

# TAP-BARCENA-2025tur.docx

 My Files

 My Files

 Centro de Altos Estudios Nacionales

---

## Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::8165:501982925

Fecha de entrega

22 sep 2025, 11:17 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

7 oct 2025, 11:34 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

TAP-BARCENA-2025tur.docx

Tamaño del archivo

7.2 MB

46 páginas

7187 palabras

43.096 caracteres

# 8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**  
158 caracteres sospechosos en N.º de páginas  
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## Fuentes principales

- 7% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.iestpffaa.edu.pe	1%
2	Internet	todosloshechos.es	<1%
3	Internet	www.coursehero.com	<1%
4	Internet	regueira.campuseina.com	<1%
5	Internet	www.gluseum.com	<1%
6	Trabajos entregados	Universidad San Francisco de Quito on 2024-05-19	<1%
7	Trabajos entregados	Universidad Internacional del Ecuador on 2022-06-10	<1%
8	Internet	repository.unab.edu.co	<1%
9	Internet	quieora.ink	<1%
10	Internet	www.wikihow.com	<1%
11	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%

12	Trabajos entregados	Loughborough University on 2024-01-25	<1%
13	Trabajos entregados	Bahrain Polytechnic on 2021-11-29	<1%
14	Trabajos entregados	Obudai Egyetem on 2024-05-15	<1%
15	Trabajos entregados	UNITEC Institute of Technology on 2024-10-31	<1%
16	Internet	docplayer.es	<1%
17	Internet	mechanswers.com	<1%
18	Internet	repobib.ubiobio.cl	<1%
19	Trabajos entregados	Hogeschool Rotterdam on 2023-11-13	<1%
20	Trabajos entregados	Universidad TecMilenio on 2024-01-19	<1%
21	Internet	ouci.dntb.gov.ua	<1%
22	Internet	lookformedical.com	<1%
23	Publicación	Mauricio Lineros Rosa. "Photoremovable protecting groups for carbonyl compou...	<1%
24	Internet	idoc.pub	<1%
25	Internet	indoorwaterpark.blogspot.com	<1%

26	Internet	pesquisa.bvsalud.org	<1%
27	Internet	www.elgaronline.com	<1%
28	Trabajos entregados	Harper Adams University College on 2025-06-17	<1%
29	Internet	documentop.com	<1%
30	Internet	dspace.vut.cz	<1%
31	Trabajos entregados	pontificiabolivariana on 2024-02-05	<1%
32	Internet	shop.univision.com	<1%
33	Internet	viprecetas.com	<1%
34	Internet	www.autoemporio.com	<1%
35	Internet	es.scribd.com	<1%

# **Instituto de Educación Superior Tecnológico Público**

**“De las Fuerzas Armadas”**



## **TRABAJO DE APLICACIÓN PROFESIONAL**

**"REPARACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN PARTE POSTERIOR PARA LA RECUPERACIÓN DEL VEHÍCULO TOYOTA HIACE DE 1998 EN EL TALLER DEL IESTPFFAA-2025".**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL TÉCNICO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**PRESENTADO POR:**

**BÁRCENA HUAMÁN, ROYLIMA**

**PERÚ**

**2025**

### Dedicatoria

A mi madre, cuya voz firme y mirada serena me guiaron incluso en los momentos más duros. Ella me enseñó que el sacrificio, cuando nace del amor, se convierte en fuerza. A mi padre, que con sus manos incansables me mostró que la dignidad se construye trabajando. Aunque hoy estoy lejos de mi tierra, cada paso que doy en este oficio, cada suspensión reparada, lleva el peso y el orgullo de sus enseñanzas. Este logro también es suyo.

### Agradecimientos

En primer lugar y como creyente católico agradezco a Dios, por brindarme la fortaleza y la perseverancia necesarias para culminar este trabajo aplicativo.

23 A mis padres, por su apoyo incondicional a la distancia y por inculcarme los valores de responsabilidad y esfuerzo que me han permitido avanzar en mi formación profesional.

1 Al Instituto de Educación Superior Tecnológico Público de las Fuerzas Armadas (IESTPFFAA), por brindarme la oportunidad de formarme en mi vocación, donde pude

desarrollar y aplicar mis conocimientos en los diferentes laboratorios y talleres de práctica para la realización de este trabajo aplicativo.

A mis docentes quienes me asesoraron en el desarrollo técnico y redacción del informe final, por compartir sus experiencias y tener la paciencia al guiarme en cada etapa del proceso, motivándome a superar dificultades y a mejorar mis técnicas en mecánica automotriz.

A mis compañeros de estudios que en su momento supe dejarme guiar para realizar las prácticas de taller, sus consejos y la paciencia de cada jornada en el taller, hicieron posible el crecimiento de mi experiencia. Gracias a su apoyo y compañerismo.

## Resumen

El presente trabajo de aplicación profesional aborda la reparación del sistema de suspensión trasera de una Toyota Hiace de 1998, con el propósito de recuperar su operatividad y garantizar su uso como vehículo de instrucción en el Instituto de Educación Superior Tecnológico Público de las Fuerzas Armadas (IESTPFFAA). La metodología desarrollada incluye el diagnóstico de fallas frecuentes en ballestas, bujes, abrazaderas y amortiguadores, así como la aplicación de técnicas de desmontaje, limpieza, restauración y reacondicionamiento de componentes. Se enfatizó la importancia del cumplimiento de medidas de seguridad en cada etapa, además del uso de herramientas adecuadas y procedimientos estandarizados. La intervención realizada permitió restablecer las condiciones estructurales de la suspensión, mejorando la estabilidad, la seguridad y la confiabilidad del vehículo. Este trabajo constituye una experiencia práctica que fortalece la formación de los estudiantes de mecánica automotriz, al aplicar conocimientos teóricos en un caso real de recuperación vehicular, contribuyendo tanto al aprendizaje técnico como a la conservación del parque automotor institucional.

## Introducción

La suspensión constituye uno de los sistemas fundamentales de un vehículo, al ser responsable de mantener la estabilidad, la seguridad y el confort durante la conducción. En particular, la Toyota Hiace de 1998, utilizada como unidad de instrucción en el IESTPFFAA, presentó un deterioro significativo en su suspensión trasera, lo que afectaba su funcionalidad y representaba un riesgo para su operación. Ante esta problemática, se planteó como objetivo general establecer y aplicar las técnicas adecuadas de reparación de la suspensión posterior, recuperando así la capacidad operativa del vehículo.

Este trabajo integra tres dimensiones: en primer lugar, la teórica, que describe los principios de funcionamiento de las suspensiones rígidas con ballestas y amortiguadores bitubo; en segundo lugar, la técnica, centrada en el diagnóstico, desmontaje y reparación de los componentes; y finalmente, la aplicada, que consiste en documentar los resultados y generar conclusiones útiles para la enseñanza. Con ello, se busca no solo devolver la operatividad al vehículo, sino también ofrecer a los estudiantes un ejemplo práctico de mantenimiento correctivo, promoviendo competencias en la reparación de sistemas de suspensión automotriz y reforzando el vínculo entre la teoría y la práctica profesional.

16



# **Capítulo I**

## **Determinación del Problema**

## 1.1. Formulación del problema

El problema se origina en el deterioro de la suspensión trasera de la Toyota Hiace 1998 utilizada como vehículo de instrucción en el IESTPFFAA, lo que impide su uso académico y práctico. La pérdida de rigidez de las ballestas, el desgaste de bujes y la presencia de óxido en los componentes redujeron la estabilidad y seguridad del vehículo. Esta situación limita la disponibilidad de una herramienta pedagógica esencial para la formación de los estudiantes en mecánica automotriz. Por ello, se requiere aplicar técnicas de reparación que permitan recuperar la operatividad y prolongar la vida útil de la unidad.

### 1.1.1 Problema general

4 ¿Cuáles son las técnicas adecuadas de reparación del sistema de suspensión parte posterior para la recuperación del vehículo Toyota HIACE de 1998 en el taller del IESTPFFAA-2025?

### 1.1.2 Problemas específicos:

4 ¿Cuáles son las técnicas vigentes aplicables para mantenimiento y reparación del sistema de suspensión parte posterior que permitirá la recuperación del vehículo Toyota HIACE de 1998 desarrollado en el IESTPFFAA-2025?

