el tipo de sellado y conexión estable porque determinan la seguridad funcional del sistema eléctrico de señalización, además de la durabilidad frente a corrosión/desgaste y la facilidad de uso durante el acople. Asimismo, la compatibilidad ISO 1724 resulta crítica para asegurar interoperabilidad con

distintos vehículos, mientras que un ensamble simplificado mejora la instalación e inspección del conjunto, reduciendo errores de montaje y tiempos de intervención. Por ello, el rediseño prioriza retención mecánica y sellado, manteniendo dimensiones críticas ISO 1724.

#### B. Evaluación comparativa (prototipo vs competencia)

La evaluación comparativa se presenta en la *Tabla 6*, donde se contrasta el rediseño propuesto con un conector estándar de mercado, referenciado como alternativas distribuidas a nivel nacional, por Metalcar, Autofact o AXF Chile; utilizando las mismas características técnicas (CT) definidas y priorizadas previamente en la HoQ: mecanismo de acople, sellado hermético, material, compatibilidad ISO y ensamblaje. Esta etapa se incluye porque permite comprobar, con un criterio común de comparación, si las CT priorizadas efectivamente representan una diferenciación técnica frente a lo que hoy se ofrece en el mercado, y por qué el rediseño se focaliza en esos puntos y no en otros.

Según la *Tabla 5*, el conector estándar muestra debilidades principalmente en el acople, tendencia a desconexiones accidentales por vibración o tensión del cable, y en el sellado, protección limitada frente a ingreso de contaminantes, además de una desventaja en ensamblaje, debido a carcasas bipartitas fijadas con tornillos y mayor exposición de puntos vulnerables. En contraste, el diseño propuesto evidencia mejoras directas en esas CT, acople más firme por cierre/retención, mayor hermeticidad en puntos críticos, y arquitectura modular que reduce puntos de filtración y facilita montaje e inspección, manteniendo la compatibilidad dimensional ISO 1724.

En conjunto, la comparación sustenta técnicamente la propuesta al mostrar que el rediseño se orienta a cerrar las brechas detectadas en los conectores estándar precisamente en las variables que más influyen en la reducción de fallas y en la durabilidad en uso real. Asimismo, permite validar que las decisiones de diseño adoptadas no son arbitrarias, sino que responden directamente a las debilidades identificadas en el análisis previo, reforzando la coherencia entre diagnóstico y solución. De este modo, se evidencia que la mejora en el acople, el sellado y la arquitectura del sistema no solo incrementa la confiabilidad del conjunto, sino que también aporta a una mayor seguridad operativa y a una disminución de intervenciones por mantenimiento o fallas en servicio.

**Tabla 6**  
Evaluación comparativa

| <b>Producto<br/>(Conector 7<br/>pines)</b>                            | <b>Mecanismo de<br/>acople<br/>(seguridad de la<br/>conexión)</b>                                                                             | <b>Sellado<br/>hermético<br/>(protección<br/>ambiental)</b>                                                                                         | <b>Material<br/>(resistencia y<br/>calidad)</b>                                                                                                                                          | <b>Compatibilidad<br/>(cumplimiento ISO)</b>                                                                                              | <b>Ensamblaje<br/>(facilidad de<br/>montaje)</b>                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estándar<br/>mercado<br/>(Metalcar /<br/>Autoplanet<br/>/ AXF)</b> | 2 / <b>Bajo:</b> acople solo por fricción de tapa con resorte; propenso a desconexión accidental.                                             | 1 – <b>Muy bajo:</b> mínimo sellado; entrada de humedad y polvo común (diseño no estanco).                                                          | 3 / <b>Moderado:</b> material plástico genérico (calidad aceptable pero sin optimización especial).                                                                                      | 5 / <b>Alto:</b> completamente conforme a ISO 1724 (intercambiable universalmente).                                                       | 3 / <b>Moderado:</b> requiere armado con tornillos; mantenimiento con herramientas (carcasa bipartita estándar).                                                      |
| <b>Diseño<br/>propuesto<br/>(mejora<br/>ISO 1724)</b>                 | 5 / <b>Sobresaliente:</b> incorpora rosca parcial entre enchufe y tapa, logrando unión mecánica firme que impide desconexiones involuntarias. | 5 / <b>Sobresaliente:</b> integra <b>sellos internos</b> (p. ej. junta en portacable) y diseño hermético que evita filtraciones de agua o suciedad. | 4 / <b>Alto:</b> uso de <b>materiales robustos</b> (plásticos técnicos de alta resistencia) que mejoran la durabilidad frente a impactos, corrosión y UV (mitiga “material inadecuado”). | 5 / <b>Alto:</b> mantiene geometría y pinout <b>ISO 1724</b> ; totalmente compatible con conectores existentes (no requiere adaptadores). | 5 / <b>Sobresaliente:</b> diseño <b>modular roscado</b> sin tornillos externos; permite montaje y desmontaje manual fácil, facilitando el ensamblaje y mantenimiento. |

*Fuente: basado en la comparación entre el prototipo propuesto y conectores estándar del mercado.*

La *Tabla 6* presenta una comparación entre el diseño propuesto y un conector estándar de mercado utilizando las características técnicas (CT) definidas en la HoQ (acople, sellado, material, compatibilidad y ensamblaje) y una escala de evaluación relativa (1–5) para cada CT. Las observaciones obtenidas son; (1) el conector estándar muestra menor desempeño en acople, mayor probabilidad de desconexión ante vibración o tensión del cable, (2) menor desempeño en sellado y mayor exposición a condiciones ambientales, (3) desventaja de armado/desarmado por carcasa bipartita unida con tornillos; en contraste, el diseño propuesto mejora estos puntos manteniendo la compatibilidad ISO 1724.

A partir de estas observaciones, las decisiones del rediseño del prototipo fueron incorporar un mecanismo cierre roscado y adoptar una arquitectura modular que reduzca puntos vulnerables y facilite inspección/ensamble. En consecuencia, la comparación fundamenta que el rediseño se enfoque en retención y hermeticidad como variables clave para aumentar la confiabilidad en uso real.

### 2.3.4. Resultados de análisis FODA

Se presenta el análisis FODA aplicado al prototipo del rediseño del interfaz de conexión eléctrica ISO 1724. Este análisis resume las fortalezas y debilidades internas, junto con las oportunidades y amenazas, con el fin de apoyar la toma de decisiones y orientar el desarrollo y validación del prototipo. A continuación, en la *Tabla 7*, se presentan los principales resultados obtenidos del análisis FODA realizado al prototipo.

**Tabla 7**  
Análisis FODA

| DEBILIDADES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | FORTALEZAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mayor cantidad de elementos, al contar con un cuerpo modular se agrega un cabezal que se divide en 2 y un cuerpo medio, a diferencia de un cuerpo de 2 mitades del modelo estándar.</li> <li>2. Riesgo de mal uso, el apriete excesivo, montaje incorrecto puede dañar el sistema de rosca dañando los hilos de la rosca.</li> <li>3. Se requiere un control dimensional del prototipo del rediseño para lograr su retrocompatibilidad con otros conectores ISO 1724, por lo que se deben respetar tolerancias y medidas.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El acople por retención mecánica con apriete controlado, reduciendo desconexiones por vibración y tensiones</li> <li>2. Integración de un cuerpo modular con sistema de cierre roscado, incorpora un diseño innovador orientado a mejorar el desempeño del sistema y su competitividad frente a modelos comerciales de 7 pines tradicionales, aumentando la seguridad de la conexión y reduciendo fallas.</li> <li>3. Mayor hermeticidad al contar con un cierre roscado, a diferencia del cuerpo de 2 mitades del modelo estándar, qué que puede permitir la entrada de contaminantes si su sello (tornillos) no generan el cierre en su totalidad, además de que pueden extraviarse durante su apertura/cierre.</li> <li>4. Gracias a arquitectura modular facilita la inspección/repación sin necesidad de usar herramientas.</li> <li>5. Compatibilidad universal al respetar dimensiones y disposición de terminales según la norma ISO 1724.</li> </ol> |
| AMENAZAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | OPORTUNIDADES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El mercado cuenta con distribuidores establecidos como Metalcar, MP Cars y AXF Chile, lo que puede significar una competencia.</li> <li>2. Existe una amplia preferencia de productos económicos, que ofrecen el mismo sistema, aunque no solucione los principales problemas (desconexiones, problemas de intermitencia, fallas eléctricas, etc).</li> <li>3. Confiabilidad en los productos existentes en el mercado, los usuarios prefieren comprar un producto que ya conocen dado que les brinda mayor confianza.</li> </ol>    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se soluciona un problema reportado por usuarios, ya que existe una necesidad concreta en el mercado asociada a fallas recurrentes del conector (intermitencias, desconexiones y deterioro por entrada de contaminantes)</li> <li>2. Necesidad en el mercado por soluciones a problemas en sistemas de conexión eléctrica para carros de arrastres, debido a fallas recurrentes reportadas por usuarios.</li> <li>3. El crecimiento del mercado automotriz y el alto volumen de transferencias de vehículos (más de 1.3 millones en 2024) la que genera una demanda constante sobre el producto.</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

*Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes del proyecto*

El análisis FODA se realizó para evaluar la propuesta de rediseño como producto, identificando sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del mercado, gracias a esto, se justifica la viabilidad de la propuesta y se anticipan riesgos que deben considerarse en la etapa de desarrollo, validación y eventual implementación del rediseño bajo el estándar ISO 1724.

Los resultados muestran que el rediseño propuesto presenta fortalezas técnicas directamente alineadas con el problema identificado. En particular, el sistema de retención mecánica con apriete controlado y la estructura modular con cierre roscado permiten mejorar la estabilidad del acople, reduciendo desconexiones por vibración y tensiones, además, al presentar un cuerpo central cerrado se reduce la posibilidad de entrada de contaminantes, mitigando fallas asociadas a la corrosión. Estas mejoras se implementan manteniendo la compatibilidad mediante el respeto de dimensiones críticas y disposición de terminales definidas por ISO 1724.

El rediseño incorpora más elementos que un conector estándar, lo que aumenta la exigencia de control dimensional, montaje correcto y riesgo de mal uso como apriete excesivo o ensamble incorrecto. Sin embargo, estas debilidades no invalidan el proyecto, más bien definen necesidades concretas de diseño para fabricación, como control de tolerancias, criterios de ensamblaje y consideraciones de usabilidad para evitar errores de operación.

El análisis FODA evidencia oportunidades claras, existe una necesidad real asociada a fallas reportadas por usuarios como intermitencias, desconexiones y deterioro por entrada de contaminantes, lo que permite competir por desempeño y confiabilidad, no solo por precio. Al mismo tiempo, se identifican amenazas relevantes, como la presencia de competidores consolidados y la preferencia del mercado por productos económicos o consolidados en el mercado lo que refuerza la importancia de validar técnicamente el desempeño del rediseño y comunicar su valor en durabilidad. Por lo que se confirma que la propuesta de rediseño del conector macho y la protección/tapa del conector hembra ISO 1724 responde a una necesidad concreta, que se compatibiliza con los conectores estándar y presenta un potencial real de adopción si se controlan los riesgos de fabricación y uso.

### **CAPÍTULO 3: INGENIERÍA DE DETALLE Y PROTOTIPADO**

### 3. CAPITULO 3: INGENIERIA DE DETALLE Y PROTOTIPADO

#### 3.1. Consideraciones normativas para el rediseño, ISO 1724

Al realizar el rediseño del interfaz de conexión eléctrica ISO 1724 entre un automóvil y un carro de arrastre, es imprescindible tener presentes ciertos criterios que aseguren la funcionalidad, la durabilidad y la compatibilidad del sistema. Entre las principales consideraciones están:

##### 3.1.1. Cumplimiento normativo ISO

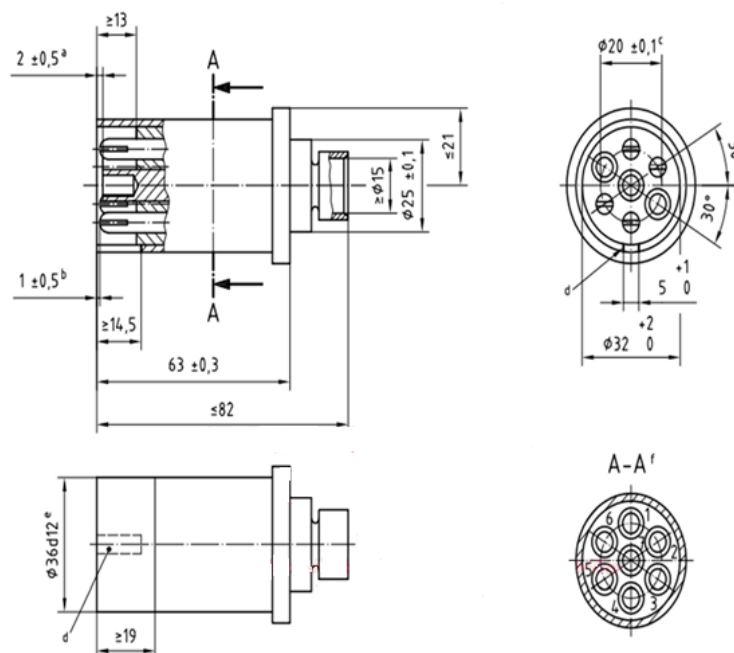
a. ISO 1724:2003: define las dimensiones, asignación de contactos y requisitos eléctricos del conector de 7 pines de 12 V, usado en sistemas básicos de iluminación y señalización (UNE, s.f.; ISO 1724, 2003; International Organization for Standardization, 2003).

