



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
Powered by Arizona State University

**FACULTAD DE INGENIERIAS APLICADAS Y
DESARROLLO INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Diseño de un Banco de Comprobación de Plato de Presión
del Sistema de Embrague en Transmisiones Manuales**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Autor: Naranjo Canteral, Carlos Armando

Tutor: García Ochoa, Erasmo Israel

GUAYAQUIL
2026

Aprobación del Tutor del Trabajo de Integración Curricular

Yo, Erasmo Israel García Ochoa, en calidad de tutor del Trabajo de Integración Curricular denominado: Diseño de un Banco de Comprobación de Plato de Presión del Sistema de Embrague en Transmisiones Manuales, realizado por Carlos Armando Naranjo Canteral ha sido orientado y revisado en todas sus partes y considero que cumple los requisitos establecidos por la institución. En virtud de ello doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Erasmo Israel García Ochoa

Tutor del Trabajo de Integración Curricular

Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, Carlos Armando Naranjo Canteral declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, Reglamento y Leyes.

Autor: Carlos Armando Naranjo Canteral

C.I.: 0957439557

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia, en especial a mis padres, cuyo esfuerzo diario, paciencia y palabras de aliento fueron el motor que me impulsó a no rendirme en los momentos más exigentes de esta carrera. Su ejemplo de constancia es, sin duda, la base de este logro. A mis hermanos y amigos más cercanos, por acompañarme en cada etapa, por escuchar mis dudas y celebrar conmigo cada pequeño avance.

Dedico también este proyecto a quienes creyeron en mi capacidad incluso en los momentos en que yo mismo dudé de ella, y a todas las personas que, de una u otra forma, se convirtieron en parte fundamental de este camino hacia convertirme en Ingeniero Automotriz.

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la salud, la fortaleza y la claridad necesarias para culminar esta etapa de mi formación profesional.

A mi familia, especialmente a mis padres, por su apoyo incondicional y su paciencia durante todo este proceso; su confianza en mí fue un impulso constante incluso en los momentos de mayor exigencia académica.

Un agradecimiento especial a mi tutor, Ing. Erasmo Israel García Ochoa, por su guía, disponibilidad y conocimiento técnico, fundamentales para el desarrollo, la construcción y la validación del banco de comprobación.

A la Universidad Internacional del Ecuador y a sus docentes, por facilitar el acceso al laboratorio de Ingeniería Automotriz y los recursos necesarios para llevar este proyecto de la idea a la práctica.

Finalmente, a mis compañeros y amigos de carrera, con quienes compartí desvelos, dudas y aprendizajes, y que de alguna manera también forman parte de este logro.

Índice de contenido

Aprobación del Tutor del Trabajo de Integración Curricular	II
Declaración de autoría y cesión de derechos	III
Dedicatoria.....	IV
Agradecimiento.....	V
Índice de contenido	VI
Índice de figuras	XI
Resumen	1
Abstract.....	2
Introducción	3
Capítulo I.....	5
Antecedentes	5
1.1 Tema.....	5
1.2 Planteamiento, formulación y sistematización del problema	5
1.2.1 Planteamiento del problema.....	5
1.2.2 Formulación del problema.....	6
1.2.3 Sistematización del problema.....	6
1.3 Objetivos de la investigación	7
1.3.1 Objetivo general.....	7
1.3.2 Objetivos específicos.....	7
1.4 Justificación y delimitación de la investigación.....	7
1.4.1 Justificación teórica.....	8
1.4.2 Justificación metodológica	8
1.4.3 Justificación práctica.....	8
1.4.4 Delimitación temporal	9
1.4.5 Delimitación geográfica	9
1.4.6 Delimitación del contenido.....	9

Capítulo II.....	10
Marco referencial	10
2.1 Marco teórico	10
2.1.1 Conceptos preliminares.....	10
2.1.2 El Sistema de embrague de fricción.....	10
2.1.3 Componentes principales del embrague.....	11
2.1.4 Plato de presión y muelle diafragma.....	11
2.1.5 Carrera de liberación.....	12
2.1.6 Banco de comprobación automotriz	13
2.1.6.1 Fuerza generada por la prensa hidráulica.....	14
2.1.7 Análisis funcional del plato de presión	15
2.1.8 Condiciones de operación del plato de presión	15
2.1.9 Fatiga y desgaste del muelle diafragma	16
2.1.10 Parámetros de validación del banco de comprobación	16
2.1.11 Guías de práctica de laboratorio	16
2.2 Marco conceptual	17
2.2.1 Plato Banco de comprobación.....	17
2.2.2 Muelle Plato de presión y muelle diafragma	17
2.2.3 Carrera de liberación y esfuerzo axial	17
2.2.4 Análisis funcional y condiciones de operación.....	17
2.2.5 Fatiga y desgaste del conjunto.....	18
2.2.6 Parámetros de validación y guía de práctica	18
Capítulo III.....	19
Metodología.....	19
3.1 Introducción	19
3.2 Diseño del Banco de Comprobación.....	20
3.2.1 Objetivo y alcance	21
3.2.2 Descripción del diseño	21

3.2.3 Selección de materiales	22
3.2.4 Especificación de la prensa	23
3.2.5 Limitaciones	24
3.2.6 Análisis estructural estático del travesaño	25
3.2.6.1 Resultados del análisis	25
3.3 Construcción y armado del banco de comprobación	27
3.3.1 Armado y verificación final.....	28
3.4 Ejecución de la validación del banco	29
3.4.1 Procedimiento de pruebas	30
3.4.2 Resultados de la prueba de fuerza de aplicación.....	31
3.4.3 Resultados de la altura del dedo del resorte diafragma	32
3.4.4 Análisis de los resultados	33
3.5 Guía práctica de laboratorio	34
3.5.1 Objetivos, equipos y seguridad	34
3.5.2 Prueba 1: Fuerza de aplicación del embrague.....	35
3.5.3 Prueba 2: Altura del dedo del resorte diafragma.....	38
3.5.4 Interpretación de los datos.....	41
3.6 Cierre del capítulo.....	41
Capítulo IV	43
Resultados y validación del banco de comprobación	43
4.1 Introducción	43
4.2 Resultados del diseño y construcción del banco	43
4.2.1 Análisis del diseño realizado en Autodesk Inventor.....	43
4.2.2 Verificación de la estructura construida.....	44
4.2.3 Comparación entre el diseño digital y el banco físico.....	44
4.3 Resultados de las pruebas de comprobación	45
4.3.1 Condiciones de prueba del plato de presión 4JJ1 High Output.....	45
4.3.2 Síntesis de la Prueba 1: fuerza de aplicación	45

4.3.3 Síntesis de la Prueba 2: altura del dedo del resorte diafragma	46
4.3.4 Funcionamiento de la prensa hidráulica	46
4.4 Análisis técnico de los resultados	47
4.4.1 Comparación con las especificaciones del manual técnico	47
4.4.2 Evaluación cualitativa de la funcionalidad del banco.....	47
4.4.3 Limitaciones encontradas durante las pruebas	48
4.5 Validación del banco de comprobación	48
4.5.1 Cumplimiento de los objetivos del proyecto	48
4.5.2 Aplicabilidad según tipo de vehículo.....	49
4.5.3 Utilidad académica y técnica del banco	50
Conclusiones	51
Recomendaciones	52
Referencias.....	53

Índice de tablas

Tabla 1 Alcance técnico del banco de comprobación.....	21
Tabla 2 Relación entre elementos estructurales y fuerza aplicada.....	22
Tabla 3 Especificaciones de la prensa hidráulica	24
Tabla 4 Resumen del análisis de rigidez de la estructura.....	26
Tabla 5 Valores de referencia para la validación.....	30
Tabla 6 Resultados de la fuerza de aplicación.	31
Tabla 7 Resultados de altura del diafragma	32
Tabla 8 Equipos e implementos de seguridad.....	35
Tabla 9 Riesgos y medidas preventivas	35
Tabla 10 Procedimiento de la prueba de fuerza.	36
Tabla 11 Registro de datos de la primera prueba.....	38
Tabla 12 Procedimiento de medición de altura H	38
Tabla 13 Registro de datos de la segunda prueba.	40
Tabla 14 Síntesis de validación funcional.....	42
Tabla 15 Matriz de trazabilidad entre diseño, construcción y validación	44
Tabla 16 Condiciones técnicas de comprobación del plato 4JJ1 High Output	45
Tabla 17 Relación entre capacidad de la prensa y fuerza de referencia	46
Tabla 18 Especificaciones técnicas frente a valores verificados	47
Tabla 19 Evaluación cualitativa por criterio técnico	48
Tabla 20 Validación del cumplimiento de objetivos	49
Tabla 21 Alcance de aplicación del banco según tipo de vehículo.....	50

Índice de figuras

Figura 1 Sistema de embrague y sus partes.....	11
Figura 2 Plato de presión de embrague con sus componentes principales	12
Figura 3 Banco de comprobación	13
Figura 4 Pantalla inicial del software CAD utilizado para el diseño	19
Figura 5 Prensa hidráulica de banco tipo H, similar a la empleada en el diseño	20
Figura 6 Boceto inicial del banco de comprobación	21
Figura 7 Ensamble general del banco en Autodesk Inventor	22
Figura 8 Modelado de columna lateral	23
Figura 9 Modelado de travesaño estructural	23
Figura 10 Distribución de la tensión de Von Mises en el travesaño del banco de comprobación.cargas combinadas.....	26
Figura 11 Corte de perfiles metálicos para la estructura	27
Figura 12 Proceso de soldadura del banco de comprobación	27
Figura 13 Unión y ajuste de piezas principales	28
Figura 14 Banco armado y listo para validación.....	29
Figura 15 Medidas generales de la prensa utilizada en el banco.....	29
Figura 16 Fuerza de aplicación y altura del diafragma según el fabricante	30
Figura 17 Colocación de la platina metálica sobre el plato de presión.....	31
Figura 21 Referencia del manual para altura H del manual para altura H	32
Figura 19 Medición de altura del diafragma	33
Figura 20 Procedimiento de fuerza de aplicación según manual del fabricante para el motor 4JJ1 ..	37
Figura 21 Referencia del manual para la altura H del diafragma	40

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo diseñar un banco de comprobación para evaluar platos de presión del sistema de embrague en transmisiones manuales. La metodología comprendió el modelado en Autodesk Inventor Professional 2026, la construcción de una estructura de acero soldado y el análisis estático del travesaño superior. En la simulación se aplicó una fuerza de 12 258 N, obteniéndose una tensión máxima de Von Mises de 135,284 MPa, inferior al límite elástico del material de 207 MPa, y un coeficiente de seguridad de 1,53. La validación funcional permitió aplicar la fuerza de apriete de 6 860 N indicada por el fabricante. Además, la altura del dedo del resorte diafragma fue de 33,90 mm, valor inferior al rango permitido de 49,9 a 51,9 mm. Se concluye que el banco permite realizar comprobaciones estáticas y detectar componentes fuera de especificación. Finalmente, se elaboró una guía de laboratorio para estandarizar su utilización y se recomienda efectuar inspecciones periódicas y ampliar las pruebas con otros platos de presión.

Palabras clave: Banco de comprobación, plato de presión, fuerza de aplicación.