4  
1 ¿Cuáles son las técnicas vigentes aplicables para la prueba de rendimiento post reparación del sistema de suspensión parte posterior que determinen la recuperación del vehículo Toyota HIACE de 1998 desarrollado en el IESTPFFAA-2025?

## 1.2. Objetivos:

### 1.2.1 Objetivo General

4 Establecer y aplicar las técnicas adecuadas de reparación del sistema de suspensión parte posterior para la recuperación del vehículo Toyota HIACE de 1998 en el taller del IESTPFFAA-2025.

### 1.2.2 *Objetivos Específicos:*

4 Establecer y aplicar las técnicas vigentes aplicables para mantenimiento y reparación del sistema de suspensión parte posterior que permitirá la recuperación del vehículo Toyota HIACE de 1998 desarrollado en el IESTPFFAA-2025.

4 Establecer indicadores de rendimiento vigentes para la aplicación de pruebas posterior al mantenimiento y reparación del sistema de suspensión parte posterior que determinará la recuperación del vehículo Toyota HIACE de 1998 desarrollado en el IESTPFFAA-2025.

### 3 1.3. **Justificación**

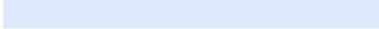
31 El presente trabajo tiene como finalidad la recuperación del vehículo Toyota HIACE de 1998, el cual se encuentra inoperativo en los establecimientos del taller de mecánica automotriz del IESTPFFAA. Para lograr este objetivo, se establecerán técnicas vigentes de mantenimiento y reparación del Sistema de suspensión parte posterior, permitiendo que el vehículo vuelva a ser funcional y pueda ser utilizado como vehículo de transporte y módulo de instrucción en beneficio del alumnado y otros usuarios del instituto.

3 La principal función de este módulo es servir como material de entrenamiento para el desarrollo de prácticas de taller en mecánica automotriz, proporcionando a los estudiantes una plataforma práctica para la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades técnicas en la reparación y mantenimiento de sistemas de suspensión en vehículos.

3 Es posible realizar este trabajo aplicativo porque se cuenta con acceso a información técnica del fabricante, respaldo de fundamentos teóricos del sistema y la infraestructura necesaria en los laboratorios y talleres del instituto. Además, se dispone del apoyo y la asesoría de docentes, técnicos y maestros mecánicos con experiencia, quienes contribuirán con sus conocimientos para alcanzar los objetivos planteados en este proyecto.

3 Asimismo, la reparación del Sistema de suspensión parte posterior del Toyota modelo Hiace permitirá que los estudiantes y egresados de la carrera de mecánica

34 automotriz puedan sugerir mejoras y conversiones de sus sistemas, como la implementación de modificaciones en la estructura de la suspensión para mejorar la estabilidad y confort u otros trabajos aplicativos que optimicen el funcionamiento y la presentación para la conservación del vehículo. De esta manera, se fomenta el desarrollo de propuestas que contribuyan con el desarrollo de técnicas de recuperación y mejora de vehículos.



**Capítulo II**  
**Marco Teórico**

## 2.1. Estado de Arte

El canal Cosmobiología Delta (24, agosto, 2021) edita un video tutorial mostrando una camioneta con el sistema de suspensión por ballestas, indicando la vigencia en la industria automotriz.

El autor describe que encontró que la camioneta presentaba una falla grave en la suspensión trasera: dos ballestas fracturadas como consecuencia de una sobrecarga excesiva. Esta condición comprometía la estabilidad del vehículo, su capacidad de carga y la seguridad en la conducción, por lo que se decidió reemplazar el conjunto completo de muelles, bujes y amortiguador. La reparación consistió en cambio de ballestas por rotura que incluyó bujes perno central, abrazaderas en U y los grilletes. Todos afectados por la fractura por sobrepeso.

Del trabajo de reparación se esperaba mejorar la estabilidad del vehículo, eliminar ruidos y vibraciones, y garantizar una conducción segura bajo carga. El uso de grasa en los bujes y la limpieza de pernos contribuyan a una instalación duradera y libre de corrosión.

El resultado obtenido fue la camioneta equipada con ballestas nuevas, bujes renovados y un amortiguador en óptimas condiciones. El sistema de suspensión trasera fue restablecido, permitiendo al vehículo operar con seguridad y eficiencia y se resume algunas recomendaciones para su mantenimiento preventivo:

- Verificar periódicamente el estado de las ballestas, especialmente en vehículos de carga.
- Evitar sobrecargas que excedan la capacidad estructural del chasis.
- Aplicar lubricación en bujes durante el montaje para prevenir ruidos y facilitar futuras intervenciones.
- Inspeccionar los pernos y componentes de fijación por presencia de óxido o desgaste.
- Reemplazar amortiguadores dañados para evitar desequilibrios en el sistema de suspensión.

Ballestas Gandia (desde 1949), es una empresa española dedicada al servicio de mantenimiento del sistema de suspensión tipo ballestas de vehículos industriales. Son más de 70 años ofreciendo soluciones en el rubro. Esa experiencia lo llevó a compartir en su página

web, toda información que guíe a sus clientes en los cuidados necesarios que deben considerar como conductores y guía de procedimientos de mantenimiento para mecánicos. De esta forma nos muestra la vigencia del sistema y las alternativas de solución para cada caso en la industria del transporte.

## 2.2. Sistema de Suspensión en Camionetas

### 2.2.1 *El Sistema de Suspensión.*

El sistema de suspensión está conformado por un conjunto de brazos hidráulicos regulables, puentes rígidos o semirrígidos y otro conjunto de elementos elásticos de metal que anclados y articulados con el chasis de la camioneta, hacen posible el contacto permanente de los neumáticos con la superficie de la carretera. Esta configuración del sistema hace posible que el conductor controle la dirección del vehículo, por otro lado, está la capacidad de absorción de los impactos de la superficie irregular de la carretera que recae sobre el neumático.

El diseño del sistema es para evitar las altas vibraciones en la carrocería, brindar la seguridad y el confort de los ocupantes, reducir los daños del material transportado y como ya se dijo, mantener la estabilidad en la conducción.

“La suspensión de ballesta es un sistema mecánico utilizado en vehículos comerciales, especialmente en camiones y furgonetas” (Ramos, J., 2025, 11 de febrero) y la camioneta Hiace no es la excepción.

### 2.2.2 *Sistemas de Suspensión Trasera*

Por su estructura, existen tres grupos de suspensión trasera de mayor comercialización en el mercado de vehículos industriales, los cuales son: Suspensión independiente, suspensión semiindependiente y suspensión dependiente o rígida:

- **Suspensión independiente.**

La suspensión independiente tiene un diseño avanzado que permite que cada rueda de un mismo eje se mueva verticalmente sin afectar el movimiento de la rueda opuesta, por ejemplo, en las ruedas delanteras. Este sistema se logra mediante la articulación especial de brazos de control, que guían el desplazamiento de cada rueda de forma autónoma.

“Las suspensiones independientes son las que nos darán las mejores prestaciones. Como su nombre indica, dará igual lo que una rueda haga, que no se transmitirá a la otra. Con eso ganamos confort y estabilidad” (Espíritu RACER., s.f.).

Sus características son:

- Reducción del peso de los elementos articulados llamados también, no suspendidos.
- Mejora en la maniobrabilidad de la dirección y el confort, en comparación con los demás grupos.
- Común en los sistemas McPherson, doble horquilla y multibrazo

### Figura 1

*Suspensión independiente posterior*



*Nota:* Suspensión independiente doble horquilla trasero de la marca Honda 2002. Tomado de *Técnica: sistemas de suspensión*, de Espíritu RACER. (s.f.), <https://espirituracer.com/archivos/2018/11/12-Paralelogramo-deformable-eje-trasero-Honda-NXS.jpg>

- **Suspensión semiindependiente o semirrígida.**

Este sistema de suspensión trasera combina elementos de suspensión independiente y dependiente. Las ruedas están conectadas por una viga elástica cuya torción forzada permite cierto grado de movimiento independiente, pero con influencia mutua a cada lado.

“La suspensión semi-independiente combina las mejores características de una compuerta dependiente y una compuerta multibrazo” (Sensor Automotriz, s.f.). Ambos trenes traseros pueden absorber el golpe vertical en las ruedas a través de palancas ancladas al cuerpo. Con momento de torsión elástico, la viga de conexión resiste la flexión.