- Geometría de plug y socket (nariz, diámetros, PCD, ranura/llave).
- Asignación y numeración de contactos, 7 funciones básicas.
- Requisitos constructivos mínimos, pines/tubos, tapa de la toma con cierre automático.
- Sección de conductores típica,  $1,5 \text{ mm}^2$ ; masa  $2,5 \text{ mm}^2$ , etc.
- Espacios libres y condiciones de acople para intercambiabilidad.

En el *Plano 1* se presentan las dimensiones del conector macho ISO 1724, fundamentales para garantizar su compatibilidad con sistemas existentes. (ver *anexo 1*)

#### Plano 1

##### Dimensiones conector macho ISO 1724

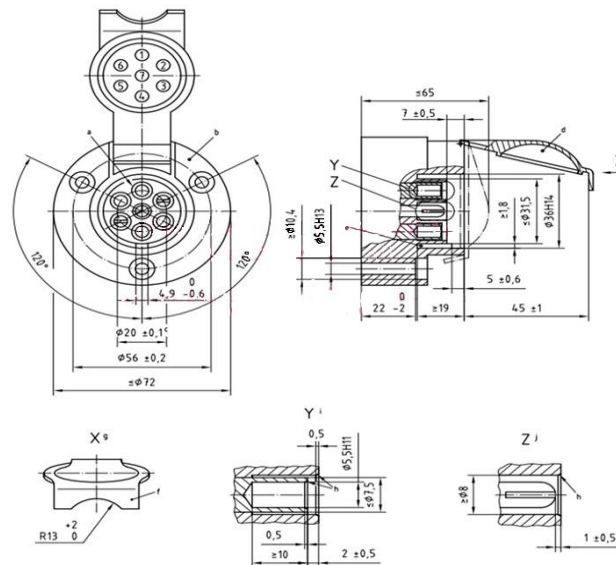


Fuente: International Organization for Standardization (2003). ISO 1724:2003, p.6.

En el *Plano 2* se presentan las dimensiones del conector hembra ISO 1724, las cuales permiten asegurar la correcta compatibilidad y acople con el conector macho según el estándar. (Ver *anexo I*)

## Plano 2

### Dimensiones conector hembra ISO 1724



Fuente: International Organization for Standardization (2003).  
ISO 1724:2003, p.7.

### 3.2. Desarrollo de ingeniería de detalle

La ingeniería de detalle corresponde a la fase en que la propuesta de rediseño se define con el nivel de precisión necesario para su fabricación y verificación. En esta etapa se establecen la geometría final de cada pieza, dimensiones críticas, tolerancias, ajustes y uniones, junto con la selección de materiales, acabados y criterios de montaje e inspección. Asimismo, se generan los datos técnicos del diseño, tales como modelos 3D finales, planos de fabricación, lista de materiales y consideraciones de proceso, asegurando que la solución mantenga la compatibilidad con ISO 1724 y que los elementos incorporados como la retención mecánica y sellado puedan implementarse de forma consistente.

#### 3.2.1. Descripción de componentes

El prototipo rediseñado se concibe con una arquitectura modular de piezas independientes, definida para responder a los requerimientos técnico, aumentar la retención del acople y mejorar la protección frente al ingreso de contaminantes, manteniendo compatibilidad con el estándar ISO 1724. Esta configuración permite distribuir funciones en componentes específicos tales como retención, sellado y protección, facilitando además el ensamblaje e inspección del conjunto.

En la *Tabla 8* se presentan los componentes del prototipo, indicando su descripción técnica, función y el aporte que cada uno entrega para resolver las fallas identificadas en la interfaz de 7 pines.

**Tabla 8**  
Componentes del prototipo

| Componente                     | Descripción técnica                                                                              | Función y Solución que brinda                                                                                                      |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Cabezal de inserción</b>    | Sección frontal del conector macho diseñada bajo la disposición geométrica de la norma ISO 1724. | Alojar y aislar los terminales eléctricos, garantizando la transferencia precisa de señales hacia el remolque.                     |
| <b>Cuerpo medio</b>            | Pieza intermedia estructural con diseño ergonómico y aletas laterales integradas.                | Brindar soporte al conjunto y permitir la manipulación manual, eliminando el uso de herramientas para el ensamblaje de la carcasa. |
| <b>Prensaestopa</b>            | Elemento de cierre ubicado en la sección posterior del cuerpo.                                   | Asegurar el ingreso del cableado y proporcionar un primer nivel de retención mecánica.                                             |
| <b>Tapa de seguridad</b>       | Componente de cierre posterior con rosca externa y función de prensaestopa secundario.           | Generar el bloqueo mecánico positivo con la tapa del conector hembra, mitigando riesgos de desconexión por vibración o tracción.   |
| <b>Tapa de conector hembra</b> | Modificación del componente fijo con una sección roscada en su periferia interna.                | Recibir el torque de la tapa final para lograr un acople firme, hermético y resistente a condiciones ambientales adversas.         |

*Fuente: basado en International Organization for Standardization (2003). ISO 1724:2003.*

### 3.2.2. Mecanismo de fijación y sellado

A diferencia de los conectores convencionales con carcasa bipartita unida mediante tornillos, el prototipo rediseñado incorpora un cuerpo modular con cierre roscado, lo que permite un encapsulamiento más continuo del conjunto y reduce la presencia de uniones longitudinales expuestas. En este diseño, la cabeza de inserción se integra al cuerpo medio mediante un acople roscado que genera un ajuste firme, mejorando la retención mecánica frente a vibraciones y tensiones del cable. Asimismo, la continuidad del cuerpo y la incorporación de puntos de sellado/compresión en zonas críticas como la unión del cuerpo y entrada de cable mediante prensaestopa, disminuyen las vías de ingreso de contaminantes hacia el interior del conector.

Este diseño roscado elimina la dependencia de herramientas adicionales, como destornilladores, permitiendo un ensamblaje y mantenimiento completamente manual al prescindir de tornillos de fijación externos. El proceso de sellado culmina en la sección posterior mediante una prensaestopa encargado de asegurar el cableado.

Asimismo, se incorporó una mejora técnica en la interacción mecánica entre el conector macho y la toma hembra ISO 1724, específicamente en la tapa de la toma, donde se aloja en el cuerpo del conector macho en el prensaestopa para ser asegurada por la tapa final. Este componente genera un cierre mecánico roscado que bloquea firmemente la unión entre ambos conectores, impidiendo desconexiones accidentales provocadas por tensiones mecánicas, vibraciones o impactos durante el trayecto. Cabe destacar que, como una ventaja de diseño y estandarización, la tapa final encargada de este cierre es técnicamente compatible con los componentes del estándar de 13 pines, ISO 11446; permitiendo una hibridación que eleva la robustez del sistema de 7 pines sin alterar su compatibilidad normativa.

### 3.3. Planimetría y modelación

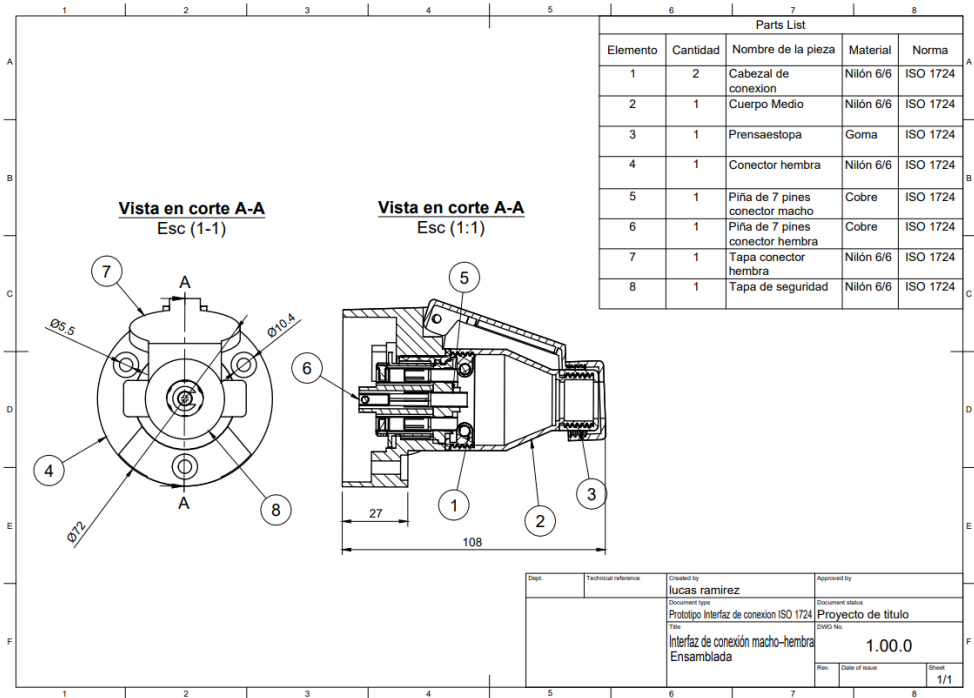
La presente sección expone la documentación gráfica del proyecto mediante la presentación de los planos de conjunto y de despiece del prototipo, los cuales permiten comprender la configuración general del sistema, la disposición de sus componentes y sus dimensiones principales. Complementariamente, se incorpora la modelación 3D, la cual permite validar el diseño propuesto, verificar el correcto ensamblaje de las piezas y asegurar el cumplimiento de las dimensiones y requerimientos establecidos por la norma ISO 1724. Asimismo, esta representación facilita la detección de interferencias, el análisis funcional del conjunto y la evaluación previa a la etapa de fabricación del prototipo.

#### 3.3.1. Planos de conjunto y despiece

En este apartado se presentan los planos de conjunto y despiece del prototipo, los cuales permiten visualizar la estructura general del sistema y la disposición de sus componentes, se pueden apreciar las dimensiones de cada pieza, sus características geométricas y la relación entre los elementos, facilitando la comprensión del diseño y su correcto ensamblaje.

A. Plano de conjunto: el *Plano 3* muestra la disposición general de los componentes del prototipo y su ensamblaje (ver *anexo 2*).

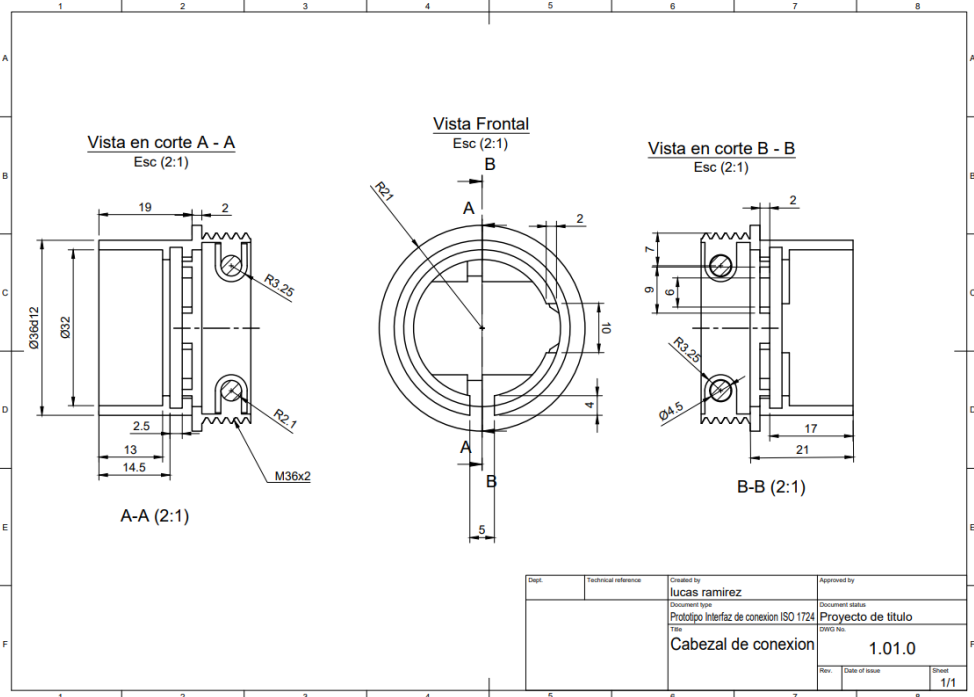
**Plano 3**  
Interfaz de conexión macho-hembra ensamblada



Fuente: basado en el prototipo virtual desarrollado.