Abstract

This work aimed to design a verification bench for evaluating clutch pressure plates used in manual transmissions. The methodology included modeling in Autodesk Inventor Professional 2026, constructing a welded steel structure, and performing a static analysis of the upper crossmember. A force of 12,258 N was applied during the simulation, resulting in a maximum von Mises stress of 135.284 MPa, below the material yield strength of 207 MPa, and a minimum safety factor of 1.53. Functional validation allowed the application of the manufacturer-specified clamping force of 6,860 N. In addition, the diaphragm spring finger height was 33.90 mm, below the allowable range of 49.9 to 51.9 mm. It was concluded that the bench enables static verification and the identification of components outside technical specifications. Finally, a laboratory guide was developed to standardize its use, and periodic inspections and further tests with additional pressure plates are recommended.

Keywords: verification bench, pressure plate, application force.

Introducción

En el laboratorio de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, sede Guayaquil, la evaluación del plato de presión del sistema de embrague se realizaba únicamente mediante inspección visual, debido a la ausencia de un banco de pruebas específico que permitiera verificar de forma controlada su comportamiento mecánico. Frente a esta problemática, el presente trabajo dio respuesta mediante el diseño, construcción y validación de un banco de comprobación capaz de aplicar carga axial controlada sobre el plato de presión y medir sus parámetros funcionales fuerza de apriete y altura del dedo del resorte diafragma, sustituyendo la inspección visual por una comprobación técnica cuantificable.

El alcance del trabajo se definió a partir de tres objetivos específicos: construir el banco de comprobación, validar su funcionamiento mediante parámetros técnicos, y desarrollar una guía práctica de laboratorio. Los tres objetivos se cumplieron: el banco fue diseñado en Autodesk Inventor y validado estructuralmente mediante análisis estructural estático del travesaño; se construyó físicamente en el taller de la institución; y se ejecutaron las dos pruebas de comprobación sobre un plato de presión correspondiente al motor Isuzu 4JJ1 High Output, una de las cuales evidenció un defecto real de fabricación, confirmando la utilidad diagnóstica del equipo.

Entre las facilidades para el desarrollo del proyecto se contó con el acceso al software Autodesk Inventor Professional, el taller de la Universidad Internacional del Ecuador para la construcción del banco, y el manual técnico del fabricante como referencia normativa. Entre las limitaciones, el banco se validó únicamente con instrumentos de medición manuales (manómetro y calibrador), sin adquisición electrónica de datos, y la validación se realizó sobre un único plato de presión, lo que limita la caracterización estadística de los resultados a futuras ampliaciones del estudio.

La metodología se desarrolló en tres etapas. En la primera, se diseñó el banco en Autodesk Inventor y se validó su comportamiento estructural mediante un análisis estructural estático del travesaño. En la segunda, se construyó físicamente la estructura en acero al

carbono estructural soldado y se ensambló junto con la prensa hidráulica. En la tercera, se ejecutaron dos pruebas de comprobación fuerza de aplicación y altura del dedo del resorte diafragma, comparando los resultados obtenidos contra los valores de referencia del manual técnico del fabricante.

El documento se organiza en cuatro capítulos. El Capítulo I presenta los antecedentes, el planteamiento del problema, los objetivos y la justificación de la investigación. El Capítulo II desarrolla el marco referencial, teórico y conceptual que sustenta el diseño del banco. El Capítulo III describe la metodología empleada para el diseño, la construcción y la validación funcional del equipo. Finalmente, el Capítulo IV presenta los resultados obtenidos, su análisis técnico y la validación del cumplimiento de los objetivos planteados.

La importancia de esta investigación radica en que dota al laboratorio de Ingeniería Automotriz de una herramienta técnica y didáctica que sustituye la inspección visual por una comprobación cuantificable, fortaleciendo tanto la formación práctica de los estudiantes como la capacidad de diagnóstico de fallas en componentes de embrague, lo cual resulta relevante no solo para la institución sino también para el sector automotriz que atiende vehículos livianos.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema

Diseño de un banco de comprobación de plato de presión del sistema de embrague en transmisiones manuales.

1.2 Planteamiento, formulación y sistematización del problema

El diagnóstico del sistema de embrague requiere analizar el plato de presión, el muelle diafragma y la carrera de liberación, debido a que estos elementos intervienen en la transmisión de torque y el desacoplamiento. Por ello, una inspección únicamente visual no permite comprobar con precisión su funcionamiento ni detectar posibles fallas mecánicas (LuK, 2015; Schaeffler, 2012).

En el laboratorio de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, sede Guayaquil, el plato de presión se evalúa principalmente mediante inspecciones visuales, debido a la falta de un equipo específico. Esta situación dificulta medir la fuerza de apriete, la deformación del muelle diafragma y la carrera de liberación. En consecuencia, se formula la siguiente pregunta: ¿Cómo evaluar, de manera precisa y bajo condiciones controladas, el comportamiento mecánico y la carrera de liberación del plato de presión en sistemas de transmisión manual?

1.2.1 Planteamiento del problema

En el laboratorio de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, sede Guayaquil la evaluación del plato de presión del sistema de embrague de transmisión manual se realiza principalmente a través de inspecciones visuales debido a que no se cuenta con un sistema de ensayo específico que permita verificar su comportamiento mecánico y sus parámetros funcionales.

No hay bancos de pruebas especiales para evaluar cómo funciona un muelle diafragma. Esto hace que sea difícil comprobar si un plato de presión puede ejercer la fuerza necesaria para un buen funcionamiento. Como resultado, no podemos estar seguros de que

la transmisión de torque y el acoplamiento sean correctos. Esto genera incertidumbre al evaluar el estado del componente.

La falta de pruebas afecta la precisión al identificar fallas y evaluar cómo está funcionando el componente en servicio, frente a ello surge la necesidad de diseñar un banco de comprobación que permite evaluar bajo condiciones controladas el comportamiento mecánico del plato de presión del sistema de embrague de transmisión manual a fin de garantizar un diagnóstico preciso de la carrera de liberación asegurar la integridad funcional de los componentes y proporcionar una herramienta didáctica que optimiza los procesos de mantenimiento y aprendizaje técnico.

1.2.2 Formulación del problema

¿De qué manera el diseño de un banco de comprobación permite evaluar, bajo condiciones controladas, el comportamiento mecánico del plato de presión del sistema de embrague de transmisión manual y determinar si cumple con los parámetros de funcionamiento requeridos?

1.2.3 Sistematización del problema

- ¿Cuáles son las condiciones de carga y los parámetros mecánicos que se requieren reproducir para evaluar el funcionamiento del plato de presión?
- ¿Qué variables permiten determinar el estado operativo del componente, tales como la deformación del muelle diafragma y la carrera de liberación?
- ¿Cómo se diseña el banco de comprobación para garantizar la aplicación adecuada de cargas axiales y la correcta simulación del funcionamiento del sistema?
- ¿De qué manera los resultados obtenidos en el banco permiten establecer criterios técnicos para definir si el plato de presión es funcional o no?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

- Diseñar un banco de comprobación de plato de presión del sistema de embrague en transmisión manual.

1.3.2 Objetivos específicos

- Construir un banco de comprobación para el análisis funcional del plato de presión, considerando los elementos mecánicos y las condiciones de operación que influyen en su desempeño.
- Validar el funcionamiento del banco de comprobación mediante parámetros técnicos que permitan representar de manera adecuada el comportamiento del sistema de embrague.
- Desarrollar guías de prácticas de laboratorio que establezcan el procedimiento técnico para la comprobación del plato de presión, orientadas al fortalecimiento del aprendizaje práctico de los estudiantes.

1.4 Justificación y delimitación de la investigación

La presente investigación se justifica por la necesidad de implementar soluciones tecnológicas de bajo costo que optimicen el diagnóstico de componentes críticos del tren motriz. En los ámbitos académico y profesional, la falta de herramientas para cuantificar la fatiga del muelle diafragma y el desgaste del plato de presión puede ocasionar reemplazos innecesarios o fallas mecánicas imprevistas.

El diseño de este banco de comprobación permitirá estandarizar los protocolos de ensayo en la Universidad Internacional del Ecuador, al transformar una inspección visual subjetiva en un proceso técnico basado en datos reales de carga y desplazamiento. De esta manera, se mejora la eficiencia del mantenimiento automotriz y se proporciona a la institución un recurso didáctico que fortalece la formación práctica de los futuros ingenieros.

1.4.1 Justificación teórica

Este proyecto es importante porque aplica conceptos mecánicos para probar de manera segura el funcionamiento dinámico del embrague. Al diseñar una estructura que soporte la presión del muelle diafragma, el banco permite probar si el plato de presión se mueve de manera uniforme o si hay algún problema mecánico.

Esto nos permite verificar que el componente funcione correctamente antes de instalarlo en el vehículo, evitando errores de montaje. Además, los estudiantes pueden observar directamente cómo funciona un sistema de embrague en la práctica.

1.4.2 Justificación metodológica

La metodología del proyecto comprende el diseño mecánico, el modelado técnico y la fabricación de una estructura rígida capaz de soportar el esfuerzo generado por el muelle diafragma. Este proceso permite definir las características necesarias para construir un banco de comprobación seguro y funcional.

El funcionamiento del conjunto se verificará mediante pruebas de accionamiento manual, con el propósito de comprobar que el plato de presión realice su carrera de liberación sin atascos ni deformaciones. Así, se establece un protocolo de validación directa que permitirá demostrar la utilidad del equipo como herramienta de diagnóstico y práctica de taller.

1.4.3 Justificación práctica

La implementación de este banco de comprobación permite verificar el plato de presión fuera del vehículo, lo que reduce la incertidumbre técnica y evita montajes defectuosos o procesos repetitivos de desarmado. Además, el accionamiento manual del muelle diafragma facilita comprobar que el plato libere el disco de manera uniforme antes de su instalación.

Este recurso también optimiza los tiempos de trabajo en el taller y proporciona a la Universidad Internacional del Ecuador una herramienta práctica para la formación de los estudiantes. De este modo, la teoría se convierte en una experiencia aplicada que permite comprobar la operatividad mecánica del componente de forma segura y eficiente.

1.4.4 Delimitación temporal

Esta investigación se llevará a cabo durante siete meses, se desarrolla en marzo de 2026 y terminará entre agosto y septiembre de 2026.

1.4.5 Delimitación geográfica

El proyecto se está llevando a cabo en la ciudad de Guayaquil, en Ecuador. Todo el desarrollo técnico y la ejecución física se realizan en las instalaciones del Laboratorio de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador.

1.4.6 Delimitación del contenido

Este estudio se enfoca en el diseño mecánico y la verificación del funcionamiento de un banco de pruebas para platos de presión de embragues manuales en vehículos livianos. Para ello, se analizan la estructura de soporte, los mecanismos de accionamiento y el desplazamiento del muelle diafragma.

La investigación no incluye el desarrollo de sistemas electrónicos de adquisición de datos ni el análisis de embragues de transmisión automática. Su alcance se limita a comprobar la integridad física del equipo y su capacidad para simular el desacoplamiento del conjunto, como una solución técnica para el mantenimiento del tren motriz convencional.

Capítulo II

Marco referencial

2.1 Marco teórico

Se analizan los conceptos teóricos básicos de la transmisión de potencia mecánica y de resistencia de materiales relacionados con el tren motriz. En este apartado se estudia el principio de funcionamiento del embrague de fricción analizando la cinemática del muelle diafragma y su facultad de desacoplamiento.

Asimismo se fundamenta en los criterios de rigidez estructural necesarios para soportar cargas axiales (Budynas y Nisbett, 2021), lo que garantiza que el equipo permite una verificación visual segura de la operatividad del conjunto sin comprometer la integridad física de los componentes o del operario.