Sus características son:

- Tienen el diseño en forma de “H” o “U”
- Utiliza brazos de arrastre por una viga o puente semi rígido.
- Se instalan en la suspensión trasera de algunos vehículos con tracción delantera.

## Figura 2

*Suspensión semirrígida posterior*



*Nota:* Estructura de la suspensión semirrígida en forma de “H”. Tomado de *¿Cómo funciona el sistema de suspensión rígida y semirrígida?*, de Flavio., s.f. <https://como-funciona.org/como-funciona-el-sistema-de-suspension-rigida-y-semirrigida/>

- **Suspensión dependiente o rígida**

7 En este sistema, las ruedas posteriores están unidas por un eje rígido. El movimiento de una rueda afecta directamente a la otra, esto se explica mejor, si decimos que el golpe que recibe cualquiera de las ruedas es absorbido por el puente, lo que provoca la vibración o rebote del conjunto.

2 “El término suspensión dependiente se refiere a cualquier sistema de suspensión de automóvil en el que las ruedas de un mismo eje se encuentren sólidamente unidas entre sí mediante un eje rígido, de modo que, tanto el desplazamiento vertical como el transversal de una sola rueda afecta al resto de las ruedas del eje” (AvtoTachki, 2022, mayo 26).

Sus características son:

- Alta resistencia estructural.
- Ideal para vehículos de carga y todoterreno.
- Menor confort, pero mayor durabilidad y capacidad de carga.

La camioneta Hiace es justamente un modelo de camioneta bastante utilizada en la industria del transporte de personal como de carga, y justamente tiene la suspensión trasera del tipo rígido con puente diferencial y ballestas, Lo que hace del vehículo simple y barato para su mantenimiento.

### Figura 3

#### Componentes de la suspensión posterior rígida



*Nota.* Componentes de la suspensión rígida tipo ballesta donde se muestran claramente los paquetes de hojas en forma de arco, de allí su nombre de ballesta. Foto propia.

#### 2.2.3 Tipos de Suspensión Trasera por Ballestas

- **Configuración base: Eje rígido con ballestas (leaf spring rigid axle)**

Se comprende entonces que el sistema de suspensión de la camioneta Hiace es del tipo rígido y de acuerdo con su manual, es de puente rígido con ballestas que también los denominan como muelle de hoja o resorte de láminas. Recalca que también se aplica hasta la actualidad, en las variantes de la camioneta ya sean de pasajeros o de carga.

Se caracteriza por su robustez, simplicidad y alta capacidad de carga. Brochures oficiales de Toyota continúan describiendo que para Hiace, la arquitectura “Rear: Leaf Spring – Rigid Axle” continúa siendo un diseño vigente para el vehículo de transporte de carga o pasajeros y defiende la capacidad en uso intensivo (Toyota Central, s. f.; Toyota Tanzania, s. f.).

## Figura 4

### *Suspensión de eje rígido con ballesta*



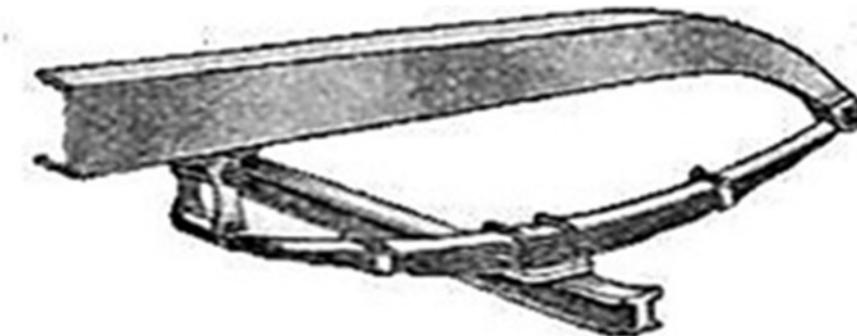
*Nota:* Configuración leaf spring rigid axle de la suspensión posterior, donde el paquete de hojas está ajustado con abrazaderas tipo "U" en el puente de transmisión rígida del vehículo. Extraído de [https://www.tnrcustoms.com/cdn/shop/files/1359\\_REV1\\_WEB3red\\_720x.jpg?v=1752857413](https://www.tnrcustoms.com/cdn/shop/files/1359_REV1_WEB3red_720x.jpg?v=1752857413)

- **Multilámina convencional (semi-elíptica)**

La ballesta multilámina (varias hojas de acero superpuestas, sujeta por pernos en el eje y abrazaderas en el paquete) es la presentación más común en vans (camioneta de personal) y pickups: aporta durabilidad, control del eje y bajo costo de mantenimiento; su fricción interlaminar ayuda a amortiguar, y su alta resistencia a la deformación elástica puede aproximarse a lineal con cierta progresividad bajo carga. Para la actualidad esta solución sigue siendo aplicada en vehículos comerciales por sus prestaciones en resistencia y mantenimiento sencillo (CarParts.com, 2025; Owen Springs, 2024). Existe también una versión de paquetes de muelles de ballesta para la van Hiace.

## Figura 5

### *Versión liviana de ballestas y puente rígido*



*Nota:* La multilámina semielíptica instalada en una versión de transporte libiano. Tomado de <https://www.ottw.es/ottw/img/glosario/ballesta%20semiel%C3%ADptica.jpg>

- **Paquete de dos etapas con hoja auxiliar integrada (overload leaf)**

Otra presentación comercial de la suspensión rígida trasera es el paquete de dos etapas: conserva el conjunto progresivo principal y añade una hoja auxiliar (“overload”), esto es para las camionetas que trabajan en caminos difíciles, que exige mayor deflexión, para elevar la capacidad de carga manteniendo comodidad razonable en vacío. Es típico en ejes traseros de trabajo para incrementar la carga útil sin rediseñar el chasis (MotorTrend, 2011). Esta es una configuración alternativa propuesta por los fabricantes de ballestas como solución para Vans y camionetas. Describen estas hojas auxiliares como solución específica para picos de carga en flotas y remolque (LeafSprings198, 2023).

**Figura 6**

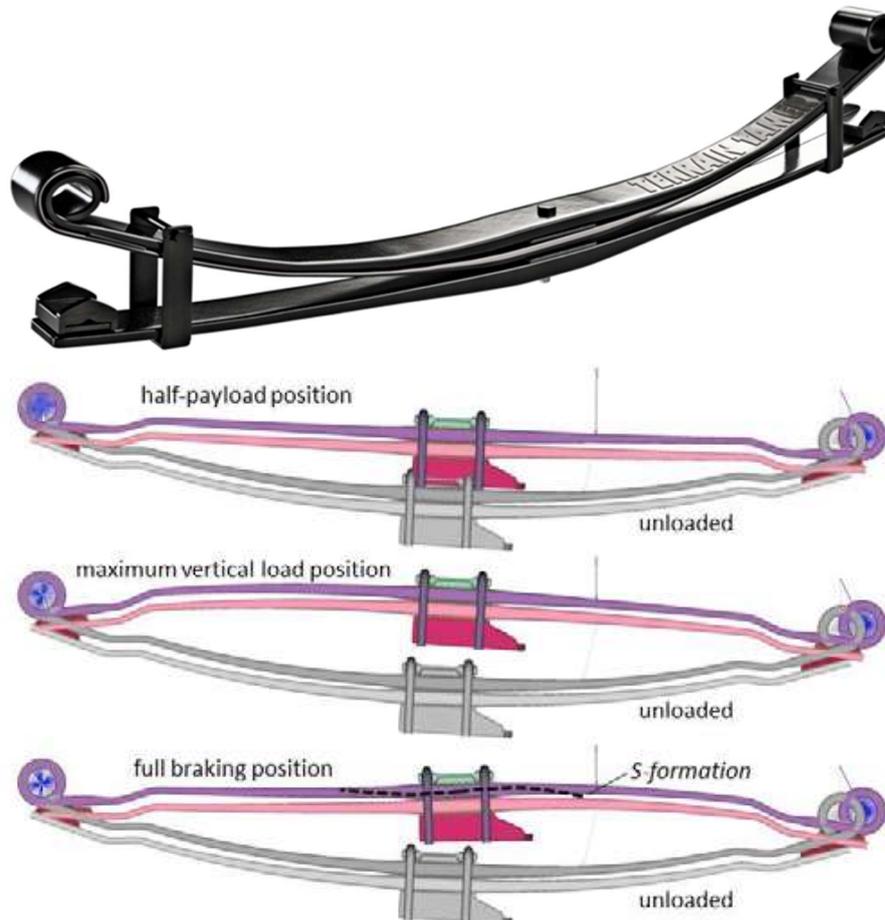
*Ballesta con hoja auxiliar (alternativa industrial)*