B. Plano cabezal de conexión: el *Plano 4* presenta la geometría y características principales del componente encargado del acople eléctrico. (ver *Anexo 2*)

**Plano 4**  
Cabezal de conexión

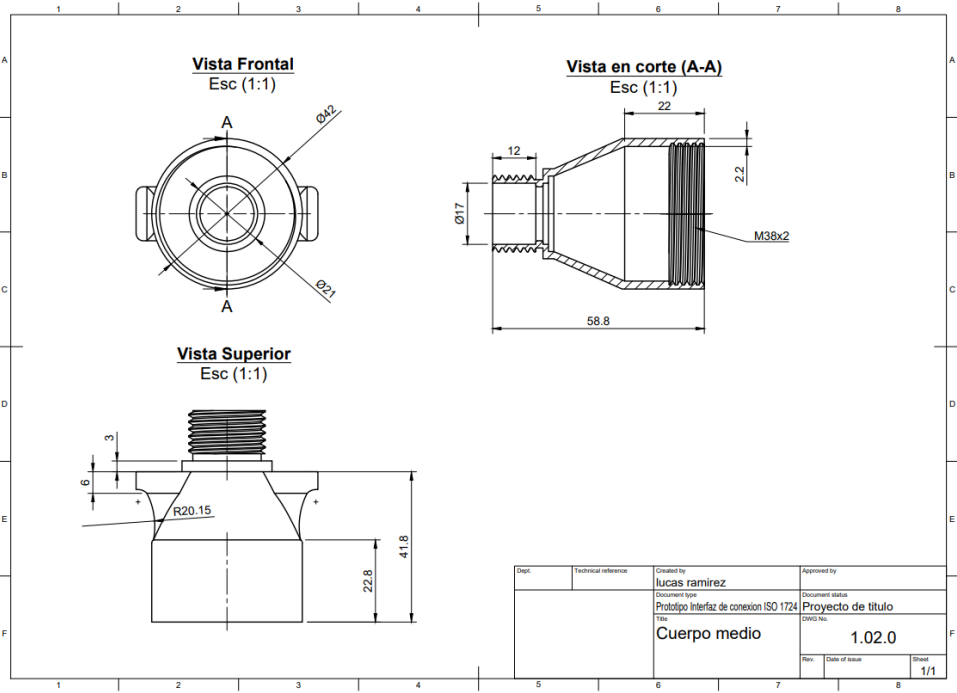


Fuente: basado en el prototipo virtual desarrollado.

- C. Plano cuerpo medio: el *Plano 5* presenta la geometría y dimensiones del componente central del conector, permitiendo su integración con el resto del sistema. (ver *Anexo 2*)

### Plano 5

Cuerpo medio

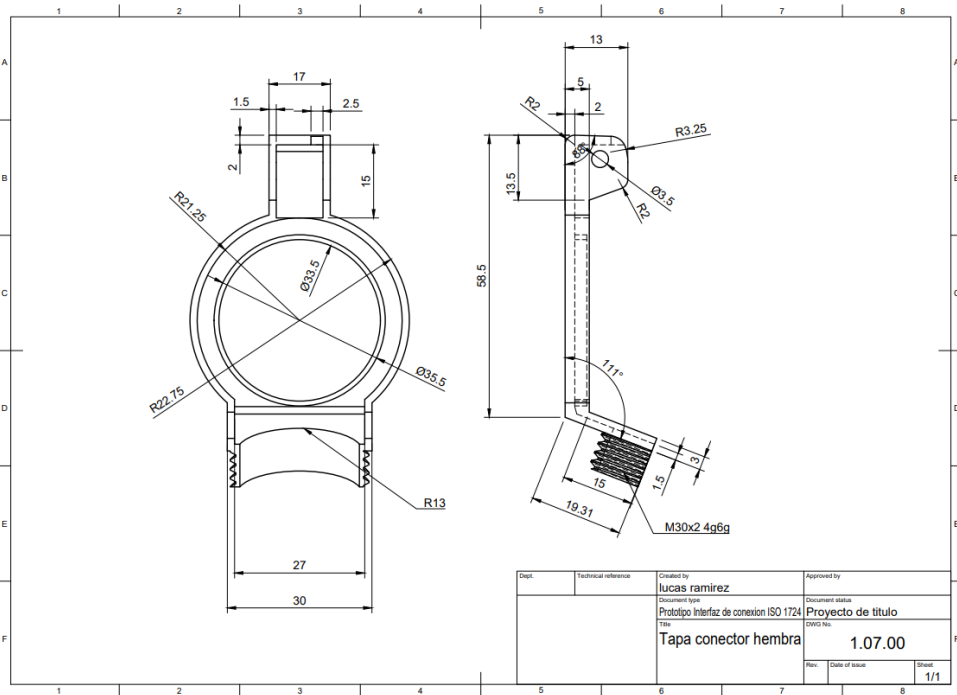


Fuente: basado en el prototipo virtual desarrollado.

- D. Plano tapa toma: el *Plano 6* presenta la geometría y características del componente del conector hembra encargado de proteger y asegurar el punto de conexión. (ver *Anexo 2*)

### Plano 6

Tapa conector hembra

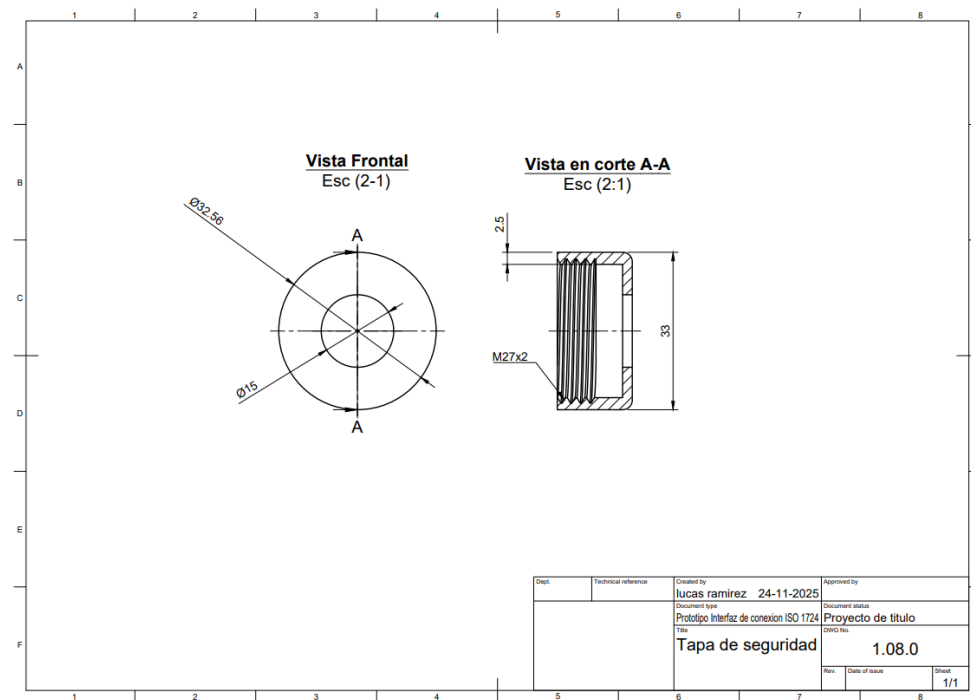


Fuente: basado en el prototipo virtual desarrollado.

- E. Tapa roscada: el *Plano 7* presenta la geometría del componente final que brinda un cierre mecánico al conjunto (ver *anexo 2*).

### Plano 7

#### Tapa de seguridad

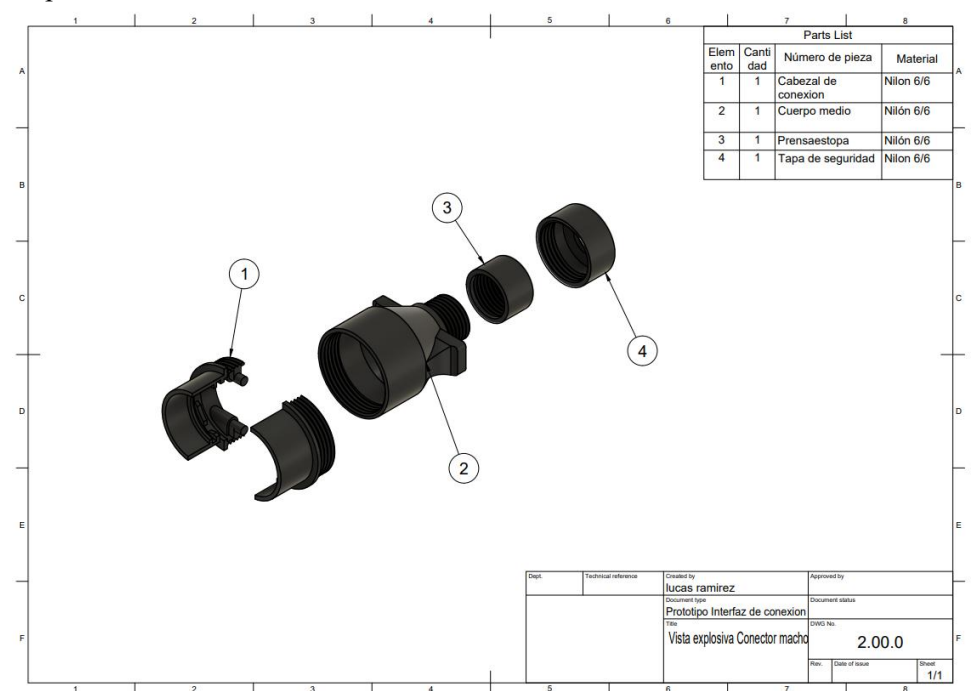


Fuente: basado en el prototipo virtual desarrollado.

- F. Plano explosivo conector macho: el *Plano 8* se representa el plano explosivo del prototipo del conector macho, visualizando todos los componentes que lo conforman (ver *anexo 2*)

### Plano 8

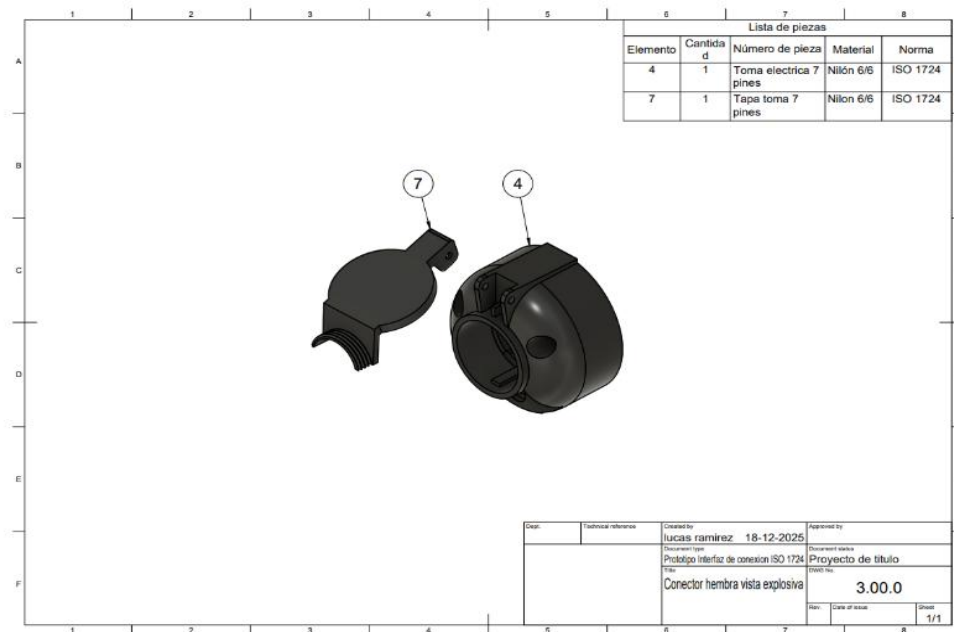
#### Explosivo conector macho



Fuente: basado en el prototipo virtual desarrollado.

- G. Plano explosivo conector hembra: el *Plano 9* se representa el plano explosivo del conector hembra, visualizando todos los componentes que lo conforman (ver *anexo 2*).

**Plano 9**  
Explosivo conector hembra



*Fuente: basado en el prototipo virtual desarrollado.*

### 3.3.2. Modelo 3D

Se presentan inicialmente las vistas de conjunto para visualizar la integración final del sistema bajo la norma ISO 1724, seguidas por el detalle de sus componentes modulares. Esto permite validar el ensamble y la funcionalidad del diseño previo al análisis individual de sus piezas.

- A. Vista de conjunto (conector macho y conector hembra): en la *figura 20* se muestra la vista de conjunto 1 del conector macho y conector hembra, donde el rectángulo rojo muestra cómo se aloja la tapa del conector hembra en el prototipo del conector macho y en la *figura 21* se muestra la vista de conjunto 2 y muestra como la tapa de seguridad queda puesta para generar el sello mecánico.

**Figura 20**  
Vista conjunto 1



*Fuente: basado en el prototipo virtual desarrollado.*

**Figura 21**  
Vista conjunto 2



*Fuente: basado en el prototipo virtual desarrollado.*

- B. Prototipo rediseño conector macho: Se observa en la *Figura 22* el prototipo rediseño conector macho en la *Figura 23* se muestra la vista explosiva y los componentes que conforman el prototipo rediseño del conector macho (cabezal de inserción, cuerpo medio roscado, prensaestopa, tapa de seguridad y elementos de sellado).

**Figura 22**  
Prototipo rediseño conector macho



*Fuente: basado en el prototipo virtual desarrollado.*

**Figura 23**  
Prototipo Rediseño - vista explosiva



*Fuente: basado en el prototipo virtual desarrollado.*

- C. Conector hembra: se muestra en la *figura 24* el conector hembra con la tapa rediseñada que genera el cierre mecánico del conector macho producido por la tapa de seguridad.

**Figura 24**  
Conector hembra



*Fuente: basado en el prototipo virtual desarrollado.*

- D. Cabezal de inserción: se muestra en la *figura 25* el cabezal de inserción integra la zona de acople del conector macho y se vincula con el cuerpo medio, permitiendo un ensamble modular.

**Figura 25**  
Cabezal de inserción



*Fuente: basado en el prototipo virtual desarrollado.*

- E. Cuerpo medio: la *figura 26* muestra el cuerpo medio constituye la pieza principal del conector macho rediseñado e incorpora la geometría de unión que permite el cierre roscado y el alojamiento de los elementos del sistema.

**Figura 26**  
Cuerpo medio



*Fuente: basado en el prototipo virtual desarrollado.*

- F. Tapa de seguridad: se muestra en la *figura 27* la tapa de seguridad constituye el mecanismo principal de cierre mecánico del sistema, genera un bloqueo con la tapa del conector hembra.