2.1.1 Conceptos preliminares

Para diseñar y validar el banco de pruebas, se consideran conceptos como transmisión de potencia, embrague manual, muelle diafragma y carrera de liberación. El embrague permite interrumpir o transmitir el giro del motor hacia la caja de cambios mediante la acción del muelle diafragma (Cascante, 2014, p. 4).

La carrera de liberación corresponde al desplazamiento necesario para desacoplar el sistema. El banco permite observar este movimiento bajo condiciones controladas, mientras que su estructura rígida soporta el esfuerzo sin deformarse. Así, se puede comprobar el estado del embrague antes de instalarlo en el vehículo (Bustamante, 2022).

2.1.2 El Sistema de embrague de fricción

El sistema de embrague de fricción permite transmitir o interrumpir el par motor entre el motor y la caja de cambios. Este sistema funciona cuando el volante motor, el disco de embrague y el plato de presión se tocan. Esto permite arrancar poco a poco y cambiar de velocidad sin parar el motor (Noruña Merchán et al., 2018).

Esto es muy importante en los coches con transmisión manual, porque controla cuando el motor se une o se separa del sistema que hace que el coche se mueva (Alonso, 2018).

2.1.3 Componentes principales del embrague

El embrague se compone de varios componentes que trabajan juntos. Los componentes principales son el disco de embrague, el plato de presión, la carcasa, el muelle diafragma, el cojinete de desembrague, la horquilla y el volante del motor. Cada uno de estos componentes desempeña un papel importante en el funcionamiento del embrague (Borucka, 2021).

El disco de embrague es el que recibe el movimiento del motor. Luego, el plato de presión es el encargado de producir la fuerza necesaria para acoplar el sistema. Esto se debe a que el plato de presión ejerce una presión constante sobre el disco de embrague, lo que permite la transmisión de movimiento entre el motor y la transmisión (Alonso, 2018).

Figura 1

Sistema de embrague y sus partes



Fuente: (Frenkit, 2024).

2.1.4 Plato de presión y muelle diafragma

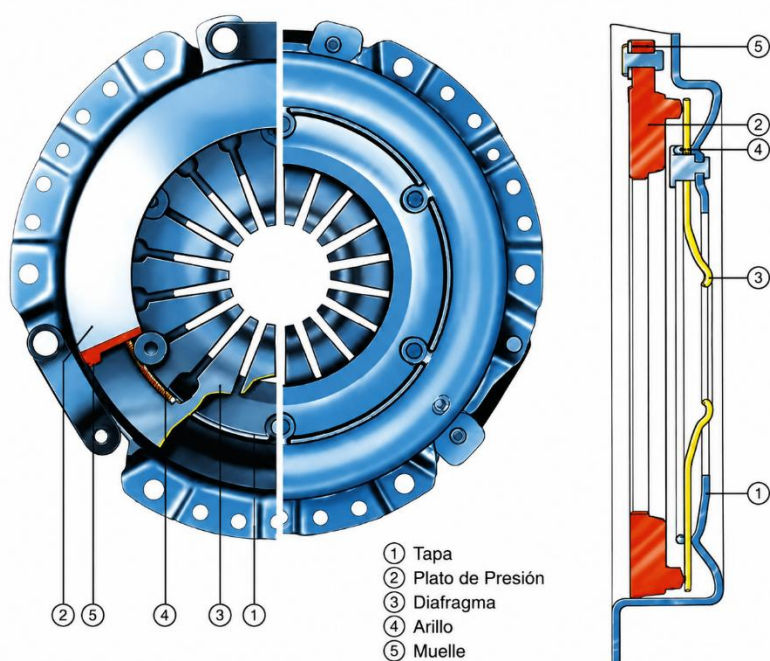
El plato de presión es el encargado de ejercer la fuerza de apriete al disco de embrague para transmitir el par motor, ya que el plato de presión atornillado al volante presiona al disco de embrague contra el volante (Ávila & Padrón, 2010, p. 16).

Este elemento actúa conjuntamente con el muelle diafragma, que es un resorte cónico que genera la fuerza de apriete y al cual se le permite liberar el disco de embrague al aplicar una carga axial, considerando que el diafragma está constituido por un disco de acero, de

forma cónica cuya elasticidad mantiene la presión necesaria sobre el conjunto (Ávila & Padrón, 2010, p. 12). Son dos elementos necesarios para determinar el funcionamiento real del embrague (Guerrero Macias, 2026).

Figura 2

Plato de presión de embrague con sus componentes principales



Fuente: (Tumblr, 2023).

2.1.5 Carrera de liberación

La carrera de liberación es el desplazamiento axial del plato de presión que tiene como función separar disco de embrague e interrumpir la transmisión de par. Dicha carrera ha de ser uniforme y suficiente para evitar el arrastre, las vibraciones o la dureza al engranar marchas. Una sub o sobre carrera provocarán fallos del sistema: desacoplamiento insuficiente o pérdida de eficiencia (Schaeffler, 2012).

A modo de referencia, otros trabajos de la Universidad Internacional del Ecuador que han abordado el despiece y funcionamiento del embrague señalan que la distancia aproximada entre el disco y el plato de presión durante el desembragado es de 1,0 mm (Barahona & Pozo, 2012), valor que ilustra la magnitud reducida del desplazamiento que un

banco de comprobación como el desarrollado en este trabajo debe ser capaz de registrar con precisión.

2.1.6 Banco de comprobación automotriz

Un banco de comprobación automotriz permite evaluar componentes fuera del vehículo bajo condiciones definidas. Su función es medir las variables físicas relacionadas con el comportamiento de los sistemas mecánicos (Bustamante, 2022, p. 18).

En el plato de presión, el banco facilita la sujeción del componente, la aplicación de carga axial y la medición de la carrera de liberación. Estas pruebas permiten valorar el estado del muelle diafragma y sustituir la inspección visual por una comprobación objetiva y medible (Ávila & Padrón, 2010, p. 5; Cruz Correa & Motoche Mogro, 2024).

El uso de equipos y procedimientos técnicos mejora el diagnóstico de fallas y estandariza las actividades de mantenimiento automotriz. En este caso, el banco permite aplicar dicho control a un componente específico del sistema de embrague (González & Calvachi, 2014).

Figura 3

Banco de comprobación



Fuente: (Propio, 2026).

2.1.6.1 Fuerza generada por la prensa hidráulica

La fuerza desarrollada por un cilindro hidráulico depende de la presión del fluido y del área efectiva del pistón. Según el principio de Pascal, esta relación se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$F = P \cdot A$$

Donde:

- F = fuerza generada por el cilindro, expresada en newtons (N).
- P = presión hidráulica aplicada, expresada en pascales (Pa).
- A = área efectiva del pistón, expresada en metros cuadrados (m²).

Para un pistón circular, el área se determina mediante:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Donde D representa el diámetro interno del cilindro. Esta expresión permite relacionar la presión hidráulica con la fuerza axial aplicada sobre el muelle diafragma del plato de presión (Enerpac, 2022).

La prensa utilizada posee una capacidad nominal de 10 toneladas-fuerza, valor respaldado por la placa técnica, el manual o la ficha del fabricante del equipo. No obstante, se le instaló un manómetro de presión con escala de 5 toneladas, debido a que este permite observar con mayor claridad los datos de presión durante las pruebas. La equivalencia de la escala del manómetro en el Sistema Internacional se obtiene mediante:

$$F = mg$$

$$F = 5000 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = 49.1 \text{ kN}$$

Por tanto, una prensa de 5 toneladas-fuerza dispone de una capacidad aproximada de 49.1 kN. La aceleración convencional de la gravedad empleada para esta conversión es 9,81 m/s².

En la comprobación del plato de presión se requiere una fuerza de 1/4 de 5 toneladas, es decir 12258 N. La proporción utilizada de la capacidad nominal se determina mediante:

$$\text{Capacidad utilizada} = \frac{F_{aplicada}}{F_{nominal}} \cdot 100$$

$$\text{Capacidad utilizada} = \frac{12258 \text{ N}}{49050 \text{ N}} \cdot 100$$

$$\text{Capacidad utilizada} = 25 \%$$

Este resultado indica que la fuerza requerida representa aproximadamente el 25 % de la escala del manómetro y apenas el 12.5 % de la capacidad nominal de la prensa de 10 toneladas, por lo que el equipo ofrece un margen suficiente para realizar la prueba de manera controlada. Este cálculo coincide con los valores que ya aparecen en los resultados de la investigación.

2.1.7 Análisis funcional del plato de presión

El análisis funcional del plato de presión verifica cómo funciona como elemento de acoplamiento o desacoplamiento. Para hacer esto, se estudia el comportamiento del muelle del diafragma, cómo se mueve respecto al plato, y si hay alguna deformación, desgaste o problema mecánico. Esto ayuda a determinar si el plato de presión sigue funcionando bien o si debe ser reemplazado (Alonso, 2018).

2.1.8 Condiciones de operación del plato de presión

Las condiciones de operación del plato de presión son la carga axial, la fuerza de apriete, la fricción, la temperatura, el desgaste del disco y la deformación del muelle diafragma, considerando que el embrague requiere resistencia mecánica para transmitir el par motor y resistencia térmica para absorber el calor generado por la fricción (Cascante, 2014, p. 9).

Estas condiciones determinan la capacidad de transmisión de par del embrague de forma directa, ya que los materiales en contacto deben tener un alto coeficiente de fricción y soportar elevadas presiones de contacto (Cascante, 2014, p. 11). Si alguna de estas condiciones cambia pueden aparecer problemas como patinamientos, vibraciones o desacoplamientos incompletos, debido a que la adherencia evita que el sistema pueda patinar y pierda fuerza de transmisión (Cascante, 2014, p. 9).

2.1.9 Fatiga y desgaste del muelle diafragma

La fatiga del muelle diafragma es un problema que se produce cuando el muelle se degrada poco a poco debido a los ciclos repetidos de carga y descarga, lo cual se relaciona con las pruebas donde el embrague se somete a ciclos repetidos de acoplamiento y desacoplamiento para evaluar su resistencia al desgaste durante el uso continuo (Díaz & Ordóñez, 2024, p. 44).

Esto hace que el muelle pierda su elasticidad, pueda deformarse o perder fuerza, afectando la forma en que funciona con el plato de presión; por ello, en la comprobación del diafragma también se revisa si las puntas de las lengüetas presentan señales de desgaste excesivo o puntos quemados (Cascante, 2014, p. 32).

El acoplamiento del sistema se ve afectado y la transmisión de torque se compromete, por eso es importante considerar la fatiga del muelle diafragma cuando se hace una comprobación técnica, ya que el banco permite realizar pruebas para determinar la fatiga del diafragma y comparar el resultado con datos de referencia del fabricante (Ávila & Padrón, 2010, p. 5).

2.1.10 Parámetros de validación del banco de comprobación

Los criterios técnicos considerados para verificar el funcionamiento del banco y la representación del comportamiento del sistema de embrague son: aplicación de carga axial, estabilidad estructural, alineación del mecanismo, desplazamiento del diafragma, carrera de liberación y observación del estado de funcionamiento del plato de presión (Mott, 2020; Budynas & Nisbett, 2021).

2.1.11 Guías de práctica de laboratorio

Las guías de práctica son documentos técnicos que orientan el uso correcto del banco de comprobación y permiten evaluar el estado del plato de presión durante el ensayo (Ávila & Padrón, 2010, p. 169).

Estas guías incluyen el procedimiento de montaje, las condiciones de prueba, los datos del componente, la presión aplicada, el desplazamiento del diafragma y las

observaciones. Su aplicación organiza el ensayo, reduce errores de manipulación y fortalece el aprendizaje práctico de los estudiantes (Ávila & Padrón, 2010, pp. 169, 180).