*Nota:* Propuesta comercial con la instalación de un paquete de hojas agregando la hoja auxiliar (“overload”) visto en la parte superior del grupo. Tomado de *StableLoad Suspension Upgrade (Lower Overload Application)* de Torklift International. (2023, 2 de febrero). <https://www.torklift.com/products/suspension/stableload-lower-overload?highlight=WyJ2aWRlbyIsInZpZGVvcyJd>

- **Ballesta parabólica (1–3 hojas, espesor cónico)**

Las parabólicas son resortes de ballestas más modernas. Están hechos de hojas mucho más gruesas por el centro y menos gruesas por los extremos. Es fácil de reconocerlas también porque el paquete instala las hojas con calzas que las separan desde el centro y unidos por los bordes o viceversa. La definición será de acuerdo al modelo del vehículo. La parabólica reduce el número de hojas y afina el espesor hacia los extremos; con ello disminuye peso no suspendido (30–40 %), es más sensible en vacío y mantiene capacidad de carga equivalente con menos masa. Es una presentación comercial muy utilizada para combinar confort y carga en vehículos de trabajo o expedición; la selección exige verificar topes y control de eje (por menor fricción interlaminar) (Hanson, J., 2023).

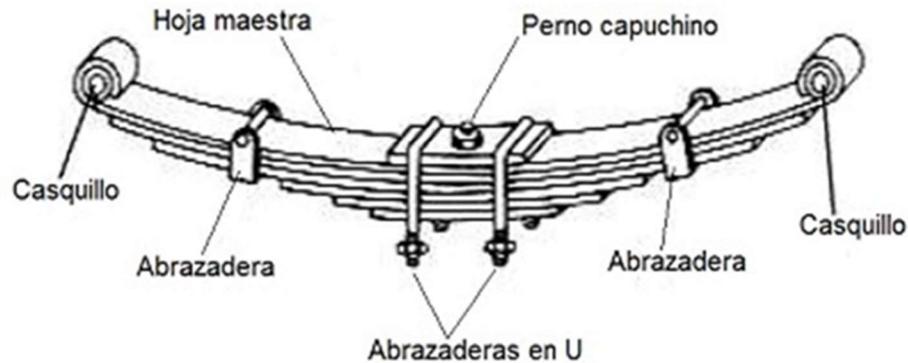
**Figura 7***Propuesta de ballesta parabólica*

Nota: Vista del paquete de hojas parabólicas. Tomado de *Parabolic springs: What exactly are they?*, por Hanson, J., 2023). [https://www.exploringoverland.com/overland-tech-travel/2023/9/14/parabolic-springs-what-exactly-are-they?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.exploringoverland.com/overland-tech-travel/2023/9/14/parabolic-springs-what-exactly-are-they?utm_source=chatgpt.com)

### 2.2.4 Introducción a la Tecnología del Sistema

El sistema de suspensión posterior de la Toyota Hiace 1998 es del tipo eje rígido con muelles de ballesta semielípticas longitudinales. Este diseño robusto y de gran durabilidad es ideal para vehículos comerciales destinados a soportar cargas variables.

Cada paquete de ballestas está compuesto por un conjunto de hojas de acero superpuestas y de longitudes decrecientes. Están diseñadas para absorber las irregularidades del camino, mantener la altura de manejo y soportar el peso del vehículo y su carga (Ramos, J., 2025, 11 de febrero).

**Figura 8***Componentes de la ballesta*

*Nota:* Componentes del paquete de hojas de la suspensión tipo ballesta. Tomado del Tutorial nº 73 “*Sistema de Suspensión en los Vehículos*” por Rodríguez Galbarro, H. (s.f) <https://ingemecanica.com/tutoriales/sistema-de-suspension-en-los-vehiculos.html>

- **Los componentes clave de este sistema incluyen:**

- Paquete de Ballestas (Muelle)
- Abrazaderas en U (U-Bolts)
- Perno central
- Bujes (Bocinas)
- Amortiguadores

- **Paquete de Ballestas (Muelle):**

Una ballesta es un resorte formado por una o varias hojas de acero elástico, que soporta la carga, controla el movimiento del eje rígido y, a la vez, sirve como elemento guiador (localiza el eje respecto al chasis). Permanece vigente por su robustez, capacidad de carga y simplicidad de mantenimiento. El mercado de ballesta se mantiene vigente y por ello existen muchos fabricantes que siguen desarrollando alternativas para nuestra camioneta.

Su función es que absorbe los impactos de la carretera sobre los neumáticos, para lo cual se presentan en diferentes configuraciones de acuerdo con las propuestas del fabricante y las necesidades del mercado.

Las ballestas se fabrican con aceros templados y revenidos, típicamente aleados con Cr-V o Si-Cr, aleaciones que la industria de los aceros ya las estandarizó para su producción (según normas EN, SAE y JIS). Ejemplos representativos:

51CrV4 (EN 1.8159): acero de muelles para temple y revenido, normalizado por EN 10089; ampliamente usado en hojas principales por su resistencia-fatiga.

Acero de muelles Cr-V de alta pureza (p. ej., Ovako para resortes): diseñado para alta resistencia, tenacidad y vida a fatiga en resortes automotrices.

51CrV4 (ficha de producto industria automotriz): proveedor siderúrgico detalla su utilización en muelles de suspensión.

### Figura 9

*Suspensión rígida Toyota Hiace*



*Nota:* Suspensión rígida de la Van Hiace, vista mejorada. Adaptado de *Hiace Brochure (rear: rigid leaf)*. De Toyota Central. (s. f.). [https://www.toyota-central.com/Assets/Brochure/HIACE-Brochure.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.toyota-central.com/Assets/Brochure/HIACE-Brochure.pdf?utm_source=chatgpt.com)

### Figura 10

*Ballestas Toyota Hiace*



*Nota:* Ballesta de la camioneta Hiace configurado para soporte de carga a diferencia de la propuesta original mostrada antes. Foto propia

- **Perno central**

El perno central es un elemento que fija la ballesta en el soporte del puente rígido estabilizando el desplazamiento longitudinal del paquete, es decir que, mantiene fijo el conjunto con el puente, al mismo tiempo detiene el desplazamiento longitudinal entre las mismas hojas, manteniéndolas el montaje unido.

La ubicación del perno no es precisamente en el centro longitudinal, por el contrario si está en el centro del ancho de las hojas.