**Figura 27**

Tapa de seguridad



*Fuente: basado en el prototipo virtual desarrollado.*

- G. Tapa conector hembra: en la *figura 28* se muestra la tapa del conector hembra que incorpora la geometría de acople que permite el cierre mecánico con la tapa de seguridad del conector macho y aporta protección adicional frente a contaminantes.

**Figura 28**

Tapa conector hembra



*Fuente: basado en el prototipo virtual desarrollado.*

### 3.4. Construcción del prototipo

Se detallan los procedimientos ejecutados para la manufactura del prototipo, describiendo las fases de construcción y el registro visual que valida la materialización física del prototipo diseñado

#### 3.4.1. Descripción del proceso de prototipado

El desarrollo del prototipo se inició con un diagnóstico de fallas basado en el análisis FODA y la aplicación de la metodología QFD, permitiendo transformar las necesidades detectadas en especificaciones técnicas específicas. Previo al diseño, se realizó una investigación de las soluciones

existentes en el mercado y un estudio de la norma ISO 1724 para garantizar el cumplimiento de las dimensiones estandarizadas de acople.

La modelización del modelo virtual se llevó a cabo en el software Fusión 360, donde se determinó que la división de 2 mitades del cabezal de inserción era la configuración más viable para optimizar la hermeticidad y facilitar el ensamble manual roscado sin el uso de herramientas. Tras validar virtualmente las tolerancias y generar la planimetría de conjunto y despiece, se elaboró un registro audiovisual para verificar el funcionamiento del mecanismo. Finalmente, el prototipo fue fabricado mediante impresión 3D utilizando filamento PLA, etapa en la que se realizaron diversas pruebas de impresión y ajustes físicos para asegurar el calce perfecto y la funcionalidad de los componentes modulares.

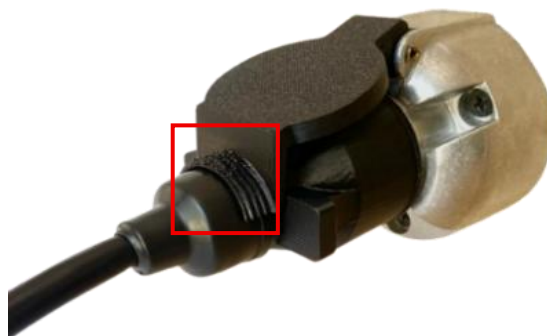
#### 3.4.2. Evidencia visual del prototipo físico

Se presenta el registro físico del prototipo, donde se evidencia el conjunto montado en un conector hembra de aluminio al cual se le cambio la tapa para validar su estandarización con otros conectores macho y conector hembra de la norma ISO 1724; además de imágenes del conector macho, y sus componentes (cabezal de inserción, cuerpo medio, prensaestopa y tapa de seguridad), y la tapa del conector hembra.

- A. Prototipo rediseño conjunto (conector macho y conector hembra): en la *figura 29* se presenta el prototipo del conector macho y conector hembra acoplados sin la tapa de seguridad, mostrando la unión previa al cierre mecánico y en la *figura 30* se muestra el conector macho y conector hembra acoplados con la tapa de seguridad instalada.

**Figura 29**

Conector macho y conector hembra acoplados (sin tapa de seguridad)



*Fuente: basado en el prototipo físico desarrollado.*

**Figura 30**

Conector macho y conector hembra acoplados (tapa de seguridad instalada).



*Fuente: basado en el prototipo físico desarrollado.*

- B. Conector macho: la *figura 31* muestra el prototipo físico del conector macho rediseñado armado, listo para el acople con el conector hembra y la *figura 32* muestra la vista explosiva del prototipo físico, mostrando sus componentes.

**Figura 31**

Conector macho armado



*Fuente: basado en el prototipo físico desarrollado.*

**Figura 32**

Conector vista explosiva



*Fuente: basado en el prototipo físico desarrollado.*

- C. Conector hembra: la *figura 33* muestra el prototipo físico del conector hembra con la tapa rediseñada instalada, utilizada para completar el cierre mecánico

**Figura 33**

Conector hembra con tapa prototipo



*Fuente: basado en el prototipo físico desarrollado.*

- D. Cabezal de inserción: la *figura 34* muestra el prototipo físico del cabezal de inserción, componente del conector macho.

**Figura 34**

Cabezal de inserción



*Fuente: basado en el prototipo físico desarrollado.*

- E. Cuerpo medio: en la *figura 35* se muestra el prototipo físico del cuerpo medio del conector macho.

**Figura 35**

Cuerpo medio



*Fuente: basado en el prototipo físico desarrollado.*

- F. Tapa de seguridad: en la *figura 36* se muestra el prototipo físico de la tapa de seguridad, componente clave del sistema que genera el cierre mecánico.

**Figura 36**  
Tapa de seguridad



*Fuente: basado en el prototipo físico desarrollado.*

- G. Tapa conector hembra: en la figura 37 se muestra la tapa del conector hembra y el rectángulo rojo muestra la media rosca que se aloja en la tapa del conector de la toma que sirve para generar el cierre mecánico.

**Figura 37**  
Tapa conector hembra



*Fuente: basado en el prototipo físico desarrollado.*

### 3.4.3. Demostración funcional del prototipo virtual

Se adjunta en el *Anexo 3* el registro en video de la demostración del prototipo virtual modelado en Fusion 360, donde se muestra el proceso de armado del conector macho, su inserción en el conector hembra y la generación del cierre mecánico mediante la tapa de seguridad como se aprecia en la *Figura 38*.

**Figura 38**  
Prototipo virtual modelado en Fusión 360



*Fuente: basado en el prototipo físico desarrollado.*

### 3.5. Costos prototipo

Se muestra en la *Tabla 9* los artículos comprados para la fabricación del prototipo del rediseño del interfaz de conexión eléctrica bajo la norma ISO 1724 tuvo un costo total de \$56.457 CLP, impuesto al valor agregado incluido (IVA), considerando impresión 3D y el uso de componentes comerciales específicos. El costo del prototipo funcional contempla únicamente materiales y componentes; no incluye el costo de diseño y modelado CAD, ya que fue desarrollado dentro del proyecto mediante Autodesk Fusion 360 bajo licencia educacional.

**Tabla 9**

Costos prototipo

| Ítem                                                                           | Cant | Precio Unitario (\$) | Costo total (\$) | Proveedor                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Filamento PLA 1.75mm color negro (Rollo 1 kg)                                  | 1    | 19.657               | 19.657           | <a href="https://www.todotoner.cl/impresoras/impresoras-3d/filamentos/pla-1kg-negro?">https://www.todotoner.cl/impresoras/impresoras-3d/filamentos/pla-1kg-negro?</a> |
| Conector macho 7 polos EU (componentes usados: piña de 7 pines y prensaestopa) | 1    | 6.500                | 6.500            | <a href="https://www.metalcar.cl/product/enchufe-macho-7-polos-eu">https://www.metalcar.cl/product/enchufe-macho-7-polos-eu</a>                                       |
| Conector hembra 7 pines                                                        | 1    | 3.900                | 3.900            | <a href="https://www.laherramienta.cl/enchufe-acoplado-7-pin-hembra">https://www.laherramienta.cl/enchufe-acoplado-7-pin-hembra</a>                                   |
| Cordón eléctrico de 7 hebras                                                   | 1    | 4.900                | 4.900            | <a href="https://www.metalcar.cl/product/cordon-electrico-7-hebras">https://www.metalcar.cl/product/cordon-electrico-7-hebras</a>                                     |
| Conector de 13 pines (componente usado: Tapa trasera)                          | 1    | 21.500               | 21.500           | <a href="https://www.metalcar.cl/product/enchufe-macho-13-polos">https://www.metalcar.cl/product/enchufe-macho-13-polos</a>                                           |
| <b>Costo total</b>                                                             |      |                      | <b>56.457</b>    |                                                                                                                                                                       |

*Fuente: basada en cotizaciones de proveedores en línea.*

La adquisición de estos productos se justificó por la necesidad de utilizar componentes específicos para asegurar la compatibilidad y el cumplimiento normativo. En particular, del conector macho de 7 pines se emplearon la piña de 7 pines y el prensaestopa, mientras que del conector de 13 pines se utilizó la tapa trasera, cuya incorporación se fundamenta en la compatibilidad estructural entre los estándares ISO 1724 e ISO 11446.

El análisis presupuestario indica que el desarrollo del prototipo no representa una barrera económica significativa, ya que el costo permite fabricar varias unidades y realizar pruebas iterativas de ensayo y error. Esto posibilita efectuar ajustes progresivos y evaluar físicamente distintas versiones del diseño para identificar mejoras concretas en el desempeño del sistema.

## **CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN DE RESULTADOS**

## 4. CAPITULO 4: EVALUACION DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de la evaluación del prototipo desarrollado, analizando su desempeño en función de los objetivos planteados. Asimismo, se verifica el cumplimiento de los criterios técnicos definidos, permitiendo validar la efectividad del rediseño propuesto.

### 4.1. Validación funcional del prototipo

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de las pruebas físicas realizadas al prototipo modular, con el fin de validar su desempeño frente a los conectores convencionales bajo la norma ISO 1724.

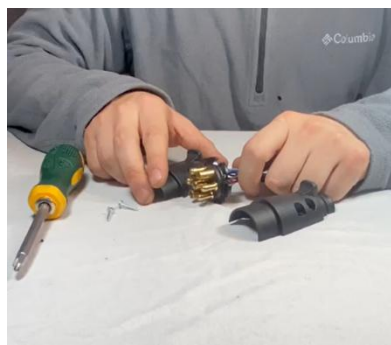
#### 4.1.1. Eficiencia de mantenimiento (Prueba de desarme)

Para evaluar la facilidad de mantenimiento, se cronometró el tiempo de apertura de ambos dispositivos para acceder a los terminales internos.

- A. Prueba de desarme conector macho estándar ISO 1724: en la *figura 39* se muestra el conector estándar desarmado, evidenciando su carcasa bipartita unida mediante tornillos y el uso de un prensaestopa como elemento de sujeción del cable y sellado básico en la entrada y en la *figura 40* el conector estándar se muestra armado y sellado (Se adjunta en el Anexo 4 el registro en video).

**Figura 39**

Conector estándar desarmado



*Fuente: basado en registros audiovisuales de pruebas del prototipo.*

**Figura 40**

Conector estándar armado

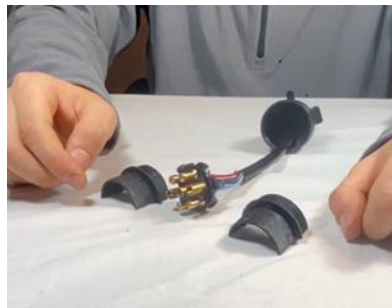


*Fuente: basado en registros audiovisuales de pruebas del prototipo.*

- B. Prueba de desarme conector macho prototipo: en la *figura 41* se muestra el prototipo del conector macho desarmado, mostrando sus componentes y en la *figura 42* se muestra el prototipo del conector macho armado, evidenciando el conjunto cerrado (Se adjunta en el *Anexo 5* el registro en video).

**Figura 41**

Prototipo conector macho desarmado



*Fuente: basado en registros audiovisuales de pruebas del prototipo.*

**Figura 42**

Prototipo conector macho armado



*Fuente: basado en registros audiovisuales de pruebas del prototipo.*

#### 4.1.2. Prueba de montaje

Se ejecutaron ensayos de montaje comparativos entre el prototipo modular y el conector convencional para validar su ajuste mecánico y operatividad. El objetivo fue verificar que la propuesta de mejora cumpla con los estándares de acople y facilite la maniobrabilidad del usuario.

A. Prueba de montaje prototipo rediseño: en la *figura 43* se muestra al prototipo del conector macho junto al prototipo de tapa del conector hembra acoplados con la tapa de seguridad puesta y la *figura 44* se muestra al prototipo del conector macho junto al prototipo de tapa del conector hembra acoplados sin la tapa de seguridad (Se adjunta en el *Anexo 6* el registro en video).

**Figura 43**

Prototipo rediseño acoplado con tapa



*Fuente: basado en registros audiovisuales de pruebas del prototipo.*

**Figura 44**

Prototipo rediseño acoplado sin tapa

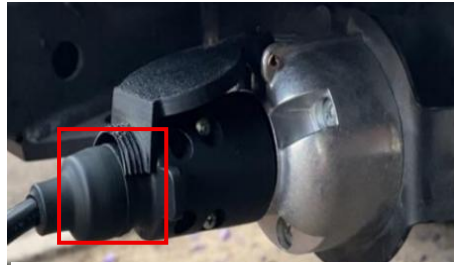


*Fuente: basado en registros audiovisuales de pruebas del prototipo.*

- B. Prueba de compatibilidad entre conector estándar ISO 1724 y prototipo: la *figura 45* muestra al conector estándar conectado al conector hembra sin la tapa de seguridad, mostrando el acople previo al cierre mecánico del conjunto y la *figura 46* muestra al conector estándar conectado al conector hembra con la tapa de seguridad instalada (Se adjunta en el *Anexo 7* el registro en video).