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Plato Banco de comprobación

Dispositivo mecánico que permite realizar ensayos a un componente a partir de la unión de sus partes. Para este proyecto se utilizó para el apriete del plato de presión, la aplicación de la carga axial al muelle diafragma y el recorrido a observar para la carrera de liberación, sustituyendo la verificación visual por comprobación técnica (Mott, 2020; Budynas & Nisbett, 2021).

2.2.2 Muelle Plato de presión y muelle diafragma

El plato de presión acciona el disco de embrague transmitiendo el momento de torsión, lo que hace que la presión aplicada por el muelle diafragma sobre dicho disco sea generada y liberada a través del mismo por una fuerza axial, ya que el diafragma oprime al disco de embrague por medio del plato de presión cuando busca recuperar su forma cónica (Ávila & Padrón, 2010, p. 13). Por lo tanto, ambos elementos constituyen el elemento de acoplamiento del sistema.

2.2.3 Carrera de liberación y esfuerzo axial

La carrera de liberación es el desplazamiento del plato de presión para separar el disco de embrague. El esfuerzo axial es la fuerza aplicada sobre el eje del componente para accionar el muelle diafragma y comprobar si el desplazamiento es uniforme, considerando que el sistema trabaja con un desplazamiento axial que permite liberar el mecanismo durante el desembragado (Ávila & Padrón, 2010, p. 24).

2.2.4 Análisis funcional y condiciones de operación

El análisis funcional verifica si el plato de presión funciona correctamente. Esto implica considerar varios factores. La carga axial es uno de ellos. La fuerza de apriete también es importante. La fricción y el desgaste son otros factores que influyen. La temperatura y la deformación del muelle diafragma también juegan un papel. Todos estos factores influyen en

la transmisión de torque. El objetivo es asegurarse de que el plato de presión funcione adecuadamente (Schaeffler, 2012).

2.2.5 *Fatiga y desgaste del conjunto*

El resorte de diafragma se desgasta con el paso del tiempo porque se estira y se contrae muchas veces. Esto hace que el resorte de diafragma pierda su elasticidad poco a poco; al mismo tiempo, el disco de embrague y las superficies de contacto también se desgastan, debido a los ciclos repetidos de acoplamiento y desacoplamiento que permiten evaluar la resistencia del embrague durante el uso continuo (Díaz & Ordóñez, 2024, p. 44).

Como resultado, la fuerza que mantiene todo en su lugar se reduce. Esto puede causar problemas como que el vehículo se deslice, vibre o que sea difícil cambiar de marcha.

2.2.6 *Parámetros de validación y guía de práctica*

Los criterios de validación son los siguientes: verificación de funcionamiento del banco y del plato de presión aplicada, estabilidad, alineación, desplazamiento y carrera de liberación, considerando que la alineación precisa de los componentes garantiza un funcionamiento seguro y eficiente del sistema bajo condiciones reales de operación (Llumiquinga & Chanchicocha, 2025, p. 31).

La guía de práctica establece el modo de proceder, registra los datos necesarios e interpreta el ensayo, ya que su finalidad es evaluar el estado del plato de presión durante el uso del banco de pruebas (Ávila & Padrón, 2010, p. 169).

Capítulo III

Metodología

3.1 Introducción

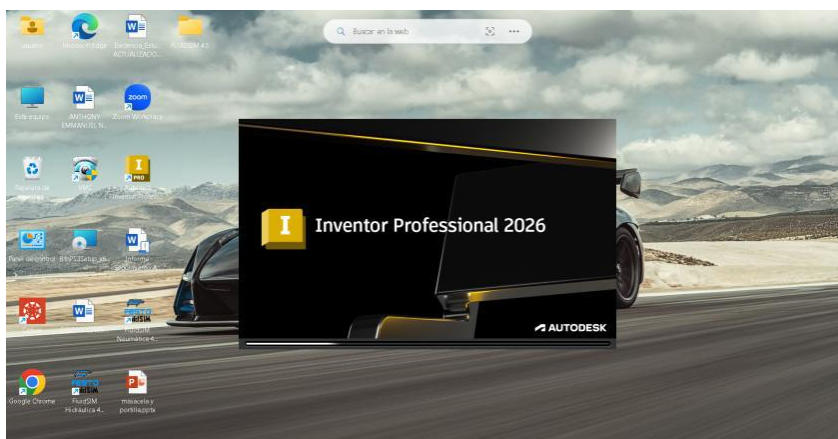
El presente capítulo describe el proceso técnico desarrollado para el diseño, construcción y validación del banco de comprobación de plato de presión del sistema de embrague en transmisiones manuales. El contenido se organiza según los objetivos específicos del proyecto: diseño del banco, validación funcional y elaboración de una guía práctica de uso.

El banco fue concebido como una herramienta de laboratorio capaz de sustituir una inspección únicamente visual por una comprobación técnica bajo condiciones controladas. Para ello, permite montar el plato de presión, aplicar carga axial mediante una prensa hidráulica, observar el desplazamiento del muelle diafragma y registrar la carrera de liberación del conjunto.

El proceso de diseño inició formalmente con la apertura del entorno de trabajo en Autodesk Inventor Professional 2026 (Figura 4), software CAD paramétrico seleccionado por su capacidad para modelar ensamblajes complejos y por incluir herramientas de simulación integradas, empleadas más adelante en el análisis estructural estático del travesañó presentado en este mismo capítulo.

Figura 4

Pantalla inicial del software CAD utilizado para el diseño



Fuente: (Propio, 2026).

A partir de este entorno se generaron los bocetos, las piezas principales y el ensamble general del banco antes de la construcción física. Posteriormente, el banco fue armado en el taller de la Universidad Internacional del Ecuador y validado con procedimientos de comprobación estática apoyados en valores de referencia del manual técnico Isuzu para el motor 4JJ1 High Output.

3.2 Diseño del Banco de Comprobación

El diseño del banco tuvo como propósito desarrollar una estructura mecánica capaz de sostener el conjunto de embrague y aplicar una carga axial sobre el centro del muelle diafragma. Se seleccionó una configuración tipo prensa vertical, debido a que facilita el accionamiento del plato de presión y permite observar el desplazamiento generado durante la compresión, tomando como referencia de diseño bancos de prensa similares empleados en comprobación automotriz (Figura 5).

Figura 5

Prensa hidráulica de banco tipo H, similar a la empleada en el diseño



Fuente: (Valkenpower Mammuth SP15HL, 2022).

La alineación entre la prensa, el eje central del plato y la base de apoyo fue considerada como criterio principal, ya que una carga descentrada puede producir apertura irregular, mediciones erróneas o deformación del componente. Por esta razón, el equipo se planteó con una zona central libre y una base estable para el montaje del plato.

3.2.1 Objetivo y alcance

Tabla 1

Alcance técnico del banco de comprobación

Aspecto	Descripción
Sistema evaluado	Plato de presión de embrague en transmisión manual
Vehículos considerados	vehículos livianos
Tipo de prueba	Comprobación estática
Accionamiento	Prensa hidráulica
Variable observada	Desplazamiento del diafragma y apertura del plato
Uso previsto	Laboratorio, diagnóstico básico y aprendizaje práctico
Sistemas excluidos	Camiones, buses, maquinaria pesada y transmisiones automáticas

Nota. El banco se limita a embragues de vehículos livianos, para uso didáctico en laboratorio.

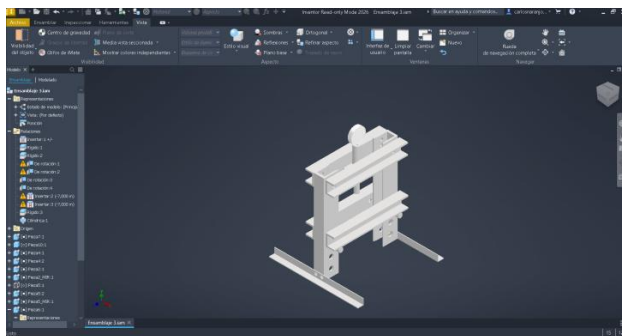
3.2.2 Descripción del diseño

El banco de comprobación se diseñó como una estructura tipo prensa vertical conformada por base inferior, columnas laterales, travesaño superior, zona central de trabajo, sistema hidráulico de accionamiento y manómetro. La base inferior sostiene el plato de presión; las columnas laterales aportan rigidez; el travesaño superior sirve como apoyo para la prensa hidráulica; y el manómetro permite controlar visualmente la carga aplicada.

El proceso de diseño se desarrolló de forma progresiva: primero se elaboró el boceto de la estructura, después se modelaron las piezas principales, luego se verificaron las uniones digitales y finalmente se realizó el ensamble general.

Figura 6

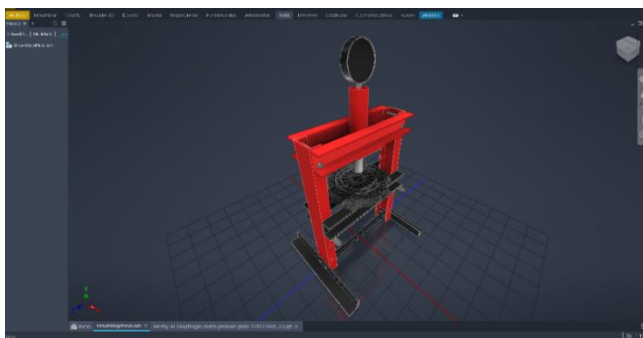
Boceto inicial del banco de comprobación



Fuente: (Propio, 2026).

Figura 7

Ensamble general del banco en Autodesk Inventor



Fuente: (Propio, 2026).

3.2.3 Selección de materiales

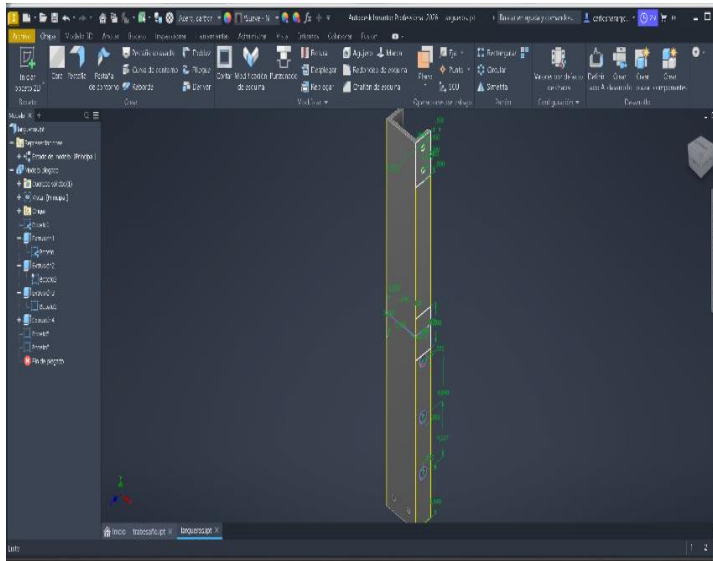
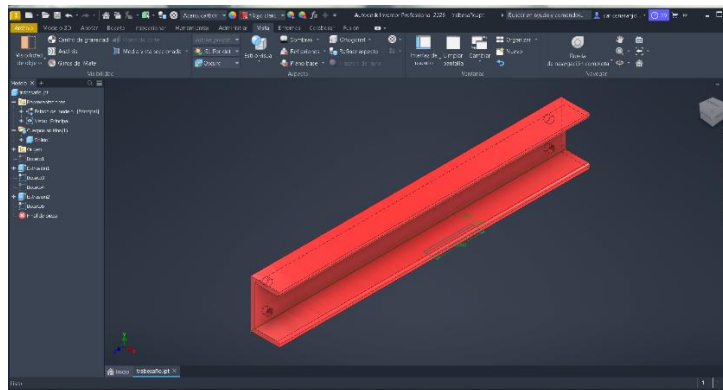
La construcción del banco se orientó principalmente a la fuerza que debe soportar durante el ensayo y a mantener una superficie de apoyo estable y alineada entre sus componentes, más que a una exigencia de resistencia extrema, ya que la fuerza de apriete requerida por el fabricante (6 860 N) resulta baja frente a la capacidad de la prensa hidráulica utilizada. Para la estructura se empleó acero al carbono estructural soldado, un material de uso común en bancos de taller por su disponibilidad y facilidad para procesos de corte, perforación y soldadura.