### Figura 11

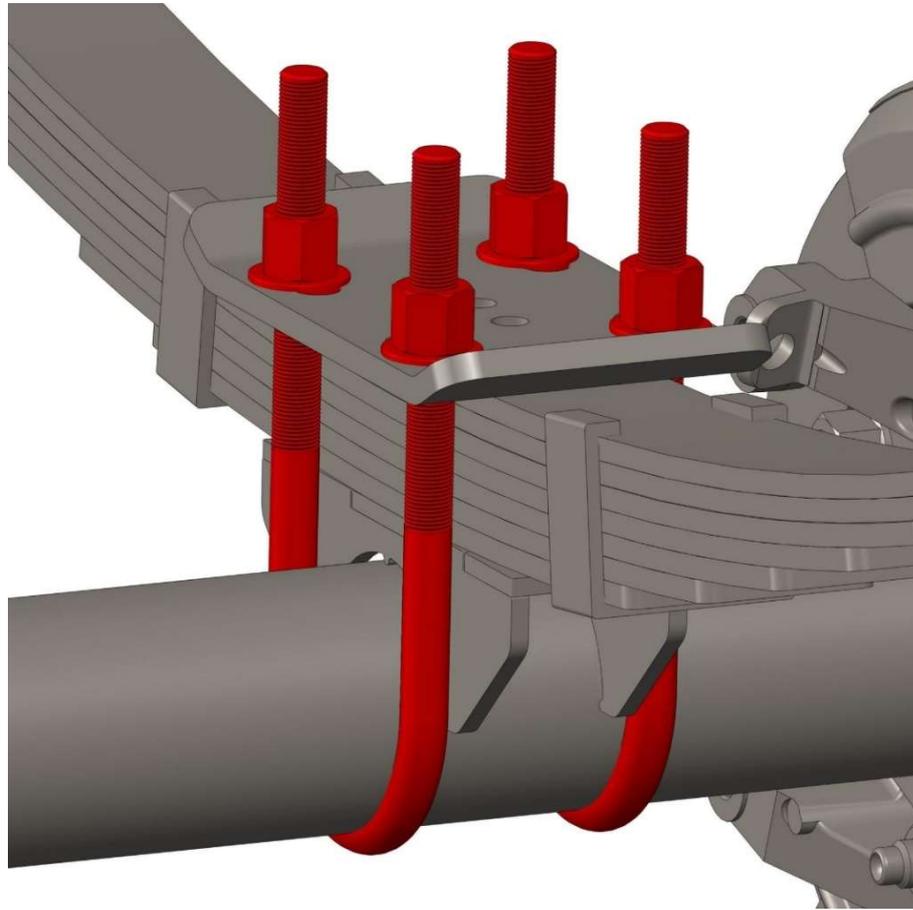
*Perno central del paquete*



*Nota:* La imagen muestra la ubicación del perno centra que evita el desplazamiento independiente de las hojas en el paquete. Tomado de *The Importance of Leaf Spring Centerbolts | One Minute Monday*, de EATON Detroit Spring, 2022. <https://youtu.be/fgQh54rPrh0?t=82>

- **Abrazaderas en U (U-Bolts):**

Las abrazaderas junto al perno central fijan el paquete de ballestas al eje trasero de la camioneta. Ambos elementos son complementarios, el primero ajusta la ballesta al puente fijando la cabeza del perno central en una cavidad en el soporte del puente, evitando de esta manera el desplazamiento lateral y transversal del paquete.

**Figura 12***Abrazaderas en "U"*

*Nota:* La imagen muestra en color rojo a las abrazaderas que junto al perno central fijan el paquete al puente. Tomado de *Leaf Spring Swap U Bolt*, de TMR Customs, 2023, [https://www.tmrcustoms.com/products/leaf-spring-u-bolt?pr\\_prod\\_strat=e5\\_desc&pr\\_rec\\_id=baad894f6&pr\\_rec\\_pid=3706954154061&pr\\_ref\\_pid=3706953531469&pr\\_seq=uniform](https://www.tmrcustoms.com/products/leaf-spring-u-bolt?pr_prod_strat=e5_desc&pr_rec_id=baad894f6&pr_rec_pid=3706954154061&pr_ref_pid=3706953531469&pr_seq=uniform)

5

- **Gemelas (Grilletes):**

El grillete es el elemento articulado que se instala entre el extremo posterior de la ballesta y el bastidor. Permiten la flexión longitudinal a medida que los neumáticos reciban los impactos de la carretera.

### Figura 13

#### *Gemelas (Grilletes deslizantes)*



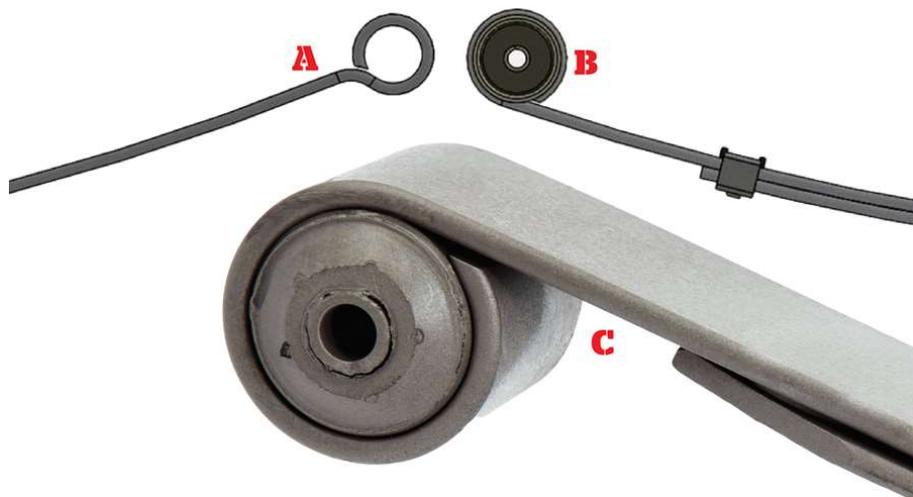
*Nota:* Las gemelas se muestran en el extremo derecho de la imagen. Tomado de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut73/fig9tut73.jpg>

- **Bujes (Bocinas):**

Accesorios de hule o poliuretano que están insertos en los ojos de la ballesta y en las gemelas, su función es absorber las vibraciones mientras al mismo tiempo que permiten el pivoteo del cuerpo de ballesta.

### Figura 14

#### *Buje de ballesta*



*Nota:* Buje, elemento elastico de goma o poliuretano que encaja en el ojal de la hoja que en este caso se muestra en la imagen B y C. Estos diagramas de Eaton Detroit Spring muestran las configuraciones comunes de los ojales en las ballestas (A. Ojo Berlín, B. Ojo estándar, C. Ojo inverso). Tomado de *Suspensión Basics Thing About Springs*, de Ceridono, R., 2022, [https://digital.modernrodding.com/previewissue/june-2022/all-about-oil-and-leaf-springs-for-your-car/?utm\\_source=chatgpt.com](https://digital.modernrodding.com/previewissue/june-2022/all-about-oil-and-leaf-springs-for-your-car/?utm_source=chatgpt.com)

### ○ Amortiguadores

Un amortiguador bitubo está formado por dos cilindros concéntricos: Está hecho por el tubo de trabajo donde se mueve el pistón con su vástago y el tubo de reserva que aloja el fluido excedente y la carga de gas para los que lo tengan. Es la arquitectura más común en autos, camionetas y SUV usados para la industria, por su bajo costo, robustez y buena capacidad de control para usos generales. (Monroe, s. f.).

Están compuestos por un pistón y conjunto de láminas que actúan principalmente en el momento de la fuerza en rebote y parte de compresión del muelle. Es el que ejerce presión sobre la hidráulica para desplazarlos a la segunda cámara. Actúan principalmente en el rebote del muelle luego que este se haya comprimido por un bache.

También tiene una válvula de base fija en el extremo inferior del tubo de trabajo; administra el flujo entre el tubo de trabajo y el de reserva, contribuyendo a la fuerza de compresión (KYB, s. f.).

### Figura 15

#### *Amortiguadores telescópicos bitubo*



*Nota:* Amortiguadores de la camioneta Hiace. Imagen propia

### 2.2.5 *Planteamiento de Procedimientos de Diagnóstico*

Un diagnóstico preciso es fundamental para un mantenimiento efectivo. Se debe proceder de manera sistemática, combinando la inspección visual con pruebas dinámicas del vehículo.

- **Síntomas Comunes de Falla:**

- **Inclinación del vehículo hacia un lado:** Una altura de manejo desigual, con una parte del vehículo más baja que la otra, puede indicar que una de las ballestas ha perdido su arco (vencido) o está rota.
- **Ruidos metálicos (golpeteos o crujidos):** Especialmente al pasar por baches o badenes, estos ruidos suelen ser síntoma de hojas de ballesta rotas, abrazaderas en U flojas o bujes desgastados.
- **Rebote excesivo en el eje trasero:** Si el vehículo oscila varias veces después de pasar por una irregularidad, es un indicativo claro de que las ballestas han perdido su capacidad de amortiguación o los amortiguadores están defectuosos.
- **Hundimiento excesivo bajo carga:** Si la parte trasera del vehículo desciende de manera desproporcionada al añadir peso, es una señal de fatiga y pérdida de capacidad de carga en las ballestas.
- **Desgaste irregular de los neumáticos:** Problemas en la suspensión pueden provocar un desgaste anormal en la banda de rodadura de los neumáticos traseros (Ballestas Gandía, 2025).