**Figura 45**

Conector estándar conectado sin tapa de seguridad



*Fuente: basado en registros audiovisuales de pruebas del prototipo.*

**Figura 46**

Conector estándar conectado con tapa de seguridad



*Fuente: basado en registros audiovisuales de pruebas del prototipo.*

Ambos conectores se ensamblaron exitosamente sin presentar inconvenientes técnicos. Asimismo, se confirmó que la tapa de seguridad es plenamente funcional tanto en el prototipo como con los conectores estándar que se encuentran en el mercado, logrando un acople y cierre mecánico correcto en ambos casos. Además, se verificó que el prototipo rediseñado, incluyendo el conector macho y la tapa del conector hembra respeta las dimensiones y tolerancias establecidas por la norma ISO 1724, por lo que mantiene la compatibilidad e interoperabilidad con otros conectores fabricados bajo el mismo estándar, sin requerir adaptaciones adicionales.

#### 4.1.3. Interoperabilidad y compatibilidad normativa

Para verificar la interoperabilidad y compatibilidad normativa bajo la norma ISO 1724, se realizaron Pruebas de acople cruzado entre componentes del prototipo rediseñado y conectores estándar del mercado. En primer lugar, se evaluó la conexión del conector macho del prototipo con un conector hembra convencional. Posteriormente, se verificó el acople del conector macho estándar utilizando la tapa de seguridad del conector hembra rediseñado, con el fin de confirmar la correcta compatibilidad dimensional y funcional entre ambos sistemas.

- A. Prueba de acople prototipo conector macho/conector hembra convencional: la *figura 47* muestra al prototipo rediseñado del conector macho como acopla correctamente a un conector hembra estándar. (Se adjunta en el *Anexo 8* el registro en video).

**Figura 47**

Acople del conector macho prototipo con conector hembra estándar



*Fuente: basado en registros audiovisuales de pruebas del prototipo.*

- C. Prueba de acople prototipo tapa de conector hembra/conector macho estándar: la *figura 48* muestra la tapa del prototipo del conector hembra en un conector macho convencional, y la *figura 49* muestra al interfaz de conexión sellado gracias a la tapa de seguridad (Se adjunta en el *Anexo 9* el registro en video).

**Figura 48**

Acople de la tapa del prototipo en conector macho estándar



*Fuente: basado en registros audiovisuales de pruebas del prototipo.*

**Figura 49**

Interfaz eléctrica sellada con tapa de seguridad del prototipo



*Fuente: basado en registros audiovisuales de pruebas del prototipo.*

Se confirma la compatibilidad operativa y normativa bajo el estándar ISO 1724 a partir de ensayos de acople realizados con distintos conectores hembra ISO 1724 disponibles en el mercado, verificando un ajuste correcto del conector macho rediseñado sin requerir adaptaciones. Del mismo modo, se comprobó la funcionalidad de la tapa del conector hembra al generar un bloqueo mecánico y un cierre efectivo en el conjunto.

La validación se expresa mediante el cumplimiento de la retrocompatibilidad e interoperabilidad, acople y funcionamiento correcto con múltiples configuraciones ISO 1724.

#### 4.1.4. Resistencia mecánica y seguridad del acople (Prueba de tracción)

Se sometieron ambos conjuntos a fuerzas de tracción externa para simular movimientos bruscos o tirones del cable.

A. Prueba de tracción a conector macho y hembra estándar (sin tapa de seguridad): en la *figura 50* se muestra la prueba de tensión aplicada al conjunto estándar (conector macho y conector hembra), para verificar el comportamiento del acople bajo tracción (Se adjunta en el *Anexo 10* el registro en video).

**Figura 50**

Prueba de tracción en conector estándar



*Fuente: basado en registros audiovisuales de pruebas del prototipo.*

- B. Prueba de tracción a prototipo conector macho con tapa de seguridad: en la *figura 51* se muestra la prueba de tracción aplicada al conjunto rediseñado (conector macho y tapa del conector hembra), para evaluar la retención del acople bajo tracción (Se adjunta en el *Anexo II* el registro en video).

**Figura 51**

Prueba de tracción en prototipo con tapa de seguridad



*Fuente: basado en registros audiovisuales de pruebas del prototipo.*

La prueba de tracción se aplicó una tensión manual sobre el conjunto para evaluar la retención del acople. Como referencia cuantitativa, la fuerza aplicada se consideró una fuerza de 110 N (11 kgf), valor límite recomendado para tareas de tracción horizontal con brazos extendidos (CCOHS, 2025), lo que representa una solución viable durante manipulación o tensiones accidentales del cable, el conector estándar tendió a ceder ya que no cuenta con un seguro que impida su desconexión por tensiones, mientras que el prototipo rediseñado mantuvo el bloqueo gracias al cierre mecánico, validando la función de la tapa de seguridad.

#### 4.1.5. Estanqueidad y protección ambiental (Prueba de entrada de contaminantes)

Se simuló una condición de lluvia con el fin de evaluar la estanqueidad del interfaz de conexión y su capacidad de proteger los contactos frente al ingreso de contaminantes. Esta prueba busca verificar si, bajo exposición directa a agua, el conjunto mantiene su sellado y evita la entrada de humedad hacia el interior del conector, condición que puede generar corrosión, falsos contactos e intermitencias en el funcionamiento. La evaluación se realizó aplicando agua sobre el conjunto acoplado y posteriormente inspeccionando el interior para determinar la presencia o ausencia de filtración.

- A. Prueba de entrada de contaminantes, agua, conector estándar: en la *figura 52* se muestra cómo se realizó la prueba de ingreso de contaminantes (agua) sobre el conector estándar ISO 1724 para evaluar su comportamiento frente a exposición y en la *figura 53* se muestra como

posteriormente, se abrió el conector estándar para inspeccionar el interior y verificar si existió o no ingreso de agua (Se adjunta en el *Anexo 9* del registro en video).

**Figura 52**

Prueba entrada contaminantes conector estándar



*Fuente: basado en registros audiovisuales de pruebas del prototipo.*

**Figura 53**

Inspección interna del conector estándar tras exposición al agua

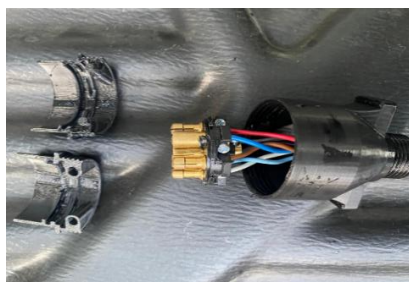


*Fuente: basado en registros audiovisuales de pruebas del prototipo.*

- B. Prueba de entrada de contaminante, agua, prototipo: en la *figura 54* se muestra cómo se realizó la prueba de ingresos de contaminantes (agua) sobre el prototipo del conector rediseñado para evaluar su comportamiento frente a exposición y en la *figura 55* se muestra como posteriormente, se abrió el conector para inspeccionar el interior y verificar si existió o no ingreso de agua (Se adjunta en el *Anexo 12* el registro en video).

**Figura 54**

Prueba de entrada de contaminantes en prototipo



*Fuente: basado en registros audiovisuales de pruebas del prototipo.*

**Figura 55**

Inspección interna del prototipo tras prueba de agua



*Fuente: basado en registros audiovisuales de pruebas del prototipo.*

El ensayo se realizó con ambos conjuntos acoplados, conector estándar y prototipo rediseñado, exponiéndolos a una simulación de lluvia mediante aplicación directa de agua sobre las zonas críticas de unión de la carcasa, entrada de cable y área del acople, durante un intervalo controlado. La aplicación se efectuó de manera uniforme, con el objetivo de reproducir condiciones reales de uso en exteriores, donde el sistema puede estar sometido a humedad constante, salpicaduras o precipitaciones, permitiendo evaluar el comportamiento del sellado en condiciones exigentes.

Finalizada la exposición, cada conector fue abierto para inspeccionar visualmente el interior y verificar la presencia o ausencia de humedad en contactos, cavidades y zona de cableado. La inspección se centró en identificar acumulación de agua, humedad residual o posibles puntos de filtración. Como resultado, el conector convencional presentó evidencia de ingreso de agua al interior, principalmente en zonas cercanas a la unión de la carcasa, mientras que en el prototipo rediseñado no se observó filtración ni presencia de humedad en la inspección posterior.

Estos resultados respaldan que la combinación de cierre roscado y sellado por compresión en la entrada de cable reduce significativamente las rutas de ingreso de contaminantes en comparación con la carcasa bipartita convencional. Asimismo, se evidencia que la mejora en el diseño no solo incrementa la hermeticidad del sistema, sino que también contribuye a mantener la integridad de los contactos eléctricos, reduciendo la probabilidad de fallas por corrosión, intermitencias o pérdida de continuidad en condiciones reales de operación.

#### 4.2. Comparación: Situación anterior vs. Situación mejorada

Se presenta una comparación entre la situación anterior y la situación mejorada del sistema de conexión eléctrica, con el objetivo de evidenciar las diferencias en desempeño y funcionalidad. En la *Tabla 10* se resumen los principales criterios de evaluación, permitiendo analizar de manera directa las mejoras obtenidas con el prototipo desarrollado.

**Tabla 10**  
Comparación de situaciones

| <b>Criterio de Evaluación</b> | <b>Situación Anterior (Conector Convencional)</b>                                                                                                                                    | <b>Situación Mejorada (Prototipo Modular)</b>                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Método de Ensamblaje          | Requiere el uso de herramientas externas (destornillador) para unir las dos mitades de la carcasa.                                                                                   | Ensamble manual mediante sistema roscado, eliminando la necesidad de herramientas externas.                                                                                                                                                                                                  |
| Seguridad del Acople          | Depende exclusivamente de la fricción del muelle de la tapa de la toma hembra. Riesgo alto de desconexión por vibración.                                                             | Implementa un bloqueo mecánico mediante rosca, asegurando la unión ante tensiones y vibraciones.                                                                                                                                                                                             |
| Hermeticidad Posterior        | Entrada de cable desprotegida o con ajuste básico, facilitando el ingreso de agua y polvo a los contactos.                                                                           | Incorpora un prensaestopa modular y sellos por compresión que garantizan la estanqueidad en la zona de cables.                                                                                                                                                                               |
| Tiempo de Mantenimiento       | Proceso lento (aprox. 60 seg.) con riesgo de pérdida de tornillos o daño en las pestañas de plástico.                                                                                | Proceso ágil y eficiente (aprox. 30 seg.) con acceso directo a terminales sin piezas pequeñas sueltas.                                                                                                                                                                                       |
| Diseño estructural            | Estructura de 2 mitades que debilita la resistencia mecánica del conjunto ante impactos.                                                                                             | Diseño modular cilíndrico con refuerzos laterales que incrementan la robustez y facilidad de agarre.                                                                                                                                                                                         |
| Protección Ambiental          | La unión longitudinal de la carcasa y la entrada de cable simple permiten la filtración por capilaridad y el ingreso de humedad directa, acelerando la sulfatación de los contactos. | El sistema roscado ejerce una presión uniforme en la interfaz de unión, mientras que el prensaestopa roscado posterior comprime el cableado, eliminando los puntos de entrada para agua y polvo. Esto garantiza un entorno estanco que protege los terminales contra la corrosión galvánica. |

*Fuente: basado en el análisis comparativo del prototipo y el conector convencional.*

Para evaluar la aceptación del prototipo y la efectividad de las mejoras implementadas, se realizó una validación con usuarios mediante pruebas físicas y una encuesta de percepción, comparando el sistema modular roscado con el conector convencional. Los resultados evidencian mejoras medibles: el tiempo de armado/desarmado se redujo en un 50%, de 60 s en el conector estándar a 30 s en el prototipo. Además, las pruebas confirmaron el bloqueo mecánico del acople bajo tensión, la retrocompatibilidad ISO 1724 con conectores hembra estándar y un mejor

desempeño frente a ingreso de agua en la prueba de contaminantes, junto con una percepción favorable en criterios de seguridad del cierre, comodidad de manipulación y facilidad de uso. En conjunto, la evidencia obtenida respalda que la situación mejorada incrementa la confiabilidad del acople y la protección ambiental, manteniendo compatibilidad normativa.

#### 4.3. Validación de usuarios

La validación con usuarios se realizó mediante pruebas físicas de uso del prototipo y una ficha de evaluación que se puede ver en la Tabla 11, aplicada inmediatamente después de la manipulación del conector. El objetivo fue medir la percepción de desempeño del sistema en una escala de 1 a 5 (1 = muy deficiente; 5 = excelente), evaluando criterios asociados al acople y uso real: seguridad del cierre mecánico (firmeza y confiabilidad del bloqueo), claridad del cierre/sellado, facilidad de armado, facilidad de desarmado, hermeticidad percibida frente a agua/polvo, comodidad de manipulación y comparación global respecto al conector estándar tradicional.

En esta validación se midieron variables de desempeño percibido del prototipo durante su uso, registrando la calificación de los usuarios en una escala de 1 a 5 (1 : muy deficiente, 5 : excelente) y observaciones cualitativas asociadas. Específicamente, se evaluó la seguridad del cierre mecánico (firmeza y confiabilidad del acople), la claridad del cierre/sellado (sensación de cierre efectivo), la facilidad de armado y desarmado (rapidez y simplicidad del proceso), la hermeticidad percibida frente a agua/polvo, la comodidad de manipulación (agarre y ergonomía) y la comparación global de la experiencia respecto al conector estándar tradicional.

##### 4.3.1. Ficha de pruebas

Se evaluaron seis criterios críticos en una escala de 1 a 5. Los resultados demuestran una alta aceptación de la solución técnica, destacando la seguridad del cierre. En la *Tabla 11* se presenta la ficha de pruebas elaborada para la aplicación de las encuestas.