Tabla 2

Relación entre elementos estructurales y fuerza aplicada

Elemento	Material o componente	Justificación técnica
Base inferior	Acero al carbono estructural soldado	Proporciona estabilidad y soporta el conjunto de embrague.
Columnas laterales	Acero al carbono estructural soldado	Mantienen la rigidez y soportan el esfuerzo vertical.
Travesaño superior	Acero al carbono estructural soldado	Sirve como soporte de la prensa hidráulica.
Uniones	Soldadura	Permite formar una estructura rígida y continua.
Sistema de accionamiento	Prensa hidráulica	Aplica carga axial progresiva sobre el muelle diafragma.
Control de carga	Manómetro	Permite observar la carga aplicada durante el ensayo.

Nota. La selección prioriza rigidez, estabilidad y disponibilidad del material.

Figura 8*Modelado de columna lateral**Fuente: (Propio, 2026).***Figura 9***Modelado de travesaño estructural**Fuente: (Propio, 2026).*

3.2.4 Especificación de la prensa

Para el accionamiento del banco se utilizó una prensa hidráulica de 10 toneladas equipada con manómetro de 5 toneladas. La prensa permite aplicar una carga axial progresiva sobre el centro del muelle diafragma, simulando la acción que ocurre durante el desembrague. La capacidad nominal no implica aplicar toda la fuerza disponible; se emplea como margen de trabajo para realizar la comprobación con control y seguridad.

Tabla 3*Especificaciones de la prensa hidráulica*

Elemento	Especificación	Función
Tipo de prensa	Hidráulica	Generar fuerza de compresión controlada.
Capacidad nominal	10 toneladas	Permitir accionamiento de embragues de vehículos livianos.
Manómetro	5 toneladas	Controlar visualmente la carga aplicada.
Dirección de carga	Vertical axial	Aplicar fuerza sobre el centro del muelle diafragma.
Ubicación	Parte superior del banco	Mantener alineación con el plato de presión.
Aplicación	Comprobación estática	Observar desplazamiento del diafragma y apertura del plato.

Nota. La capacidad nominal se considera como margen de trabajo seguro.

3.2.5 Limitaciones

La investigación se enfoca en el diseño estructural y la comprobación funcional del plato de presión. Por esta razón, no comprende el diseño detallado del sistema hidráulico, el dimensionamiento del pistón, la selección de válvulas, el análisis del caudal, las pérdidas de presión, las mangueras ni los sellos de la prensa.

La prensa hidráulica se emplea únicamente como fuente de carga axial controlada. El análisis estructural se limita al comportamiento estático del travesaño bajo una carga centrada de 12 258 N, considerando material homogéneo y apoyos idealizados como fijos. No se analizaron cargas excéntricas, impactos, fatiga, defectos de soldadura, pandeo, vibraciones ni variaciones producidas por el proceso de fabricación.

El resultado obtenido valida el travesaño para la carga simulada y para la fuerza de 6 860 N requerida durante la comprobación del plato de presión. Sin embargo, no demuestra que la estructura pueda operar con la capacidad nominal completa de 10 toneladas de la prensa. Por seguridad, el banco debe utilizarse únicamente dentro del rango de carga evaluado y con el plato correctamente centrado.

3.2.6 Análisis estructural estático del travesaño

Para verificar la resistencia del travesaño superior se realizó un análisis estático mediante elementos finitos en Autodesk Inventor Professional 2026. El estudio consideró el componente fabricado en acero suave soldado, con un límite de elasticidad de 207 MPa y una resistencia máxima a la tracción de 345 MPa. La carga se aplicó verticalmente en la zona central del travesaño y sus extremos se establecieron como apoyos fijos, representando su unión con las columnas del banco.

Aunque la prensa posee una capacidad nominal de 10 toneladas, el indicador de carga utilizado tiene una escala máxima equivalente a 5 toneladas-fuerza. Para el análisis se tomó la cuarta parte de este valor, considerando como supuesto una distribución simétrica entre cuatro elementos resistentes equivalentes del conjunto. La carga utilizada en cada elemento se determinó mediante:

$$F_{elemento} = \frac{F_{5T}}{4}$$

$$F_{elemento} = \frac{49033.25}{4}$$

$$F_{elemento} = 12258.31 \text{ N}$$

Por esta razón, en la simulación se aplicó una fuerza vertical de 12 258 N sobre el centro del travesaño. Este valor coincide con la carga registrada en el informe generado por Autodesk Inventor.

3.2.6.1 Resultados del análisis

El análisis obtuvo una tensión máxima de Von Mises de 135,284 MPa, inferior al límite de elasticidad del material, establecido en 207 MPa. El coeficiente de seguridad mínimo fue de 1,53, calculado mediante:

$$n = \frac{\sigma_y}{\sigma_{VM}}$$

$$n = \frac{207 \text{ MPa}}{135.284 \text{ MPa}}$$

$$n = 1.53$$

También se registró un desplazamiento máximo de 0,31856 mm, localizado principalmente en la región central del travesaño. Estos resultados indican que el componente permanece dentro del rango elástico bajo la carga estática simulada, aunque el margen de seguridad debe considerarse moderado.

Tabla 4

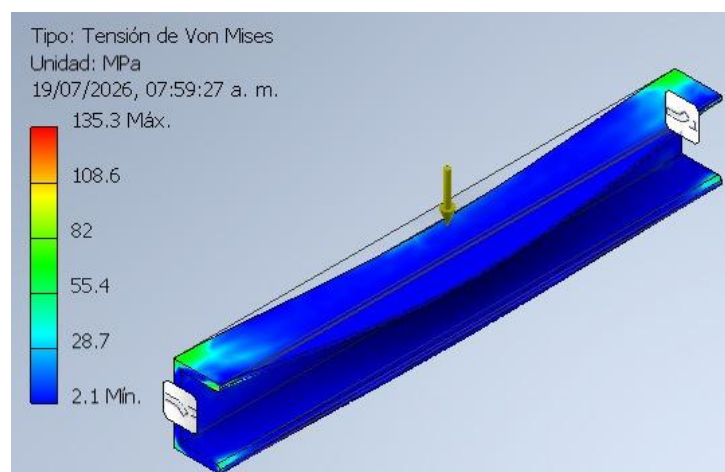
Resumen del análisis de rigidez de la estructura

Parámetro evaluado	Resultado
Fuerza aplicada	12 258 N
Límite de elasticidad	207 MPa
Tensión máxima de Von Mises	135.284 MPa
Coefficiente de seguridad	1.53
mínimo	
Resultado	Cumple para la carga simulada

Nota. La escala presenta una tensión máxima de 135.3 MPa en las zonas próximas a los apoyos.

Figura 10

Distribución de la tensión de Von Mises en el travesaño del banco de comprobación



Fuente: (Propio, 2026).

Se realizó también una segunda simulación, esta vez considerando el peso propio del conjunto junto con las fuerzas ejercidas sobre el plato de presión, obteniéndose resultados que confirman nuevamente la estabilidad de la estructura (Figura 10).

3.3 Construcción y armado del banco de comprobación

La construcción se realizó en el taller de la Universidad Internacional del Ecuador. Esta etapa transformó el diseño digital realizado en Autodesk Inventor en una estructura física funcional para montar el plato de presión. El proceso incluyó preparación de perfiles metálicos, corte, soldadura, unión, armado y verificación final de la prensa.

El proceso inició con el corte de los perfiles de acero al carbono según las dimensiones requeridas para formar la base, columnas y travesaños. Posteriormente, las piezas fueron unidas mediante soldadura, verificando la alineación de la estructura y la rigidez necesaria para soportar la carga axial aplicada por la prensa hidráulica.

Figura 11

Corte de perfiles metálicos para la estructura



Fuente: (Propio, 2026).

Figura 12

Proceso de soldadura del banco de comprobación



Fuente: (Propio, 2026).

3.3.1 Armado y verificación final

Después de soldar las partes principales, se realizó la unión y ajuste de la estructura. En esta fase se verificó que la base, las columnas y el travesaño superior conservaran una correcta posición para que la prensa hidráulica quedara alineada con la zona central de trabajo.

Finalmente, se integró la prensa hidráulica con su manómetro. La estructura terminada permitió observar la disposición final del banco, dejando libre la zona central para colocar el plato de presión y realizar las pruebas de validación. La revisión final confirmó que el banco mantenía una altura de trabajo adecuada, una base estable y correcta alineación entre el sistema hidráulico y el plato.

Adicionalmente, se ejecutó una inspección técnica de seguridad y una prueba preliminar en vacío con el fin de garantizar la ausencia de fugas en el circuito hidráulico y verificar el libre desplazamiento de los componentes. Con esta última comprobación, el banco de trabajo quedó formalmente habilitado y en condiciones óptimas para dar inicio a la etapa de pruebas con carga real y recolección de datos.

Figura 13

Unión y ajuste de piezas principales



Fuente: (Propio, 2026).

Figura 14

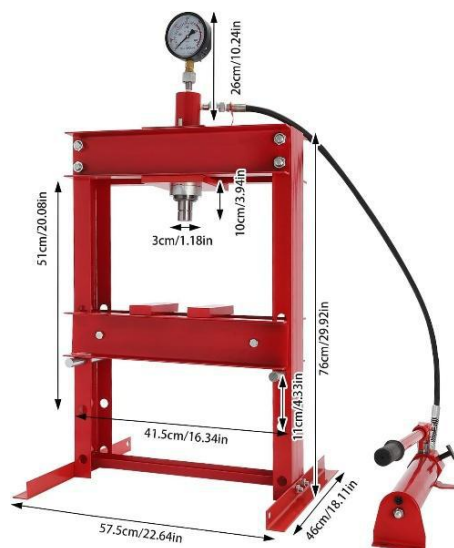
Banco armado y listo para validación



Fuente: (Propio, 2026).

Figura 15

Medidas generales de la prensa utilizada en el banco



Fuente: (Propio, 2026).