- **Procedimiento de Inspección Visual (con el vehículo elevado y asegurado):**

- **Inspección de las hojas de ballesta:** Busque fisuras, grietas o fracturas en cada una de las hojas del paquete. Preste especial atención a la hoja principal (Ballestas Gandía, 2025).
- **Verificación del arco:** Mida la altura desde el centro del eje hasta un punto fijo en el chasis en ambos lados. Una diferencia significativa indica una ballesta vencida. La medición de la altura de manejo se debe realizar en una superficie plana, midiendo desde el centro de la llanta hasta el borde del guardabarros (Suspensiones Sensa, 2021).

- Revisión de abrazaderas y pernos: Compruebe que todas las tuercas de las abrazaderas en U y los pernos de las gemelas estén apretados. La falta de torque es una causa común de fallas.
- Evaluación de los bujes: Inspeccione los bujes de los ojos de las ballestas y de las gemelas en busca de grietas, deformaciones o desgaste excesivo. El hule debe estar intacto y no mostrar juego excesivo.
- Estado de los amortiguadores: Verifique si hay fugas de aceite en los amortiguadores. Un amortiguador manchado de aceite es un indicativo de que ha perdido su fluido interno y, por lo tanto, su capacidad de amortiguación.

**Tabla 1**

*Determinación de problemas que provocan fallas*

<b>Problema Detectado</b>	<b>Causa Raíz Probable</b>	<b>Implicaciones en el Funcionamiento</b>
<b>Hoja de ballesta rota</b>	Fatiga del material por sobrecarga, corrosión, impacto severo.	Pérdida súbita de altura, inestabilidad del vehículo, ruidos metálicos fuertes, riesgo de daños a otros componentes.
<b>Ballesta vencida (pérdida de arco)</b>	Uso prolongado, sobrecarga habitual, fatiga del metal.	Reducción de la altura de manejo, rebote excesivo, desgaste de neumáticos, manejo inestable.
<b>Bujes desgastados</b>	Desgaste natural por movimiento y fricción, contaminación con aceite o grasa.	Ruidos (rechinidos o golpeteos), juego en la suspensión, desgaste de pernos, alineación incorrecta del eje trasero.
<b>Abrazaderas en U flojas</b>	Vibración, instalación incorrecta, estiramiento del material.	Desplazamiento del eje trasero, ruidos, desgaste de componentes, riesgo de pérdida de control del vehículo.
<b>Gemelas dañadas o con juego</b>	Desgaste en los puntos de pivote, corrosión, impacto.	Ruidos, manejo impreciso, desgaste irregular de neumáticos.

*Nota:* La siguiente información se basa en procedimientos estándar de la industria. Debido a la dificultad para acceder a un manual de taller específico para la Toyota Hiace de 1998, se recomienda encarecidamente consultar uno si está disponible para obtener los pares de apriete exactos y especificaciones del fabricante.

- **Reemplazo del Paquete de Ballestas**

Estos procedimientos son fundamentados en Cosmobiología Delta (2022):

- Elevación y Soporte: Eleve la parte trasera del vehículo y asegúrelo firmemente con torres de soporte colocadas en el chasis, permitiendo que el eje trasero cuelgue libremente.

24

- Soporte del Eje: Coloque un gato hidráulico debajo del diferencial para soportar el peso del eje trasero.
- Desmontaje del Amortiguador: Desconecte el anclaje inferior del amortiguador del eje.
- Retiro de Abrazaderas en U: Afloje y retire las tuercas de las cuatro abrazaderas en U que sujetan la ballesta al eje.
- Liberación de la Ballesta: Baje cuidadosamente el eje con el gato para separarlo de la ballesta.
- Desmontaje de Gemelas y Perno Delantero: Retire las tuercas y pernos que sujetan la gemela trasera y el perno del ojo delantero de la ballesta al chasis.
- Instalación: El proceso de instalación es el inverso al desmontaje. Es crucial no apretar completamente los pernos de las gemelas y del ojo delantero hasta que el vehículo esté de nuevo en el suelo con su peso normal. Esto asegura que los bujes no queden tensionados en una posición incorrecta.
- Torque: Aplique el par de apriete a las abrazaderas en U de forma cruzada y en etapas. Aunque no se disponga del valor exacto del fabricante, un procedimiento común es reapretar las tuercas después de los primeros 100-200 kilómetros de uso.

- **Reemplazo de Bujes:**

Para cambiar los bujes, se requiere desmontar la ballesta del vehículo. Una vez fuera, se necesitará una prensa hidráulica o herramientas extractoras específicas para remover los bujes viejos e instalar los nuevos. Es fundamental asegurarse de que los bujes nuevos sean del material y las dimensiones correctas para el vehículo (Cosmobiología Delta, 2022).

- **Ciclo de Mantenimiento de Sistemas o Accesorios**

- Un programa de mantenimiento preventivo es clave para extender la vida útil de la suspensión y garantizar la seguridad.
- Inspección Visual (Cada 6 meses o 10,000 km): Realizar una revisión de los puntos mencionados en la sección de diagnóstico. Comprobar la existencia de fisuras, deformaciones, fugas y el apriete de los componentes.
- Limpieza (Anual): Mantener los paquetes de ballestas libres de acumulación de lodo y suciedad, ya que esto puede retener humedad y acelerar la corrosión.

- Lubricación (Según sea necesario): Aunque muchos bujes modernos son libres de mantenimiento, si existen puntos de engrase, deben ser lubricados según las especificaciones.
- Revisión de Torque (Cada 20,000 km): Verificar el par de apriete de las abrazaderas en U, especialmente en vehículos que operan bajo condiciones severas o de carga pesada.

**Tabla 2**

*Cuadro comparativo de resultados esperados*

<b>Parámetro de Verificación</b>	<b>Sistema en Óptimas Condiciones (Esperado)</b>	<b>Sistema con Fallas (Resultados Anómalos)</b>
<b>Altura de Manejo</b>	Simétrica en ambos lados, dentro de las especificaciones del fabricante.	Inclinación visible hacia un lado; altura general reducida.
<b>Respuesta a Baches</b>	Absorción del impacto con una sola oscilación controlada.	Rebote excesivo (múltiples oscilaciones); se siente "suelto".
<b>Ruidos</b>	Operación silenciosa.	Crujidos, golpeteos metálicos, rechinos al flexionar la suspensión.
<b>Estabilidad en Curvas</b>	Inclinación de la carrocería moderada y controlada.	Excesiva inclinación de la carrocería; sensación de inestabilidad.
<b>Inspección Visual de Componentes</b>	Hojas de ballesta intactas, bujes sin grietas, abrazaderas firmes.	Hojas rotas o fisuradas, bujes agrietados o deformados, corrosión avanzada.

1

## **Capítulo III**

### **Desarrollo del Trabajo**

### 3.1. Finalidad

La finalidad del trabajo aplicativo es recuperar la operatividad de la suspensión trasera de la Toyota Hiace 1998, asegurando que el vehículo vuelva a cumplir condiciones de seguridad, estabilidad y confort. Con ello se garantiza su utilización tanto como medio de transporte institucional como también como módulo de práctica en la formación de los estudiantes de mecánica automotriz del IESTPFFAA.

### 3.2. Propósito

El propósito de la intervención es aplicar técnicas vigentes de mantenimiento y reparación al sistema de suspensión posterior, que incluyen diagnóstico, desmontaje, limpieza, reacondicionamiento y montaje de los componentes. Este proceso busca no solo restablecer la funcionalidad del vehículo, sino también brindar a los estudiantes una experiencia formativa integral, que refuerce la aplicación de conocimientos teóricos en un entorno práctico y real.

### 3.3. Componentes

La ejecución del trabajo consideró los siguientes componentes principales del sistema de suspensión trasera:

Paquete de ballestas (muelles): elemento elástico que soporta la carga y controla el movimiento del eje.

Abrazaderas en U (U-bolts): sujetan el paquete de ballestas al eje trasero, garantizando la fijación.

Perno central: mantiene alineadas las hojas de la ballesta y fija el conjunto al eje.

Gemelas o grilletes: permiten la flexión longitudinal de la ballesta y su articulación con el bastidor.

Bujes: insertos de caucho o poliuretano que absorben vibraciones y facilitan la articulación.

Amortiguadores bitubo: dispositivos hidráulicos que controlan el rebote de las ballestas y mejoran la estabilidad del vehículo.

### 3.4. Actividades Desarrolladas Para el Trabajo de Aplicación Profesional

Toyota Hiace de 1998

Para realizar el desacople de la ballesta del Toyota Hiace requiere tomar precauciones de seguridad y herramientas adecuadas que hacen eficiente el proceso.