1. Muy deficiente
2. Deficiente
3. Aceptable / Neutro
4. Bueno
5. Excelente

**Tabla 11**

Formato Ficha de prueba

| <b>Criterio</b>                    | <b>Descripción</b>                                                                | <b>Escala<br/>(1 a 5)</b> | <b>Observaciones</b> |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------|
| Seguridad del cierre mecánico      | Qué tan firme y confiable es el cierre roscado al acoplar el conector en la toma. | -                         |                      |
| Claridad del cierre mecánico       | Sensación de sellado contra agua/polvo                                            | -                         |                      |
| Facilidad de armado                | Claridad, rapidez y simplicidad del proceso de ensamblaje                         | -                         |                      |
| Facilidad de desarmado             | Claridad, rapidez y simplicidad del proceso de ensamblaje                         | -                         |                      |
| Hermeticidad percibida             | Sensación de sellado contra agua/polvo                                            | -                         |                      |
| Comodidad de manipulación          | Ergonomía; comodidad de agarre y forma del conector modular                       | -                         |                      |
| Comparación con el modelo estándar | Qué mejor es la experiencia respecto al conector tradicional del mercado.         | -                         |                      |

*Fuente: basado en criterios de evaluación establecidos para la validación del prototipo*

La ficha de pruebas ayuda a validar las soluciones que propone la mejora, destacando la seguridad del cierre y la simplicidad del montaje modular. Los resultados confirman una mejora sustancial en la confiabilidad del producto sin alterar la facilidad de manipulación para el usuario.

#### 4.3.2. Preguntas de evaluación

A través de preguntas abiertas, los usuarios profundizaron en los beneficios y sensaciones que entrega el prototipo, las preguntas fueron.

1. ¿Qué te pareció el nuevo sistema de cierre mecánico roscado?
2. ¿Percibiste mayor hermeticidad en la propuesta?
3. ¿Qué conector fue más rápido para armar y desarmar?
4. ¿Encontraste alguna dificultad usando el prototipo?
5. ¿Qué impresión te generó el diseño modular del conector en términos de rapidez y simplicidad de montaje?
6. ¿Con cuál conector te sientes más seguro para su uso? ¿Por qué?
7. ¿Qué modelo considerarías más adecuado para un uso frecuente? ¿Por qué?

### 4.3.3. Resultados fichas de prueba y preguntas de evaluación

En este apartado se presentan los resultados obtenidos a partir de la ficha de pruebas y las preguntas de evaluación aplicadas a los usuarios. Se consideraron calificaciones cuantitativas asignadas en la escala de 1-5 y una evaluación de las observaciones cualitativas recogidas durante la validación.

Las encuestas presentadas a continuación corresponden a aquellas que aportan mayor valor para la validación del prototipo, debido a que contienen respuestas más completas, observaciones técnicas relevantes y sugerencias detalladas por parte de los usuarios. Si bien se recopilaban múltiples evaluaciones, se seleccionaron estas muestras representativas por reflejar con mayor claridad la percepción del funcionamiento, seguridad y usabilidad del sistema, evitando así la inclusión repetitiva de respuestas similares. En las *Tablas 12, 13, 14, 15 y 16* se presentan las fichas de pruebas correspondientes a usuarios encuestados, utilizadas para la validación del prototipo y la evaluación de su desempeño en condiciones de uso.

**Tabla 12**  
Ficha de prueba 1

| <b>Criterio</b>                    | <b>Descripción</b>                                                                | <b>Escala<br/>(1 a 5)</b> | <b>Observaciones</b>                                   |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------|
| Seguridad del cierre mecánico      | Qué tan firme y confiable es el cierre roscado al acoplar el conector en la toma. | 4                         | Es notoria la cantidad de agarre que genera una rosca. |
| Claridad del cierre mecánico       | Sensación de sellado contra agua/polvo                                            | 4                         | efectivo                                               |
| Facilidad de armado                | Claridad, rapidez y simplicidad del proceso de ensamblaje                         | 4                         | no tiene gran complejidad                              |
| Facilidad de desarmado             | Claridad, rapidez y simplicidad del proceso de ensamblaje                         | 3                         | no tiene gran complejidad                              |
| Hermeticidad percibida             | Sensación de sellado contra agua/polvo                                            | 3                         | efectivo                                               |
| Comodidad de manipulación          | Ergonomía; comodidad de agarre y forma del conector modular                       | 4                         | es cómodo con ambas manos                              |
| Comparación con el modelo estándar | Qué mejor es la experiencia respecto al conector tradicional del mercado.         | 4                         | mejora sustancialmente la confiabilidad del producto   |

*Fuente: basado en criterios de evaluación establecidos para la validación del prototipo*

#### A. Respuesta de evaluación 1

1. ¿Qué te pareció el nuevo sistema de cierre mecánico roscado?

R: sutil e innovador, gran avance

2. ¿Percibiste mayor hermeticidad en la propuesta?

R: absolutamente

3. ¿Qué conector fue más rápido para armar y desarmar?

R: El tradicional por razones obvias. Al de cierre roscado, se le agrega un paso, lo que gana en mejorar el producto

4. ¿Encontraste alguna dificultad usando el prototipo?

R: No, de ningún tipo

5. ¿Qué impresión te generó el diseño modular del conector en términos de rapidez y simplicidad de montaje?

R: va un paso más allá

6. ¿Con cuál conector te sientes más seguro para su uso? ¿Por qué?

R: el que genere más resistencia, en este caso el que tiene el cierre roscado

7. ¿Qué modelo considerarías más adecuado para un uso frecuente y por qué?

R: sí mi trabajo depende de la rapidez y la agilidad ocuparía el tradicional, de lo contrario me quedo con el roscado

**Tabla 13**  
 Ficha de prueba 2

| <b>Criterio</b>                    | <b>Descripción</b>                                                                | <b>Escala<br/>(1 a 5)</b> | <b>Observaciones</b>                                                                                                                                          |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Seguridad del cierre mecánico      | Qué tan firme y confiable es el cierre roscado al acoplar el conector en la toma. | 5                         | Queda mucho más firme, esto es ventajoso para que no se salga en caminos en mal estado.                                                                       |
| Claridad del cierre mecánico       | Sensación de sellado contra agua/polvo                                            | 5                         |                                                                                                                                                               |
| Facilidad de armado                | Claridad, rapidez y simplicidad del proceso de ensamblaje                         | 5                         | Muy sencillo y efectivo.                                                                                                                                      |
| Facilidad de desarmado             | Claridad, rapidez y simplicidad del proceso de ensamblaje                         | 5                         | Es muy rápido y simple.                                                                                                                                       |
| Hermeticidad percibida             | Sensación de sellado contra agua/polvo                                            | 4                         | Se ve que resiste ante lluvias y el polvo del camino.                                                                                                         |
| Comodidad de manipulación          | Ergonomía; comodidad de agarre y forma del conector modular                       | 5                         | Es rápido de manipular.                                                                                                                                       |
| Comparación con el modelo estándar | Qué mejor es la experiencia respecto al conector tradicional del mercado.         | 5                         | A mí me da más confianza ya que queda más firme que el tradicional y sé que no se va a soltar cuando ande en el camino, al mismo tiempo este mejor protegido. |

*Fuente: basado en criterios de evaluación establecidos para la validación del prototipo*

## B. Respuesta de evaluación 2

1. ¿Qué te pareció el nuevo sistema de cierre mecánico roscado?

R: Una idea bastante inteligente y práctica.

2. ¿Percibiste mayor hermeticidad en la propuesta?

R: Se ve que es mucho más hermético que el comercial, lo cual es muy favorable para la durabilidad del producto.

3. ¿Qué conector fue más rápido para armar y desarmar?

R: Claramente el prototipo ya que no utiliza tornillos y se arma de una manera muy inteligente y sencilla a la vez.

4. ¿Encontraste alguna dificultad usando el prototipo?

R: No hasta el momento.

5. ¿Qué impresión te generó el diseño modular del conector en términos de rapidez y simplicidad de montaje?

R: Me pareció una idea muy creativa y practica a la vez,

6. ¿Con cuál conector te sientes más seguro para su uso? ¿Por qué?

R: Claramente con el prototipo ya que me da más confianza al utilizarlo.

7. ¿Qué modelo considerarías más adecuado para un uso frecuente y por qué?

R: El prototipo por 2 razones, primero, al ser diseñado para protegerse del agua y del polvo, claramente se extiende la vida útil. Por segunda razón, el prototipo queda mucho más firme al conector, por lo tanto, me da más confianza sobre que no se desconecte en pleno uso sin poder darme cuenta.

**Tabla 14**  
Ficha de prueba 3

| <b>Criterio</b>                    | <b>Descripción</b>                                                                | <b>Escala<br/>(1 a 5)</b> | <b>Observaciones</b>                                                                                                                              |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Seguridad del cierre mecánico      | Qué tan firme y confiable es el cierre roscado al acoplar el conector en la toma. | 5                         | Se puede observar que el enroscado genera un mejor agarre cuando se genera una fuerza de tracción.                                                |
| Claridad del cierre mecánico       | Sensación de sellado contra agua/polvo                                            | 5                         | Se logra apreciar un cierre suficiente en contra de moléculas.                                                                                    |
| Facilidad de armado                | Claridad, rapidez y simplicidad del proceso de ensamblaje                         | 5                         | Es bastante simple y claro el armado, genera visualmente facilidad                                                                                |
| Facilidad de desarmado             | Claridad, rapidez y simplicidad del proceso de ensamblaje                         | 5                         | No debiera haber dificultad en su desarme, es intuitivo.                                                                                          |
| Hermeticidad percibida             | Sensación de sellado contra agua/polvo                                            | 3                         | Se logra apreciar un cierre suficiente en contra de moléculas.                                                                                    |
| Comodidad de manipulación          | Ergonomía; comodidad de agarre y forma del conector modular                       | 5                         | El diseño asegura una buena ergonomía, su forma compacta permite manipularlo con facilidad, además su rosca externa puede operarse con facilidad. |
| Comparación con el modelo estándar | Qué mejor es la experiencia respecto al conector tradicional del mercado.         | 4                         | Da mayor fiabilidad debido a su sistema de enroscado que otorga una sujeción más firme.                                                           |

*Fuente: basado en criterios de evaluación establecidos para la validación del prototipo*

### C. Respuesta de evaluación 3

1. ¿Qué te pareció el nuevo sistema de cierre mecánico roscado?

R: Me parece un sistema muy útil que permitirá realizar movimientos sin la consecuencia que se suelte por manipulaciones.

2. ¿Percibiste mayor hermeticidad en la propuesta?

R: Si, al encontrarse más fijo debido a su enroscado, se percibe mayor seguridad.

3. ¿Qué conector fue más rápido para armar y desarmar?

R: El prototipo, debido a que no utiliza tornillos, permitiendo el armado sin necesidad de herramientas.

4. ¿Encontraste alguna dificultad usando el prototipo?

R: Ninguna, es fácil de manipular.

5. ¿Qué impresión te generó el diseño modular del conector en términos de rapidez y simplicidad de montaje?

R: Que es un producto accesible para cualquiera, es muy intuitivo.

6. ¿Con cuál conector te sientes más seguro para su uso? ¿Por qué?

R: El prototipo, al tener mejor agarre, genera confianza al usuario al momento de realizar tareas en movimiento.

7. ¿Qué modelo considerarías más adecuado para un uso frecuente y por qué?

R: El prototipo, la seguridad que otorga es fundamental, especialmente en casos que se esté utilizando una máquina que no debiera desconectarse accidentalmente, además su diseño hermético asegura una protección en contra de polvo o agua.

**Tabla 15**  
Ficha de prueba 4

| <b>Criterio</b>                    | <b>Descripción</b>                                                                | <b>Escala<br/>(1 a 5)</b> | <b>Observaciones</b>                                                                                                                              |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Seguridad del cierre mecánico      | Qué tan firme y confiable es el cierre roscado al acoplar el conector en la toma. | 5                         | Se puede observar que el enroscado genera un mejor agarre cuando se genera una fuerza de tracción.                                                |
| Claridad del cierre mecánico       | Sensación de sellado contra agua/polvo                                            | 5                         | Se logra apreciar un cierre suficiente en contra de moléculas.                                                                                    |
| Facilidad de armado                | Claridad, rapidez y simplicidad del proceso de ensamblaje                         | 5                         | Es bastante simple y claro el armado, genera visualmente facilidad                                                                                |
| Facilidad de desarmado             | Claridad, rapidez y simplicidad del proceso de ensamblaje                         | 5                         | No debiera haber dificultad en su desarme, es intuitivo.                                                                                          |
| Hermeticidad percibida             | Sensación de sellado contra agua/polvo                                            | 5                         | Se logra apreciar un cierre suficiente en contra de moléculas.                                                                                    |
| Comodidad de manipulación          | Ergonomía; comodidad de agarre y forma del conector modular                       | 5                         | El diseño asegura una buena ergonomía, su forma compacta permite manipularlo con facilidad, además su rosca externa puede operarse con facilidad. |
| Comparación con el modelo estándar | Qué mejor es la experiencia respecto al conector tradicional del mercado.         |                           | Da mayor fiabilidad debido a su sistema de enroscado que otorga una sujeción más firme.                                                           |

*Fuente: basado en criterios de evaluación establecidos para la validación del prototipo*

#### D. Respuesta de evaluación 4

1. ¿Qué te pareció el nuevo sistema de cierre mecánico roscado?

R: Me parece un sistema muy útil que permitirá realizar movimientos sin la consecuencia que se suelte por manipulaciones.