3.4 Ejecución de la validación del banco

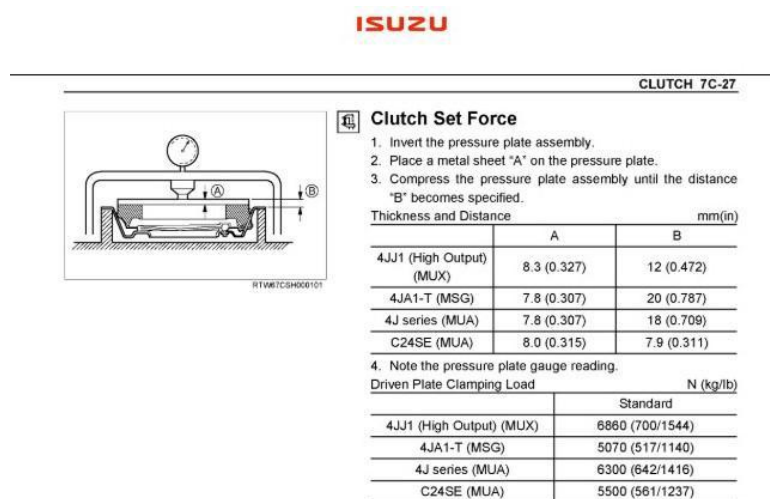
La validación se realizó con la finalidad de verificar que la estructura permita montar el plato de presión, aplicar carga axial de manera controlada y observar el desplazamiento del muelle diafragma. El procedimiento se llevó a cabo en el taller de la Universidad

Internacional del Ecuador, utilizando el banco construido, la prensa hidráulica, el manómetro de 5 toneladas y los instrumentos de medición disponibles.

La comprobación tomó como referencia el procedimiento indicado en el manual de servicio Isuzu para el embrague del motor 4JJ1 High Output.

Figura 16

Fuerza de aplicación y altura del diafragma según el fabricante



Fuente: (Isuzu Motors Limited, 2003)

Tabla 5

Valores de referencia para la validación

Parámetro	Valor de referencia
Platina metálica A	8,3 mm
Distancia de compresión B	12 mm
Fuerza de apriete	6860 N
Fuerza equivalente	700 kgf / 1544 lb-f
Altura del dedo del resorte diafragma H	49,9 - 51,9 mm

Nota. Los datos corresponden al manual Isuzu del motor 4JJ1 High Output.

3.4.1 Procedimiento de pruebas

El procedimiento inició con la revisión general del banco construido. Se verificó estabilidad, estado de las uniones soldadas y ubicación de la prensa hidráulica. Luego se

colocó el plato de presión sobre la base del banco, procurando mantenerlo centrado respecto al eje de empuje para evitar cargas laterales o compresión irregular del muelle diafragma.

La alineación del plato fue el punto más importante del procedimiento, porque una aplicación descentrada de la fuerza altera el recorrido medido y puede generar una apertura irregular del plato de presión.

Figura 17

Colocación de la platina metálica sobre el plato de presión



Fuente: (Propio, 2026).

3.4.2 Resultados de la prueba de fuerza de aplicación

Durante la prueba de fuerza de aplicación se utilizó una platina metálica de 8,3 mm indicada por el fabricante. La distancia obtenida en la prueba fue de 12 mm comprobando que entra en los parámetros de fuerza de aplicación.

Tabla 6

Resultados de la fuerza de aplicación

Parámetro evaluado	Valor
Platina A indicada por el fabricante	8,3 mm
Platina A utilizada en la prueba	8,3 mm
Distancia B indicada por el fabricante	12 mm
Distancia B obtenida en la prueba	12.02 mm
Recorrido medido con reloj comparador (dato adicional; no forma parte del procedimiento del manual del fabricante)	8,30 mm
Instrumento de medición	Reloj comparador
Manómetro utilizado	5 toneladas (fuerza aplicada: 6 860 N / 700 kgf, conforme al valor del fabricante)
Resultado técnico	Si cumple

Nota. La diferencia de platina modifica la distancia B de validación.

3.4.3 Resultados de la altura del dedo del resorte diafragma

La segunda prueba correspondió a la medición de la altura del dedo del resorte diafragma. Según el manual del fabricante para el motor 4JJ1 High Output, la altura H debe encontrarse entre 49,9 mm y 51,9 mm. Durante la prueba realizada, la altura obtenida fue de 33,90 mm, valor que se encuentra fuera del rango permitido.

Tabla 7

Resultados de altura del diafragma

Parámetro evaluado	Valor
Rango permitido por el fabricante	49,9 - 51,9 mm
Altura obtenida en la prueba	33,90 mm
Diferencia respecto al límite inferior	16,0 mm por debajo
Resultado técnico	No cumple

Nota. El valor obtenido queda por debajo del límite inferior especificado.

Figura 18

Referencia del manual para altura H

3. Measure the spring height from base to spring tip "H". If the measured value exceeds the specified limit, the pressure plate assembly must be replaced.

Spacer Thickness mm(in)

	A	B
4JJ1 (High Output) (MUX)	8.3 (0.327)	12 (0.472)
4JA1-T (MSG)	7.8 (0.307)	20 (0.787)
4J series (MUA)	7.8 (0.307)	18 (0.709)
C24SE (MUA)	8.0 (0.315)	7.9 (0.311)

Finger Height: $\textcircled{H}$ mm(in)

4JJ1 (High Output) (MUX)	49.9-51.9 (1.96-2.04)
4JA1-T (MSG)	31-33 (1.22-1.30)
4J series (MUA)	39-41 (1.54-1.61)
C24SE (MUA)	39-41 (1.54-1.61)

Fuente: (Isuzu Motors Limited, 2003).

Figura 19*Medición de altura del diafragma**Fuente:* (Propio, 2026).

El resultado indica que el plato de presión evaluado no cumple con la condición técnica requerida, ya que la altura medida se encuentra por debajo del límite inferior establecido por el fabricante.

3.4.4 Análisis de los resultados

Los resultados permiten diferenciar entre el funcionamiento del banco y el estado técnico del plato de presión evaluado. El banco cumple con la función para la cual fue diseñado, ya que permitió sostener el plato, aplicar carga axial, observar el desplazamiento del muelle diafragma y registrar el recorrido generado durante la compresión.

La estabilidad de la estructura confirma que el proceso de construcción fue adecuado. Las etapas de corte, soldadura y unión permitieron obtener un banco rígido para el ensayo. Además, la ubicación de la prensa facilitó la aplicación vertical de carga, reduciendo el riesgo de cargas excéntricas.

En la prueba de fuerza, el recorrido medido fue de 8,30 mm. Aunque la platina utilizada no fue igual a la especificada por el fabricante, la corrección aplicada permitió interpretar la diferencia entre el valor de referencia y el valor obtenido. Por tanto, la prueba valida el banco

como equipo de comprobación estática, aunque no reproduce exactamente la condición original del manual.

En la prueba de altura del diafragma, el resultado fue concluyente: la medida de 33,90 mm se encuentra aproximadamente 16,0 mm por debajo del límite inferior. Esto permite determinar que el plato de presión evaluado se encuentra fuera de especificación y no se considera apto para reutilización.

3.5 Guía práctica de laboratorio

Esta guía práctica de laboratorio reúne las tablas y los pasos necesarios para ejecutar, registrar e interpretar las dos pruebas principales del banco. Su propósito es orientar el uso correcto del banco de comprobación del plato de presión y estandarizar el procedimiento de comprobación para las prácticas de los estudiantes

El procedimiento permite realizar una comprobación estática del conjunto, aplicando carga axial sobre el muelle diafragma y observando el desplazamiento generado durante el accionamiento.

La práctica se desarrolla en dos etapas: la primera corresponde a la fuerza de aplicación del embrague y medición del recorrido; la segunda corresponde a la medición de la altura del dedo del resorte diafragma.

3.5.1 Objetivos, equipos y seguridad

Objetivo general: comprobar el estado funcional del plato de presión mediante dos pruebas: fuerza de aplicación del embrague y medición de altura del dedo del resorte diafragma.

Objetivos específicos de la práctica: identificar las partes del banco y del plato de presión; realizar la prueba de fuerza de aplicación; medir el recorrido con reloj comparador; medir la altura del dedo del resorte diafragma; comparar los resultados con el rango del fabricante y determinar si el plato cumple con la especificación técnica.

Tabla 8*Equipos e implementos de seguridad*

Elemento	Función
Banco de comprobación	Soporte principal de la prueba.
Plato de presión	Componente evaluado.
Prensa hidráulica	Aplica carga axial.
Manómetro de 5 toneladas	Permite observar la carga aplicada.
Reloj comparador	Mide el recorrido del plato.
Regla o calibrador	Verifica medidas de referencia.
Platina metálica	Elemento separador durante la prueba.
Manual técnico Isuzu	Aporta valores de referencia.
Guantes y gafas	Protección del estudiante.

Nota. Estos elementos permiten ejecutar la práctica con control y seguridad.

Tabla 9*Riesgos y medidas preventivas*

Riesgo	Medida preventiva
Atrapamiento de manos	Mantener las manos fuera de la zona de compresión.
Carga brusca	Accionar la prensa lentamente.
Desalineación del plato	Centrar el conjunto antes de aplicar carga.
Movimiento de la estructura	Verificar estabilidad antes de iniciar.
Error de lectura	Revisar manómetro y reloj comparador.
Proyección de partículas	Usar gafas de seguridad.

Nota. Las medidas preventivas deben aplicarse antes y durante el ensayo.

3.5.2 Prueba 1: Fuerza de aplicación del embrague

La prueba permite comprobar el comportamiento del plato de presión cuando se aplica carga axial sobre el muelle diafragma. Ayuda a observar desplazamiento, apertura y respuesta del conjunto durante la compresión.

Tabla 10

Procedimiento de la prueba de fuerza.

Paso	Actividad	Descripción	Imagen del paso
1	Inspección del banco	Verificar que el banco esté limpio, sin fugas de hidráulico y en perfecto estado antes de iniciar la prueba.	 <i>Inspección visual del banco de comprobación.</i>
2	Colocación del plato de presión	Colocar el plato de presión de la prueba de fuerza invertido (boca arriba), alineado con el pistón de la prensa, conforme al procedimiento del manual del fabricante.	 <i>Plato de presión invertido y alineado con el pistón de la prensa.</i>
3	Colocación de la platina de 8,3 mm	Colocar la platina de 8,3 mm sobre el plato y comenzar a acercar el cilindro de la prensa hacia la platina.	 <i>Colocación de la platina de 8,3 mm y acercamiento del cilindro.</i>
4	Colocación de implementos adicionales	Instalar el reloj comparador y demás implementos adicionales necesarios para la medición.	

Paso	Actividad	Descripción	Imagen del paso
			<i>Instalación de los implementos adicionales para la medición.</i>
5	Toma de datos	Registrar la lectura del manómetro (fuerza) y la altura indicada por el manual del fabricante. El reloj comparador es una aportación adicional para conocer el recorrido obtenido.	 <i>Toma de datos del manómetro y de la altura según el manual del fabricante.</i>
6	Liberación de presión	Liberar la presión de la prensa para dar por terminada la prueba y recoger las herramientas para realizar la segunda prueba.	 <i>Liberación de presión al finalizar la prueba.</i>

Nota. La carga debe aplicarse de forma progresiva y con el conjunto centrado.

Figura 20

Procedimiento de fuerza de aplicación según manual del fabricante para el motor 4JJ1

ISUZU

CLUTCH 7C-27

RTWTCGSH000101

Clutch Set Force

1. Invert the pressure plate assembly.
2. Place a metal sheet "A" on the pressure plate.
3. Compress the pressure plate assembly until the distance "B" becomes specified.

Thickness and Distance mm(in)		
	A	B
4JJ1 (High Output) (MUX)	8.3 (0.327)	12 (0.472)
4JA1-T (MSG)	7.8 (0.307)	20 (0.787)
4J series (MUA)	7.8 (0.307)	18 (0.709)
C24SE (MUA)	8.0 (0.315)	7.9 (0.311)

4. Note the pressure plate gauge reading.

Driven Plate Clamping Load N (kg/lb)	
	Standard
4JJ1 (High Output) (MUX)	6860 (700/1544)
4JA1-T (MSG)	5070 (517/1140)
4J series (MUA)	6300 (642/1416)
C24SE (MUA)	5500 (561/1237)

Fuente: (Isuzu Motors Limited, 2003).