Preparación:

- Seguridad: Se aseguró la camioneta correctamente. Se utilizaron elevadores más conocidos como lagarto. Se ubicaron los puntos de apoyo bajo el chasis y para levantarlo a una altura prudente se colocaron calzos en las ruedas delanteras, se colocaron los caballetes para poder ingresar por debajo y aflojar las tuercas y extraer las ballestas.
- Procedimiento de mantenimiento correctivo: una vez que se levantó la parte posterior de la camioneta se utilizó una escobilla manual de alambre para poder limpiar la acumulación de tierra y óxidos en los puntos de ajuste, en especial las tuercas y así aflojar cada lado de ambas ballestas y amortiguadores, una vez que quedó limpio, se procedió con el retirarlo las tuercas de amortiguador con los dados número 13 y 17 para su revisión, luego se extrajo el perno principal con un dado de número 17, al igual que la tuerca del perno doble, luego se retiró las tuercas de la abrazadera de ballesta con el dado número 19. Terminado la extracción de pernos y tuercas se extrajo la ballesta de cada lado de la camioneta.
- Desmontaje de ballesta: Para el desmontaje de las ballestas de la camioneta Hiace de 1998, Se extrajo la tuerca de sujeción de la abrazadera con el dado número 13, luego, se utilizó un cincel y una comba para poder abrir la abrazadera y así separar las hojas de ballestas.

## Figura 16

### *Ballestas desmontadas*



*Nota:* Muestra de los paquetes de ballestas desmontadas para realizar el plan de mantenimiento.

## Figura 17

### *Cepillado de las ballestas*



*Nota:* El diagnóstico de las hojas depende de la limpieza previa de la acumulación de polvo y óxido

- **Reparación:** Se desarmó las ballestas para poder hacer una limpieza consistente para el que se utilizó una escobilla manual de cerdas de acero para poder limpiar el óxido de las zonas de difícil acceso, para lo demás se empleó una escobilla de disco y amoladora para limpiar cada hoja de cada ballesta asta sacarlo todo el óxido de los dos paquetes luego hacer una medición de su altura de ballesta de la hoja madre.

## Figura 18

### *Despiece de las ballestas*



*Nota:* En esta parte se muestra el despiece de hojas del paquete de ballesta para evaluar el estado de conservación y ejecutar los procesos para el mantenimiento correctivo.

## Figura 19

### *Altura del arco de la ballesta madre*



*Nota:* Revisión de altura del arco de la hoja madre, es necesario recuperar la curva a 8 cm

- Una vez realizada la medida de altura se inició el copado de cada hoja madre de las ballestas con una comba de 12 quilos para que puedan aumentar la altura de cada muelle. Se aumentó la altura en 2 centímetros, hasta alcanzar la medida exacta de 8 centímetros en total, altura que se especifica para camionetas. Una vez terminada las verificaciones de altura se inició el mantenimiento general que consiste en el proceso de escobillado usando amoladora y escobilla de disco de cerdas de acero para retirar todo el óxido de las hojas de la ballesta.

## Figura 20

### *Copado de la hoja madre*



Nota: Técnica de copado en frío para la recuperación de altura de la hoja madre para carga ligera. Este copado devolverá el arco al cuerpo de ballesta.

- Terminado la eliminación de residuos de óxido de todas las ballestas y sus componentes de ajuste se cubrió con dos capas de pintura negra antioxidante. Este recubrimiento se realizó de manera uniforme, asegurando una adecuada protección contra la corrosión acelerada del muelle.

**Figura 21***Pintado de ballesta recuperada*

*Nota:* Muestra del cuerpo de ballesta recuperada. El pintado es especial para la protección contra oxidación.

- El procedimiento de armado de los paquetes de la ballesta se sujetó con su perno que corresponde ajustándolo con la turca y el dado número 13 por un lado y sujetando con alicate de presión por el otro extremo. Se colocó la abrazadera del muelle de cada lado de cada paquete y así para poder armarlo al bastidor de la camioneta. Se procedió a instalar los paquetes de ballesta al bastidor de la camioneta y colocar los pernos principales solo deje presentado los pernos con su tuercas de lado pernos principales y perno doble con la ayuda de una comba para que pueda encajar asu respectivas cavidades, Se procedió a colocar las 2 abrazaderas por cada paquete de muelle para ajustarlo con el dado número 19 y volver ajustar el perno principal y tanto el doble perno con sus respectivas tuercas con el número de dado 17 y la llave 17.

## Figura 22

*Montaje de las ballestas en el Van.*



### 3.5. Limitaciones:

- **Acceso restringido a manuales técnicos oficiales**

Durante el proceso no se contó con todos los valores de pares de apriete y especificaciones exactas del fabricante, por lo que algunos ajustes se realizaron siguiendo referencias generales de la industria y experiencia de taller, lo que limita la precisión técnica del procedimiento.

- **Reacondicionamiento en lugar de reemplazo de componentes**

Debido a la disponibilidad de recursos, se optó por limpiar, reacondicionar y arque ar las hojas de ballesta, en lugar de instalar repuestos nuevos. Esto representa una limitación, ya que los procesos de reacondicionamiento no siempre garantizan la misma durabilidad y seguridad que un reemplazo.

- **Ausencia de mediciones instrumentadas**

No se realizaron pruebas con instrumentos especializados (como banco de suspensión o mediciones de fatiga de materiales). La validación del resultado se basó en observación práctica, pruebas dinámicas simples y verificación de altura, lo que restringe el nivel de exactitud en los resultados.

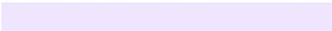
- **Condiciones del taller**

El trabajo se efectuó en un entorno académico con equipamiento básico. La ausencia de herramientas especializadas como prensas hidráulicas para bujes o dinamómetros de torque de alto rango limitó la aplicación de estándares industriales en algunos pasos.

- **Tiempo y alcance limitado**

El procedimiento se centró exclusivamente en la suspensión trasera, dejando fuera una evaluación integral del sistema de suspensión delantera y de otros sistemas relacionados (frenos, dirección, neumáticos), lo que restringe la visión global del estado del vehículo.

8



## **Capítulo IV**

### **Resultados**

## 4.1. Resultados

- **Recuperación estructural del sistema de suspensión**

Tras la intervención, el paquete de ballestas fue reacondicionado y protegido contra la corrosión, mientras que los bujes y pernos fueron ajustados y reinstalados correctamente. Esto permitió devolver al vehículo la rigidez y estabilidad requeridas para su uso seguro.

- **Mejora en la altura y nivelación del vehículo**

Se restableció la altura original de la suspensión trasera, eliminando la inclinación lateral que presentaba antes del mantenimiento. La medida final de la ballesta alcanzó los parámetros de referencia indicados para vehículos de su categoría.

- **Reducción de ruidos y vibraciones**

La limpieza, lubricación y reacondicionamiento de los componentes eliminó los crujidos metálicos y vibraciones detectadas durante la conducción previa al mantenimiento, logrando un funcionamiento más silencioso y confortable.

- **Optimización de la seguridad operativa**

El ajuste de los pernos y abrazaderas con herramientas adecuadas mejoró la fijación del eje al chasis, reduciendo el riesgo de desplazamientos o fallas durante la marcha. De esta forma, el vehículo quedó en condiciones de operar de manera segura en el entorno institucional.

- **Disponibilidad para uso académico**

El vehículo fue reincorporado como módulo de instrucción en el taller de mecánica automotriz, brindando a los estudiantes la posibilidad de realizar prácticas de diagnóstico, reparación y mantenimiento de suspensiones reales, fortaleciendo el aprendizaje práctico.

11



**Capítulo V**  
**Conclusiones y Recomendaciones**

## 11 5.1. Conclusiones

- La aplicación de técnicas de mantenimiento correctivo permitió recuperar la operatividad de la suspensión trasera de la Toyota Hiace 1998, logrando que el vehículo vuelva a ser funcional y seguro para su uso.
- El reacondicionamiento del paquete de ballestas y la correcta instalación de bujes, abrazaderas y pernos devolvieron la estabilidad estructural y la altura adecuada, eliminando la inclinación y el desgaste irregular que presentaba el sistema.
- La intervención generó una notable reducción de ruidos y vibraciones, lo que mejoró las condiciones de confort y manejo, evidenciando la efectividad del proceso aplicado.
- El restablecimiento de la suspensión permitió que el vehículo pueda ser utilizado nuevamente como módulo pedagógico en el IESTPFFAA, contribuyendo al aprendizaje práctico de los estudiantes en procedimientos de diagnóstico y reparación automotriz.