2. ¿Percibiste mayor hermeticidad en la propuesta?

R: Si, al encontrarse más fijo debido a su enroscado, se percibe mayor seguridad.

3. ¿Qué conector fue más rápido para armar y desarmar?

R: El prototipo, debido a que no utiliza tornillos, permitiendo el armado sin necesidad de herramientas.

4. ¿Encontraste alguna dificultad usando el prototipo?

R: Ninguna, es fácil de manipular.

5. ¿Qué impresión te generó el diseño modular del conector en términos de rapidez y simplicidad de montaje?

R: Que es un producto accesible para cualquiera, es muy intuitivo.

6. ¿Con cuál conector te sientes más seguro para su uso? ¿Por qué?

R: El prototipo, al tener mejor agarre, genera confianza al usuario al momento de realizar tareas en movimiento.

7. ¿Qué modelo considerarías más adecuado para un uso frecuente y por qué?

R: El prototipo, la seguridad que otorga es fundamental, especialmente en casos que se esté utilizando una máquina que no debiera desconectarse accidentalmente, además su diseño hermético asegura una protección en contra de polvo o agua.

**Tabla 16**  
Ficha de Prueba 5

| <b>Criterio</b>                    | <b>Descripción</b>                                                                | <b>Escala<br/>(1 a 5)</b> | <b>Observaciones</b>                                                                                                                      |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Seguridad del cierre mecánico      | Qué tan firme y confiable es el cierre roscado al acoplar el conector en la toma. | 5                         | Mejora la seguridad de la conexión, manteniendo la soldadura necesaria del enchufe.                                                       |
| Claridad del cierre mecánico       | Sensación de sellado contra agua/polvo                                            | 4                         | Mantiene cierre original ya conocido, conservando medidas, rosca de seguridad bien logrado. Agregar hilo en la parte trasera del conector |
| Facilidad de armado                | Claridad, rapidez y simplicidad del proceso de ensamblaje                         | 5                         | Rápido, fácil, practico.                                                                                                                  |
| Facilidad de desarmado             | Claridad, rapidez y simplicidad del proceso de ensamblaje                         | 5                         | Rápido, fácil, practico.                                                                                                                  |
| Hermeticidad percibida             | Sensación de sellado contra agua/polvo                                            | 3                         | Se ve que sella más contra el polvo, no hay mejoras evidentes para sellado de agua.                                                       |
| Comodidad de manipulación          | Ergonomía; comodidad de agarre y forma del conector modular                       | 5                         | Mantiene los estándares.                                                                                                                  |
| Comparación con el modelo estándar | Qué mejor es la experiencia respecto al conector tradicional del mercado.         | 4                         | Entrega una mejor seguridad en la conexión sin dañar el diseño estándar inicial.                                                          |

*Fuente: basado en criterios de evaluación establecidos para la validación del prototipo*

#### E. Respuesta de evaluación 5

1. ¿Qué te pareció el nuevo sistema de cierre mecánico roscado?

R: Bien logrado, resuelve un problema base relacionado con la estabilidad de la conexión, dando una solución efectiva sin dañar el diseño inicial, manteniendo la soldadura necesaria del enchufe y del uso (remolque).

2. ¿Percibiste mayor hermeticidad en la propuesta?

R: No, se ve logrado una conexión más segura, pero en cuanto a sellado o hermeticidad sigue exactamente igual que el original.

3. ¿Qué conector fue más rápido para armar y desarmar?

R: el original fue más rápido, pero el tiempo de diferencia es mínimo comparando con la ventaja que entrega.

4. ¿Encontraste alguna dificultad usando el prototipo?

R: No, al conectar se acomoda automáticamente, y se intuye la instalación de la rosca.

5. ¿Qué impresión te generó el diseño modular del conector en términos de rapidez y simplicidad de montaje?

R: Excelente, es casi imperceptible y no genera ninguna dificultad.

6. ¿Con cuál conector te sientes más seguro para su uso? ¿Por qué?

R: El conector que lleva la rosca, deja la conexión bien amarrada y segura.

7. ¿Qué modelo considerarías más adecuado para un uso frecuente y por qué?

R: Al no presentar ninguna dificultad y entregar una ventaja sobre la fiabilidad de la

R: Conexión considero adecuado el diseño con rosca.

Los resultados se agrupan en 3 ejes fundamentales.

- A. Seguridad: Los encuestados coinciden en que el sistema de rosca "deja la conexión bien amarrada", resolviendo el problema de estabilidad de los modelos actuales. Se percibe como una mejora sustancial en la seguridad de la conexión.
- B. Ergonomía: Se determinó que el sistema es intuitivo; los usuarios reportaron que "se acomoda automáticamente" y el uso de la rosca es fácil de deducir. Aunque el tiempo de armado es ligeramente superior al convencional, la ventaja en seguridad compensa con creces esta diferencia.
- C. Cuerpo modular: el cuerpo roscado y modular fue evaluado como "excelente", destacando que no genera dificultades de montaje y mantiene la simplicidad necesaria para el uso frecuente en remolques.

La validación confirma que el diseño no solo cumple con la norma ISO 1724, sino que optimiza la experiencia del usuario mediante un bloqueo mecánico positivo de alta fiabilidad. Según los resultados de la ficha de pruebas con una escala de 1 a 5, el prototipo obtuvo una alta aceptación técnica al destacar la seguridad del cierre y la simplicidad de su montaje modular, logrando reducir el tiempo de montaje, y mejorando la confiabilidad del producto sin sacrificar la facilidad de manipulación, los usuarios determinaron que el sistema de rosca permite que la conexión quede bien sujeta, resolviendo los problemas de desconexión.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES.

El proyecto de título se enfocó en problemas de desconexión accidental e ingreso de contaminantes en la interfaz de conexión eléctrica de 7 pines, ISO 1724, entre un automóvil y un carro de arrastre, condiciones que se asocian a intermitencias, pérdida de continuidad, fallas de luces y corrosión. Con base en este diagnóstico, se desarrolló un rediseño orientado a atacar las causas principales del problema sin comprometer la compatibilidad dimensional y de terminales exigida por el estándar.

Los resultados obtenidos mediante QFD permitieron priorizar requerimientos del usuario como seguridad, durabilidad, facilidad de uso y compatibilidad, y evidenciaron que las variables técnicas con mayor impacto para cumplir dichos requerimientos son el tipo de acople, el tipo de sellado y el material. En consecuencia, el rediseño se concentró en incorporar un mecanismo de retención con cierre roscado, mejorar el sellado en puntos críticos y definir una arquitectura modular que facilite el ensamblaje e inspección del conjunto, manteniendo la interoperabilidad ISO 1724.

La evaluación comparativa con conectores estándar disponibles en el mercado mostró que las mayores debilidades se concentran en la retención del acople y la protección frente a contaminantes, además de limitaciones de ensamblaje propias de carcasas bipartitas. Frente a ello, el diseño propuesto presenta una mejora técnica en las características clave priorizadas, al aumentar la estabilidad del acople y reducir puntos vulnerables de filtración, sin requerir adaptadores ni alterar el estándar.

Finalmente, la validación del prototipo permitió verificar un desempeño coherente con el objetivo del trabajo: se constató bloqueo mecánico bajo tracción, un mejor comportamiento del sistema de sellado por compresión y una reducción del tiempo de armado/desarmado del 50%, pasando de 60 segundos en el conector convencional a 30 segundos en el prototipo. Esta mejora se atribuye a la incorporación de un cuerpo modular roscado, que permite realizar el montaje y desmontaje de forma manual, sin necesidad de herramientas externas.

En conjunto, la evidencia generada respalda que el rediseño propuesto incrementa la confiabilidad de la conexión al disminuir la probabilidad de desconexión y limitar el ingreso de agentes ambientales que deterioran la integridad eléctrica del sistema.

## **RECOMENDACIONES.**

Para el desarrollo de futuros proyectos o la optimización de este sistema, se sugieren las siguientes recomendaciones técnicas.

- A. Es primordial realizar un estudio detallado de la oferta comercial disponible, debido a la gran variedad de modelos existentes, esto permite asegurar la innovación de la propuesta y definir con precisión el área de intervención donde es posible realizar mejoras.
- B. Se debe priorizar el cumplimiento de las normativas vigentes, ya que en productos regidos por estándares como la norma ISO 1724, es obligatorio respetar las dimensiones estandarizadas para garantizar la compatibilidad universal con otros componentes.
- C. Se recomienda tener en cuenta las tolerancias de ajuste desde la etapa de modelación 3D, puesto que considerar estos márgenes de error es lo que asegura que los encajes del prototipo físico final sean precisos y funcionales.
- D. Realizar ensayos del prototipo en condiciones reales. Esto permitiría evaluar el comportamiento de la rosca y el desgaste de las piezas modulares ante las vibraciones constantes del camino, asegurando que el mecanismo de cierre no se suelte con el tiempo.
- E. Para elevar el grado de protección (IP) del conector, se recomienda integrar sellos o-ring en las uniones roscadas y en la salida del cable. Esto evitaría de forma más eficaz el ingreso de humedad, barro o polvo al interior de los contactos eléctricos, prolongando la vida útil de la conexión.

## **PROSPECTIVAS.**

Como visión a futuro del presente proyecto, se identifican las siguientes líneas de desarrollo y potencial impacto:

- A. Se proyecta que este diseño, una vez validado con materiales definitivos y procesos de inyección, pueda posicionarse en el mercado nacional como un accesorio de seguridad vial, al ser una solución competitiva para fabricantes de remolques y usuarios particulares.
- B. El concepto de cuerpo modular y cierre mecánico roscado puede adaptarse al estándar de 13 pines (ISO 11446). Esto permitiría llevar las mejoras de seguridad y facilidad de uso a remolques más complejos, como casas rodantes o equipos de transporte pesado que requieren una mayor cantidad de señales eléctricas.

- C. Al ser un producto modular donde las piezas son independientes, se proyecta un modelo de consumo más responsable. En lugar de desechar un conector completo por una rotura menor, el usuario podrá adquirir solo el componente dañado como el manguito o el cabezal, extendiendo la vida útil del producto y reduciendo los residuos.
- D. Se proyecta que el diseño modular permita lograr la compatibilidad entre los estándares ISO 1724 e ISO 11446 de forma directa. La idea es que el sistema se adapte a ambas normas manteniendo la firmeza del cierre roscado, eliminando así los adaptadores externos que suelen soltarse o fallar. De esta manera, se asegura una conexión universal y estable para cualquier tipo de vehículo o carro de arrastre.

## DECLARACIÓN DE USO DE IA

Herramientas utilizadas.

Se utilizó la herramienta de inteligencia artificial ChatGPT (OpenAI).

Partes del trabajo donde se utilizó IA.

El uso de IA se aplicó exclusivamente en actividades de redacción y mejora de estilo, incluyendo:

- Reformulación de textos propios para mejorar claridad, coherencia, gramática, sintaxis y ortografía.
- Organización de párrafos y ordenamiento de ideas para mejorar la estructura interna de secciones y transiciones entre apartados.

Tipo de apoyo recibido.

La IA se empleó con funciones específicas:

- Sugerencias de redacción y edición de estilo (claridad y precisión del lenguaje).
- Revisión de coherencia y consistencia terminológica.
- Propuestas de reorganización de párrafos y ajustes de estructura (sin modificar el contenido técnico).

Límites del uso de IA.

Se declara explícitamente que NO se utilizó inteligencia artificial para:

- Generar datos empíricos o resultados de ensayos.
- Inventar, falsificar o modificar referencias bibliográficas.
- Fabricar resultados, tablas, mediciones o conclusiones.
- Sustituir análisis reales (cálculos, pruebas, validaciones o análisis estadísticos).
- Elaborar interpretaciones automáticas sin revisión crítica.

### Responsabilidad académica

Yo, Lucas Esteban Ramirez Pizarro, declaro que todo el contenido final, análisis, resultados y conclusiones son de su exclusiva autoría y responsabilidad académica, habiendo utilizado la inteligencia artificial únicamente como herramienta de apoyo. La declaración firmada se presenta en el anexo 12.

## ANEXOS

*Anexo 1:* Dimensiones de conectores según norma ISO 1724:2003.

<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/30212/a3f1896ac84d44a4b560a81e3fcfeeb/ISO-1724-2003.pdf>

*Anexo 2:* Planos de conjunto y despiece.

[Planos](#)

*Anexo 3:* Demostración funcional del prototipo virtual.

<https://www.youtube.com/watch?v=3ZboRe-3nF4>

*Anexo 4:* Prueba de desarme conector macho estándar ISO 1724.

<https://youtube.com/shorts/kcW-t32VxvQ>

*Anexo 5:* Prueba de desarme conector macho prototipo.

<https://youtube.com/shorts/952BPtceC7U>

*Anexo 6:* Prueba de montaje prototipo rediseño.

<https://youtube.com/shorts/A9RTiwDJwSY>

*Anexo 7:* Prueba de compatibilidad entre conector estándar ISO 1724 y prototipo

*Anexo 7:* Prueba de acople prototipo tapa de conector hembra/conector macho estándar.

<https://youtube.com/shorts/px5k4Jgx1e8>

*Anexo 8:* Prueba de acople prototipo conector macho/conector hembra convencional)

<https://youtube.com/shorts/mJo27ukpL9s>

*Anexo 9:* Prueba de tracción a conector macho y hembra estándar (sin tapa de seguridad).