Tabla 11

Registro de datos de la primera prueba.

Dato registrado	Valor
Motor de referencia	4JJ1 High Output
Platina A indicada por el fabricante	8,3 mm
Platina A utilizada en la prueba	8.3 mm
Distancia B indicada por el fabricante	12 mm
Distancia B obtenida en la prueba	12.02 mm
Recorrido medido con reloj comparador (dato adicional; no forma parte del procedimiento del manual del fabricante)	8.30 mm
Manómetro utilizado	5 toneladas (fuerza aplicada: 6860 N / 700 kgf, conforme al valor del fabricante)
Observaciones	La prueba se realizó con éxito

Nota. Los resultados deben compararse con la referencia del fabricante.

3.5.3 Prueba 2: Altura del dedo del resorte diafragma

La prueba de altura del dedo del resorte diafragma permite verificar si las puntas del diafragma conservan la altura especificada por el fabricante. Esta medición es importante porque una altura fuera del rango puede indicar deformación, desgaste o pérdida de elasticidad del plato de presión.

Tabla 12

Procedimiento de medición de altura H

Paso	Actividad	Descripción	Imagen del paso
1	Inspección del banco	Verificar que el banco esté limpio, sin fugas de hidráulico y en buen estado antes de iniciar la prueba.	 <i>Inspección visual del banco de comprobación.</i>

Paso	Actividad	Descripción	Imagen del paso
2	Colocación del plato de presión	Colocar el plato de presión boca abajo, de manera correcta (sin invertir), para proceder a tomar las mediciones.	 <i>Colocación correcta del plato de presión.</i>
3	Aproximación del pistón	Aproximar el pistón del cilindro, alineado con el diafragma del plato de presión, para realizar la prueba de medición de altura.	 <i>Aproximación del pistón alineado con el diafragma.</i>
4	Medición de altura	Medir la altura con el pie de rey (calibrador) y registrar los datos obtenidos.	 <i>Medición de la altura con el pie de rey y toma de datos.</i>
5	Liberación del plato	Liberar el plato de presión para dar por finalizada la prueba.	 <i>Liberación del plato al finalizar la prueba.</i>

Nota. La medición requiere compresión uniforme y correcta alineación.

Figura 21

Referencia del manual para la altura H del diafragma

3. Measure the spring height from base to spring tip "H". If the measured value exceeds the specified limit, the pressure plate assembly must be replaced.

Spacer Thickness		mm(in)
	A	B
4JJ1 (High Output) (MUX)	8.3 (0.327)	12 (0.472)
4JA1-T (MSG)	7.8 (0.307)	20 (0.787)
4J series (MUA)	7.8 (0.307)	18 (0.709)
C24SE (MUA)	8.0 (0.315)	7.9 (0.311)
Finger Height: $\oplus$		mm(in)
4JJ1 (High Output) (MUX)	49.9-51.9 (1.96-2.04)	
4JA1-T (MSG)	31-33 (1.22-1.30)	
4J series (MUA)	39-41 (1.54-1.61)	
C24SE (MUA)	39-41 (1.54-1.61)	

Fuente: (Isuzu Motors Limited, 2003).

Tabla 13

Registro de datos de la segunda prueba.

Dato registrado	Valor
Motor de referencia	4JJ1 High Output
Rango de altura H según fabricante	49.9 – 51.9 mm
Altura H obtenida	33.90 mm
Diferencia respecto al límite inferior	16 mm por debajo
Estado visual del diafragma	Registrar observación
Resultado técnico	Cumple / No cumple
Observaciones	Describir deformación, desgaste o comportamiento observado.

Nota. El estado técnico se define al comparar la medida con el rango permitido.

La medida obtenida debe compararse directamente con el rango establecido por el fabricante. Si el valor está dentro de 49,9 mm a 51,9 mm, el plato cumple con la

especificación. Si está por debajo o por encima del rango, el plato se considera fuera de especificación y no apto para reutilización.

3.5.4 Interpretación de los datos

En la Prueba 1 (fuerza de aplicación), el banco reprodujo con precisión las condiciones especificadas por el fabricante: la platina utilizada (8,3 mm) coincidió con la indicada en el manual, la distancia B obtenida (12,02 mm) se ajustó al valor de referencia (12 mm) y se alcanzó la fuerza de apriete de 6 860 N (700 kgf). El recorrido de 8,30 mm medido con el reloj comparador es un dato complementario que no forma parte del procedimiento oficial del fabricante, pero confirma el desplazamiento generado por el muelle diafragma bajo carga.

En la Prueba 2 (altura del dedo del resorte diafragma), el valor obtenido (33,90 mm) resultó muy por debajo del rango admisible (49,9 mm a 51,9 mm), con una diferencia de 16,0 mm respecto al límite inferior. Esta desviación es atribuible a un defecto de fabricación del muelle diafragma y no a desgaste por uso. Por lo tanto, el plato de presión evaluado no cumple con la especificación técnica del fabricante y no se considera apto para reutilización, lo que confirma la utilidad del banco como herramienta de diagnóstico técnico.

3.6 Cierre del capítulo

El desarrollo del capítulo permitió cumplir los tres objetivos específicos. Se diseñó el banco en Autodesk Inventor con una estructura tipo prensa vertical, se construyó y validó en el taller, y se elaboró una guía práctica para su uso seguro en el laboratorio.

Las pruebas confirmaron el funcionamiento del banco como herramienta de comprobación estática. Se registró un recorrido de 8,30 mm y una fuerza de apriete de 6 860 N (700 kgf), valores que demostraron su capacidad para aplicar carga axial, observar la apertura del plato y medir su desplazamiento.

La altura del dedo del resorte diafragma fue de 33,90 mm, mientras que el fabricante establece un rango de 49,9 a 51,9 mm para el motor 4JJ1 High Output. Por ello, el plato evaluado no cumple con la especificación técnica y no se considera apto para su reutilización.

Tabla 14*Síntesis de validación funcional*

Criterio	Resultado
¿El banco permitió montar correctamente el plato?	Sí
¿La prensa aplicó carga de manera controlada?	Sí
¿Se pudo medir el recorrido del plato?	Sí
¿La altura H estuvo dentro del rango del fabricante?	No
¿El plato de presión cumple con las especificaciones?	No cumple

Nota. El banco funciona para la prueba, aunque el plato evaluado no cumple.

En síntesis, el banco de comprobación se convierte en una herramienta didáctica y funcional para relacionar la teoría del sistema de embrague con una comprobación real en el taller de la Universidad Internacional del Ecuador.

Capítulo IV

Resultados y validación del banco de comprobación

4.1 Introducción

La finalidad de este capítulo fue comprobar la coherencia entre el diseño propuesto, el banco construido y las condiciones técnicas requeridas para evaluar el plato de presión de embrague del sistema 4JJ1 High Output. A diferencia del capítulo metodológico, esta sección se centra en interpretar los resultados alcanzados y en establecer si el equipo responde al objetivo de servir como banco didáctico y técnico para embragues de vehículos livianos.

El análisis se orientó a tres aspectos principales: la correspondencia entre el diseño digital y el banco físico, el comportamiento del conjunto durante la comprobación del plato de presión, y la utilidad del banco para prácticas de diagnóstico. Se mantuvo el alcance definido para vehículos sedán y pick-up, excluyendo embragues de camiones, buses o maquinaria pesada.

4.2 Resultados del diseño y construcción del banco

El resultado del diseño fue un banco compacto, de accionamiento axial, capaz de alojar el plato de presión y aplicar carga mediante una prensa hidráulica de 10 toneladas. La estructura mantiene una base estable, columnas laterales, travesaño superior y una zona central de trabajo, lo cual permite centrar el plato de presión y observar la respuesta del resorte de diafragma durante la compresión.

4.2.1 Análisis del diseño realizado en Autodesk Inventor

El diseño en Autodesk Inventor permitió prever la ubicación de la prensa, la posición del plato de presión y el espacio de trabajo necesario para el operador. Adicionalmente, el análisis estructural estático del travesaño desarrollado sobre el ensamblaje, presentado en el Capítulo III, confirmó que la estructura no presenta riesgo de resonancia bajo las condiciones de operación manual. Esta validación anticipada resultó clave para garantizar que la carga aplicada permanezca centrada sobre el diafragma sin comprometer la rigidez del conjunto.

4.2.2 Verificación de la estructura construida

La estructura construida permite sostener el plato de presión de forma estable durante la compresión. El bastidor de acero al carbono estructural soldado proporciona rigidez suficiente para el uso académico y técnico, mientras que la base facilita el apoyo del conjunto sin desplazamientos laterales. La prensa hidráulica de 10 toneladas, con una capacidad aproximada de 98,1 kN, se considera ampliamente suficiente porque supera en gran medida la fuerza de apriete requerida por el fabricante (6 860 N) durante el ensayo.

4.2.3 Comparación entre el diseño digital y el banco físico

La comparación entre el diseño digital y el banco construido evidenció correspondencia funcional entre ambos. Las diferencias observadas se relacionan principalmente con tolerancias de fabricación y ajustes propios del proceso de soldadura, sin que estas modifiquen el principio de funcionamiento previsto: la aplicación de carga axial centrada y el alojamiento del plato de presión se mantuvieron según lo diseñado.

Tabla 15

Matriz de trazabilidad entre diseño, construcción y validación

Elemento evaluado	Criterio técnico	Resultado verificado	Interpretación
Base del banco	Estabilidad del conjunto	Apoyo uniforme sin desplazamientos laterales	Adecuado para montaje estático
Columnas laterales	Rigidez estructural	Sin interferencia con la zona de trabajo	Permite operación controlada
Travesaño superior	Soporte de la prensa	Ubicación centrada respecto al plato de presión	Favorece la carga axial
Prensa hidráulica	Capacidad nominal de 10 t	Margen amplio frente a 6 860 N requeridos	Capacidad técnica favorable
Zona de medición	Acceso visual y manual	Permite lectura de distancia B y altura H	Útil para diagnóstico básico

Nota. Relación entre los componentes del banco y los criterios de validación técnica.

4.3 Resultados de las pruebas de comprobación

La comprobación del banco se organizó a partir del plato de presión del motor 4JJ1 High Output, correspondiente a un sistema de plato único con resorte de diafragma. El procedimiento consideró la aplicación de carga con la prensa hidráulica, controlando la platina de referencia, la distancia B y la altura H del dedo del resorte diafragma. Las lecturas se interpretaron respecto a los valores técnicos del manual: fuerza de apriete de 6 860 N, distancia B de 12 mm y altura H entre 49,9 mm y 51,9 mm.

4.3.1 Condiciones de prueba del plato de presión 4JJ1 High Output

El plato se ubicó de forma centrada sobre la base del banco, manteniendo el eje de la prensa alineado con la zona central del diafragma. La carga se aplicó de manera controlada para evitar deformaciones bruscas y permitir el registro visual del desplazamiento. Las condiciones de prueba se limitaron a embragues de vehículos sedán y pick-up, debido a que el banco no fue diseñado para sistemas de mayor diámetro o mayor exigencia estructural.