## 5.2. Recomendaciones

- Implementar un programa de mantenimiento preventivo del sistema de suspensión, con inspecciones visuales semestrales o cada 10 000 km, para identificar tempranamente desgaste de ballestas, bujes y amortiguadores.
- Registrar y verificar periódicamente el torque de las abrazaderas en U y pernos de fijación, especialmente después de los primeros 200 km tras una intervención, a fin de garantizar la seguridad estructural.
- Evitar la sobrecarga del vehículo, ya que esta es la principal causa de fatiga y fractura en ballestas; respetar la capacidad máxima indicada por el fabricante.
- Considerar la sustitución de componentes (paquetes de ballestas, bujes o amortiguadores) cuando el desgaste o daño sea avanzado, en lugar de recurrir únicamente a reacondicionamientos.
- Usar este vehículo como plataforma continua de instrucción, documentando cada práctica realizada por los estudiantes, de manera que se consolide un historial técnico que sirva como material de apoyo académico.

## Referencias Bibliográficas

19 AvtoTachki. (2022, mayo 26). *Suspensión semiindependiente para automóviles: características, principio de funcionamiento y ventajas.* <https://es.avtotachki.com/poluzavisimaya-podveska-dlya-avto-osobennosti-princip-raboty-i-preimuschestva/>

Ballestas Gandía. (2025, abril 22). *Cómo alargar la vida útil de las ballestas: consejos prácticos y mantenimiento esencial.* Ballestas Gandía. <https://ballestasgandia.com/como-alargar-la-vida-util-de-las-ballestas-consejos-practicos-y-mantenimiento-esencial/>

Ballestas Gandía. (2025, junio 9). *Guía de mantenimiento: señales de desgaste en las ballestas y cuándo acudir al mecánico.* Ballestas Gandía. <https://ballestasgandia.com/guia-de-mantenimiento-senales-de-desgaste-en-las-ballestas-y-cuando-acudir-al-mecanico/>

Ceridono, R. (2022, junio). *Things about springs.* Modern Rodding Magazine. [https://digital.modernrodding.com/previewissue/june-2022/all-about-oil-and-leaf-springs-for-your-car/?utm\\_source=chatgpt.com](https://digital.modernrodding.com/previewissue/june-2022/all-about-oil-and-leaf-springs-for-your-car/?utm_source=chatgpt.com)

30 Cosmobiología Delta. (2022, abril 15). *Desmontaje de ballestas: proceso operacional [Video].* YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=uBIJCBeiakY>

6 Espiritu RACER. (s.f.). *Técnica: sistemas de suspensión.* <https://espirituracer.com/reportajes/sistemas-de-suspension/>

9 Hanson, J. (2023, 14 de septiembre). *Parabolic springs: What exactly are they? Exploring Overland.* [https://www.exploringoverland.com/overland-tech-travel/2023/9/14/parabolic-springs-what-exactly-are-they?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.exploringoverland.com/overland-tech-travel/2023/9/14/parabolic-springs-what-exactly-are-they?utm_source=chatgpt.com)

21 KYB. (2022). *Cavitation (Glossary) (Technical Review No. 64).* [https://www.kyb.co.jp/english/technical\\_report/data/no64e/glossary\\_02.pdf](https://www.kyb.co.jp/english/technical_report/data/no64e/glossary_02.pdf)

10 KYB. (s. f.). *Monotube and twin-tube.* <https://www.kyb.com/resources/technical-information/monotube-and-twin-tube/> kyb.com

15 LeafSprings198. (2023, agosto 31). *What is an overload leaf spring and how does it work.* <https://leafsprings198.com/what-is-an-overload-leaf-spring-and-how-does-it-work/> 19-8 Mechanical JSC

12 Monroe (Garage Gurus). (2021). *How Commercial Vehicle Shocks Work (PRMMN2124\_EN).* [https://www.garagegurus.tech/content/dam/garage-gurus/knowledge-center/pdf%27s/technical-articles/shocks-and-stuts/Monroe\\_Technical-Article-How\\_CV\\_Shocks\\_Work\\_PRMMN2124\\_EN.pdf](https://www.garagegurus.tech/content/dam/garage-gurus/knowledge-center/pdf%27s/technical-articles/shocks-and-stuts/Monroe_Technical-Article-How_CV_Shocks_Work_PRMMN2124_EN.pdf) garagegurus.tech

9 Monroe Commercial Vehicle. (s. f.). *Shock Construction.* <https://www.monroeheavyduty.com/en-US/shocks-101/shock-construction/> Monroe Heavy Duty

17 Monroe. (s. f.). *Symptoms of Worn Shocks & Struts.* <https://www.monroe.com/technical-resources/shocks-101/symptoms-worn-shock-struts.html>

13 MotorTrend. (2011, enero 1). *Know your springs – Suspension secrets (two-stage packs and overloads).* <https://www.motortrend.com/how-to/129-1101-know-your-springs-suspension-secrets>

27 PowerNation. (2023, 14 de septiembre). *Parabolic leaf springs explained [Video].* YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=fgQh54rPrh0>

Ramos, J. (2025, 11 de febrero). *Suspensión de ballesta: Qué es y cómo funciona en vehículos comerciales.* Recambiofacil. <https://articulos.recambiofacil.com/articulos/suspension-ballesta/>

8 Rodríguez Galbarro, H. (s.f.). *Sistema de suspensión en los vehículos.* IngeMecánica. Recuperado el 31 de agosto de 2025, de <https://ingemecanica.com/tutoriales/sistema-de-suspension-en-los-vehiculos.html>

20 Sensor Automotriz. (s.f.). *¿Qué es el sistema de suspensión dependiente?.* <https://sensorautomotriz.com/preguntas-frecuentes/que-es-el-sistema-de-suspension-dependiente>

14 SteelNumber. (s. f.). *51CrV4 / 1.8159—Chemical composition (EN 10089)*.  
[https://www.steelnumber.com/en/steel\\_composition\\_eu.php?name\\_id=198](https://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=198)  
[steelnumber.com](https://www.steelnumber.com)

Suspensiones Sensa. (2021, noviembre 26). *Altura de manejo en la suspensión de aire*.  
Suspensiones Sensa. <https://www.suspensionesensa.com/altura-de-manejo-en-la-suspension-de-aire>

thyssenkrupp Steel. (s. f.). *51CrV4—Product information* [PDF]. <https://www.thyssenkrupp-steel.com/...> (ficha 51CrV4).

5 TMR Customs. (2023). “*Leaf Spring Swap U Bolt*”. TMR Customs.  
[https://www.tmrcustoms.com/products/leaf-spring-u-bolt?pr\\_prod\\_strat=e5\\_desc&pr\\_rec\\_id=baad894f6&pr\\_rec\\_pid=3706954154061&pr\\_ref\\_pid=3706953531469&pr\\_seq=uniform](https://www.tmrcustoms.com/products/leaf-spring-u-bolt?pr_prod_strat=e5_desc&pr_rec_id=baad894f6&pr_rec_pid=3706954154061&pr_ref_pid=3706953531469&pr_seq=uniform)

Torklift International. (2 de febrero, 2023). *StableLoad Suspension Upgrade - Lower Overload*.  
Torklift. <https://www.torklift.com/products/suspension/stableload-lower-overload?highlight=WyJ2aWRlbyIsInZpZGVvcyJd>

Toyota Central. (s. f.). *Hiace Brochure (rear: rigid leaf)*. <https://www.toyota-central.com/Assets/Brochure/HIACE-Brochure.pdf> [toyota-central.com](https://www.toyota-central.com)

Toyota Tanzania. (s. f.). *Hiace Brochure (rear: leaf spring rigid axle)*.  
[https://old.toyota.co.tz/fileadmin/downloads/brochures/Toyota\\_Hiace\\_Brochure.pdf](https://old.toyota.co.tz/fileadmin/downloads/brochures/Toyota_Hiace_Brochure.pdf)

### Apéndice A