<https://youtube.com/shorts/x5-ZKTFpNC0>

*Anexo 10:* Prueba de tracción a prototipo conector macho con tapa de seguridad.

<https://youtube.com/shorts/CGPavdpTlhY>

*Anexo 11:* Prueba de entrada de contaminantes (agua) conector estándar.

<https://youtube.com/shorts/Zt1cfMNRORU>

*Anexo 12:* Prueba de entrada de contaminantes (agua) prototipo.

[https://youtube.com/shorts/\\_Mu12GGaH4](https://youtube.com/shorts/_Mu12GGaH4)

*Anexo 13:* Declaración de uso de IA

[Declaración académica uso IA Lucas Ramirez.pdf](#)

## REFERENCIAS

Akao, Y. (1990). Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design. Productivity Press. <https://www.sciepub.com/reference/151230>

Altshuller, G. (1996). And Suddenly The Inventor Appeared: TRIZ, The Theory of Inventive Problem Solving. <https://archive.org/details/and-suddenly-the-inventor-appeared-triz-the-theory-of-inventive-problem-solving->

Amphenol Socapex. (2025). Carcasas traseras metálicas - Accesorios. <https://www.amphenol-socapex.com/es/products/io-connectors/accessories/metallic-backshells>

Asana. (s.f.). Análisis FODA: Qué es y cómo hacerlo paso a paso. <https://asana.com/es/resources/swot-analysis>

Auto en Regla. (s.f.). Guía completa sobre el esquema del conector de 13 pines: todo lo que necesitas saber. <https://autoenregla.es/conector-13-pines-esquema/>

Autofact. (2025). Balance del mercado automotor de Chile: Nuevos y usados. <https://staging.autofact.cl/blog/comprar-auto/mercado/mercado-automotor-chile>

AXF Chile. (s.f.). Kit eléctrico universal centralita. <https://axfchile.cl/product/kit-electrico-universalcentralita/>

Boat Bliss Blog. (2024). Las luces del remolque no funcionan. <https://boatblissblog.com>

Boat Bliss Blog. (2025). Guía esencial de cableado de luces del remolque: conexión, solución de problemas y mantenimiento. <https://boatblissblog.com/es/guia-de-cableado-de-luces-delremolque/>

BoatBlissBlog. (s.f.). Guía de cableado de luces del remolque. <https://boatblissblog.com/es/guia-de-cableado-de-luces-del-remolque/>

Boughton, P. (2013). Sealed connector and cable solutions for harsh environments. EngineerLive. [https://www.engineerlive.com/content/23024?utm\\_source=c](https://www.engineerlive.com/content/23024?utm_source=c)

Brunson, C. (2025). *Esquema de cableado del enganche de remolque*. FuelFlowPro. <https://fuelflowpro.com/es/esquema-de-cableado-del-enganche-de-remolque/>

Brico Auto. (2024). *Guía completa: Conectores de 7 y 5 pines para remolques*. <https://bricoauto.es/guia-completa-conectores-de-7-y-5-pines-para-remolques/>

Cámara de Comercio Automotriz de Chile (CAVEM). (2025). *Anuario Estadístico Automotor 2024*. <https://www.cavem.cl/informesmercado/anuario-estadistico-automotor-2024>

Cámara Nacional de Comercio Automotriz de Chile. (2024). *Informe Mercado Automotor 2024*. CAVEM. <https://www.cavem.cl/informes/685ab50dcfca3.pdf>

Canadian Centre for Occupational Health and Safety. (2025, August 28). *Pushing and pulling – general*. <https://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/push1.html>

Cano, P. (2024). *Guía completa: conectores de 7 y 5 pines para remolques*. Brico Auto. <https://bricoauto.es/guia-completa-conectores-de-7-y-5-pines-para-remolques/>

Carromet. (s.f.). *Carros de arrastre y remolques metálicos*. <https://www.carromet.cl/>

Carros del Maule. (s.f.). *Remolques y carros de arrastre*. <https://www.carrosdelmaule.cl/>

Chile. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (2006). Decreto Supremo N.º 22, de 2006: Dispone requisitos que deben cumplir los sistemas de frenos, luces, señalizadores, aparatos sonoros, vidrios, dispositivos de emergencia y rueda de repuesto con que deberán contar los vehículos motorizados. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=249803>

Club SEAT León. (s.f.). *Problemas eléctricos con enganche de remolque*. <https://www.clubseatleon.net/viewtopic.php?t=105137>

Conqueror 4x4. (s.f.). *Conqueror 4x4 Chile*. <https://conqueror4x4.cl/>

Consuunt. (s.f.). *SCAMPER Model explained with lots of Helpful Real Examples*. <https://www.consuunt.com/scamper-model/>

Designorate. (2022). A Guide to the SCAMPER Technique for Design Thinking. <https://www.designorate.com/a-guide-to-the-scamper-technique-for-creative-thinking/>

Designorate. (2024). SCAMPER Technique Examples and Applications. <https://www.designorate.com/scamper-technique-examples-and-applications/>

Eigen Engineering. (s.f.). Importance of OEM automotive electrical wiring connectors. <https://www.eigenengineering.com/importance-of-oem-automotive-electrical-wiring-connectors/>

Electronic Design. (2017). Connectors' locking mechanism features audible click. <https://www.electronicdesign.com/news/products/article/21795666/connectors-locking-mechanism-features-audible-click>

Electropreguntas. (s.f.). Los Diferentes Tipos De Conectores Eléctricos Automotrices Y Su Uso. <https://electropreguntas.com/los-diferentes-tipos-de-conectores-electricosautomotrices-y-su-uso/>

Electros Tomathouse. (2025). Diagrama de cableado del remolque: clavija 7, clavija 13 y clavija 15. <https://electros.tomathouse.com/es/wiring/rozetki-i-vyklyuchateli/shema-rozetki-pritsepa>

Erich Jaeger. (2025). Sistemas de conexión para remolques y vehículos remolcadores. <https://www.erich-jaeger.com/es/productos/lista/sistemas-de-conexion-para-remolques-y-vehiculosremolcadores>

Erich Jaeger. (s.f.). Conectores de remolque de 7 clavijas y 12 V según ISO 1724 - Tipo N. <https://www.erich-jaeger.com/es/products/standards/iso-1724-type-n>

HDI Seguros. (2023) requisitos que deben cumplir los carros de arrastre en Chile. <https://www.hdi.cl/blog-auto-modo-seguro/3-requisitos-que-deben-cumplir-los-carros-de-arrastreen-chile/>

IdeaScale. (2023). ¿Qué es la innovación? Definición, tipos, ejemplos y proceso. <https://ideascale.com/es/blogs/que-es-la-innovacion/>

i-mas Design. (s.f.). 4 metodologías clave en el diseño de producto. <https://imas.com/metodologias-clave-en-diseno-de-producto/>

Ingeniería y Desarrollo. (2024). Resultado de la competencia por mantener y/o mejorar su posición en los mercados a nivel mundial. Redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/852/85216005.pdf>

Ingenierizando.com. (2025). Corriente, voltaje y resistencia (ley de Ohm). <https://www.ingenierizando.com/electronica/corriente-voltaje-y-resistencia/>

International Organization for Standardization. (2003). ISO 1724:2003 — Road vehicles — Connectors for the electrical connection of towing and towed vehicles — 7-pole connectors (12 V). <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/30212/a3f1896ac84d44a4b560a81e3fcfeeb/ISO-1724-2003.pdf>

International Organization for Standardization. (2012). ISO 11446-1:2012—Road vehicles — Connectors for the electrical connection of towing and towed vehicles — Part 1: 13-pole connectors for vehicles with 12 V nominal supply voltage not intended to cross water fords. <https://www.iso.org/standard/51374.html>

Jain, N. (2023). ¿Qué es la innovación? Definición, tipos, ejemplos y proceso. Ideas calé. <https://ideascale.com/es/blogs/que-es-la-innovacion/>

JDElectricos.com.co. (2021). Magnitudes eléctricas: voltaje, resistencia, intensidad, energía y potencia. <https://jdelectricos.com.co/magnitudes-electricas-energia/>

Kingdaflex. (2024). SAE vs NPT: ¿Cuáles son las diferencias entre ellos? <https://kingdaflex.com/es/saevs-npt/>

Ley N°18.290. (1984). Ley de Tránsito. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar/imprimir?idNorma=8894&idParte=>

Littelfuse. (s.f.). 7-Pole sockets and plugs (ISO 1724); Catálogo de conectores automotrices. <https://www.littelfuse.com/products/switches-connectors/vehicle-connectors/sockets-plugs/7-pole-sockets-plugs>

Littelfuse. (s.f.). 13-Pole 12V sockets and plugs (ISO 11446); Catálogo de conectores automotrices. <https://www.littelfuse.com/products/switches-connectors/vehicle-connectors/sockets-plugs/13-pole-sockets-plugs/13-pole-12v-sockets>

Metalbert Ltda. (s.f.). Remolques y carros de arrastre. <https://www.metalbert.cl/>

Metalcar. (s.f.). Adaptador Ford Ranger 2024. <https://www.metalcar.cl/product/adaptador-ford-ranger2024>

Mingenio. (s.f.). *Carro de arrastre 2000 kg para transporte de autos.* <https://mingenio.cl/products/carro-de-arrastre-2000kg-para-transporte-de-autos>

Miller, B. (2023, 20 de noviembre). *Common causes for trailer lights not working.* Big Tex Trailer World. <https://www.bigtextrailerworld.com/es/blog/common-causes-for-trailer-lights-not-working/>

Miunske. (s.f.). Trailer plug 12 V 13-pole (ISO 11446) screw type with cable gland [Ficha técnica]. <https://miunske.com/en/product/trailer-plug-12v-13-pole-plug-iso-11446-screw-type-cable-gland-for-cable-diameter-11-4-14mm>

MP Cars. (s.f.). Módulo eléctrico para carro de arrastre. <https://www.mpcars.cl/producto/modulointerfaz/>

Mundo Remolque. (s.f.). Cable de 7 hilos para remolque. <https://mundoremolque.com/cablede-7-hilos-para-remolque/>

MundoMarítimo. (2015). Remolques y semirremolques: los grandes actores de la carga carretera. <https://www.mundomaritimo.cl/noticias/remolques-y-semirremolques-los-grandes-actoresde-la-carga-carretera>

Pacer Group. (2024). Benefits of environmentally sealed connectors. <https://www.pacergroup.net/pacer-news/benefits-of-environmentally-sealed-connectors/>

PacLights. (n.d.). Electrical connectors waterproof: essentials, what every electrical engineer should know. <https://www.paclights.com/explore/electrical-connectors-waterproof-essentials-what-every-electrical-engineer-should-know/>

Phoenix Contact. (2024). Robust circular connectors for signals and power. <https://www.phoenixcontact.com/en-us/robust-circular-connectors-for-signals-and-power>

Polycase. (n.d.). IP68 vs. IP69: A guide to waterproof ratings and protection. <https://www.polycase.com/techtalk/ip-rated-enclosures/ip68-vs-ip69.html>

QuestionPro. (s.f.). Modelo Kano: Qué es, cómo funciona y cómo aplicarlo. <https://www.questionpro.com/blog/es/modelo-kano/>

QuickParts. (s.f.). 7-Pin Plug, Standard ISO 1724, Contact termination screw contact [Ficha técnica]. <https://quickparts.mobi/product/7-pin-plug-standard-iso-1724-contact-termination-screw-contact>

Remolques para Coches. (s.f.). *Esquema universal de enchufes para remolques*. <https://www.remolquesparacoches.es/esquema-enchufes>

RS Group. (s.f.). Connector CPC plug series 4-28-22 [Ficha de producto]. TraceParts. [https://www.traceparts.com/es/product/rs-group-connector-cpc-plug-series-4-28-22?CatalogPath=RS\\_COMPONENTS%3APSF\\_435583&Product=10-15062010-163382](https://www.traceparts.com/es/product/rs-group-connector-cpc-plug-series-4-28-22?CatalogPath=RS_COMPONENTS%3APSF_435583&Product=10-15062010-163382)

SM Carros. (s.f.). Carros de arrastre y remolques. <https://www.smcarrros.cl/>

StrongFlex. (2024). ¿Qué son los accesorios SAE? (Guía completa). <https://www.strongflex.com/es/what-are-sae-fittings/>

Superintendencia de Seguridad Social. (s.f.). SOAP: Seguro Obligatorio de Accidentes Personales. <https://www.suseso.gob.cl/612/w3-propertyvalue-99586.html>

Transport Canada. (2024). Motor Vehicle Safety Regulations, C.R.C., c. 1038. [https://lawslois.justice.gc.ca/eng/regulations/C.R.C.,\\_c.\\_1038/](https://lawslois.justice.gc.ca/eng/regulations/C.R.C.,_c._1038/)

UNE. (2013). UNE-ISO 1724:2013 Vehículos de carretera. Conectores para uniones eléctricas entre vehículos tractores y vehículos remolcados. Conector de 7 bornes de tipo 12 N (normal) para vehículos con tensión nominal de 12V. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tunorma/norma?c=N0051299>

Userpilot Team. (2025). Product redesign: A step-by-step guide. Userpilot. <https://userpilot.com/blog/product-redesign/>

Yacuzzi, E., & Martín, F. (2001). QFD: Conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos. Universidad del CEMA. <https://ucema.edu.ar/publicaciones/download/documentos/234.pdf>

ZW Cable. (2023). Cable de Remolque: Especificaciones y Guía para el Cableado de Remolques. <https://es.centralwires.com/cable-de-remolque-especificaciones/>