Tabla 16

Condiciones técnicas de comprobación del plato 4JJ1 High Output

Parámetro	Condición aplicada	Justificación técnica
Tipo de embrague	Plato único con resorte de diafragma	Corresponde al sistema 4JJ1 High Output
Diámetro nominal	275 mm	Reportado por el manual técnico del fabricante
Equipo de carga	Prensa hidráulica de 10 toneladas	Permite aplicar carga gradual con margen suficiente
Fuerza de apriete aplicada	6 860 N	Coincide con el valor especificado por el fabricante
Distancia B obtenida	12,02 mm	Próxima a la distancia especificada de 12 mm
Altura H obtenida	33,90 mm	Fuera del intervalo técnico de 49,9 mm a 51,9 mm

Nota. Especificaciones del manual técnico Isuzu para el motor 4JJ1 High Output.

4.3.2 Síntesis de la Prueba 1: fuerza de aplicación

En la prueba de fuerza de aplicación, el banco reprodujo las condiciones especificadas por el fabricante: la platina utilizada coincidió exactamente con la indicada en el manual (8,3

mm), la distancia B obtenida (12,02 mm) se ajustó al valor de referencia, y se alcanzó la fuerza de apriete de 6 860 N. El resultado técnico fue Sí cumple (véase Tabla 5 y Tabla 6, Capítulo III).

4.3.3 Síntesis de la Prueba 2: altura del dedo del resorte diafragma

En la prueba de altura del dedo del resorte diafragma, el valor obtenido (33,90 mm) resultó significativamente inferior al rango admisible (49,9 mm a 51,9 mm), con una diferencia de 16,0 mm respecto al límite inferior. El resultado técnico fue No cumple (véase Tabla 7, Capítulo III), atribuible a un defecto de fabricación del muelle diafragma y no a desgaste por uso, dado el buen estado general del componente evaluado.

4.3.4 Funcionamiento de la prensa hidráulica

La prensa hidráulica de 10 toneladas presenta una capacidad aproximada de 98,1 kN. Frente a una fuerza de apriete de 6 860 N (6,86 kN), el banco trabaja con un margen amplio de capacidad, equivalente a utilizar apenas un 7 % de su capacidad nominal, lo cual favorece la aplicación controlada de carga sin forzar el equipo. Esta condición no implica operar a máxima capacidad; por el contrario, el procedimiento debe ejecutarse con incrementos controlados y con el plato debidamente centrado.

Tabla 17

Relación entre capacidad de la prensa y fuerza de referencia

Variable	Valor técnico	Relación calculada	Interpretación
Capacidad nominal de la prensa	10 t $\approx$ 98,1 kN	100 % de capacidad disponible	Equipo suficiente para la comprobación
Fuerza de apriete aplicada	6 860 N (6,86 kN)	$\approx$ 7 % de la capacidad nominal	Aplicación con amplio margen
Fuerza estándar del manual	6 860 N	Coincide exactamente	Referencia técnica confirmada Evita esfuerzos
Condición crítica	Carga centrada	Obligatoria	laterales y lecturas incorrectas

Nota. El cálculo confirma la suficiencia de la prensa y la necesidad de un control adecuado.

4.4 Análisis técnico de los resultados

El análisis técnico se concentró en determinar si el banco permite aplicar carga axial, mantener estable el plato de presión y detectar condiciones de falla mediante la comparación con el manual técnico del fabricante.

4.4.1 Comparación con las especificaciones del manual técnico

La comparación con el manual técnico permitió establecer que el banco responde de manera compatible con las condiciones requeridas para comprobar el plato de presión en la Prueba 1, mientras que en la Prueba 2 evidenció una condición fuera de especificación en el componente evaluado, no en el banco.

Tabla 18

Especificaciones técnicas frente a valores verificados

Variable	Especificación técnica	Valor de verificación	Diferencia aproximada	Lectura técnica
Platina A	8,3 mm	8,3 mm	0 %	Coincidencia exacta
Distancia B	12,0 mm	12,02 mm	+0,2 %	Compatible con la compresión
Fuerza de apriete	6 860 N	6 860 N	0 %	Coincidencia exacta
Altura H	49,9-51,9 mm	33,90 mm	≈32 % por debajo del límite inferior	Fuera de especificación; defecto de fabricación

Nota. Las diferencias reflejan la precisión del banco y su capacidad de diagnóstico.

4.4.2 Evaluación cualitativa de la funcionalidad del banco

La funcionalidad del banco se evaluó de forma cualitativa a partir de cinco criterios: alineación, rigidez, compatibilidad, seguridad y medición. La evaluación confirma que el banco resulta útil para prácticas de comprobación técnica, siempre que se emplee con procedimiento controlado y equipo de protección personal.

Tabla 19*Evaluación cualitativa por criterio técnico*

Criterio	Valoración	Interpretación
Alineación	Adecuada	El eje de la prensa se mantiene centrado respecto al plato
Rigidez	Adecuada	Confirmada por el análisis estructural estático del travesaño, sin riesgo de resonancia
Compatibilidad	Alta	Apto para embragues de vehículos sedán y pick-up
Seguridad	Requiere atención	Zona de compresión mecánica expuesta al operador
Medición	Adecuada	Permite registrar distancia B y altura H con instrumentos manuales

Nota. La valoración resume la funcionalidad del banco y orienta futuras mejoras.

4.4.3 Limitaciones encontradas durante las pruebas

Las principales limitaciones se relacionan con el alcance del banco a vehículos livianos, la precisión de los instrumentos de medición manual y la ausencia de adquisición electrónica de datos, tal como se detalla en el apartado de Limitaciones del Capítulo III. El banco no reproduce condiciones de temperatura, giro ni transmisión real de torque, por lo que sus resultados deben interpretarse dentro de un enfoque de comprobación estática.

4.5 Validación del banco de comprobación

La validación del banco se estableció a partir del cumplimiento de tres condiciones: capacidad suficiente de la prensa hidráulica, correspondencia con los parámetros del manual técnico y posibilidad de detectar condiciones de falla en el plato de presión. Los resultados muestran que el equipo cumple con estas condiciones dentro del alcance definido para vehículos sedán y pick-up.

4.5.1 Cumplimiento de los objetivos del proyecto

El objetivo general de diseñar el banco se cumplió mediante el modelo elaborado en Autodesk Inventor y su validación por análisis modal.

El primer objetivo específico, construir el banco, se cumplió con el armado de la estructura de acero soldado en el taller de la Universidad Internacional del Ecuador.

El segundo objetivo específico, validar el funcionamiento del equipo, se atendió mediante la comparación técnica con los parámetros del manual y la ejecución de ambas pruebas de comprobación.

El tercer objetivo específico, elaborar una guía práctica de uso, se cumplió como complemento necesario para estandarizar el procedimiento.

Tabla 20

Validación del cumplimiento de objetivos

Objetivo	Evidencia considerada	Resultado	Estado
	Modelo en Autodesk		
Diseño del banco	Inventor y análisis estructural estático del travesaño	Estructura sin riesgo de resonancia	Cumplido
Construcción del banco	Armado en el taller de la Universidad Internacional del Ecuador	Estructura estable y alineada	Cumplido
Validación funcional	Prueba 1 (fuerza) y Prueba 2 (altura H)	Prueba 1 cumple; Prueba 2 detecta defecto de fábrica	Cumplido
Guía práctica de uso	Elaboración de la guía de laboratorio	Documento entregado	Cumplido

Nota. La matriz vincula cada objetivo específico con su evidencia y resultado.

4.5.2 Aplicabilidad según tipo de vehículo

El banco es aplicable principalmente a embragues de vehículos sedán y pick-up, debido a que estos sistemas poseen dimensiones y cargas compatibles con la estructura construida y con la capacidad de la prensa hidráulica. La evaluación del plato de presión del motor 4JJ1 High Output resulta pertinente, ya que corresponde a un conjunto utilizado en vehículos livianos y permite comprobar el accionamiento del resorte de diafragma bajo carga controlada.

Tabla 21*Alcance de aplicación del banco según tipo de vehículo*

Tipo de vehículo	Compatibilidad del embrague	Aplicabilidad	Observación
Sedán	Embragues livianos de diámetro similar	Alta	Permite comprobar fuerza y altura H
Pick-up	Compatible con el sistema 4JJ1 High Output	Alta	Caso evaluado en este proyecto
Camión o bus	Embragues de mayor capacidad	No recomendable	Fuera del alcance estructural del banco
Maquinaria pesada	Alta carga y grandes dimensiones	No aplicable	Requiere banco industrial especializado

Nota. La clasificación delimita el uso seguro del banco dentro de su alcance de diseño

4.5.3 Utilidad académica y técnica del banco

El banco presenta utilidad académica porque permite visualizar el comportamiento del plato de presión y el resorte de diafragma durante la compresión, transformando un componente interno del sistema de embrague en una experiencia observable y medible dentro del taller o laboratorio. Desde el punto de vista técnico, el banco permite apoyar diagnósticos básicos relacionados con defectos de fabricación no evidentes a simple vista, tal como se demostró en la Prueba 2 de este proyecto. Su uso debe complementarse con la guía práctica elaborada, instrumentos de medición calibrados y supervisión técnica.

Conclusiones

Se diseñó un banco de comprobación para platos de presión de embragues en transmisiones manuales. El equipo permite aplicar carga axial de forma controlada, mantener alineado el componente y realizar una evaluación estática de sus principales parámetros funcionales.

Se construyó el banco mediante una estructura de acero soldado y una configuración tipo prensa vertical. El análisis estático del travesaño, realizado con una carga de 12 258 N, obtuvo una tensión máxima de 135,284 MPa, inferior al límite elástico de 207 MPa, y un coeficiente de seguridad de 1,53, confirmando su capacidad dentro del rango analizado.

Se validó el funcionamiento del banco mediante la aplicación de una fuerza de apriete de 6 860 N. Asimismo, la medición de la altura del resorte diafragma permitió identificar un valor de 33,90 mm, fuera del rango de 49,9 a 51,9 mm establecido por el fabricante, demostrando la utilidad diagnóstica del equipo.

Se elaboró una guía de práctica de laboratorio que organiza el montaje del plato, la aplicación de carga, la medición de parámetros y la interpretación de resultados. Este documento facilita el uso seguro del banco y fortalece el aprendizaje práctico de los estudiantes de Ingeniería Automotriz.

Recomendaciones

Se recomienda al Laboratorio de Ingeniería Automotriz utilizar el banco únicamente dentro del rango de carga evaluado, verificando antes de cada ensayo la correcta alineación del plato y del punto de aplicación de la fuerza.

Se recomienda al personal técnico inspeccionar periódicamente los travesaños, perfiles, soldaduras, apoyos y elementos de fijación. Cualquier deformación, fisura o deterioro deberá corregirse antes de volver a utilizar el equipo.

Se recomienda emplear instrumentos calibrados y ampliar la validación con platos de presión de diferentes marcas, dimensiones y condiciones de uso. Esto permitirá obtener más resultados y comprobar la aplicabilidad del banco en otros vehículos livianos.

Se recomienda a los docentes aplicar la guía durante las prácticas de laboratorio y actualizarla cuando se incorporen nuevos componentes, instrumentos o procedimientos de comprobación.

Referencias

- Abril Aguirre, C. A., & Rubiano Salamanca, H. Y. (2019). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para la guaya embrague del Hyundai Atos* [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].
- Alonso, J. M. (2018). *Sistemas de Transmisión de Fuerza y Trenes de Rodaje*. Ediciones Paraninfo.
- Ávila Heras, J. C., & Padrón Correa, R. J. (2010). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para embragues de disco a fricción con visualización de datos de su funcionamiento para el laboratorio de tren de fuerza motriz y rehabilitación de las maquetas existentes* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana].
- Barahona Cobo, J. E., & Pozo Gordillo, E. M. (2012). *Modificación y preparación de un vehículo Chevrolet Corsa 1600cc para competencias de rally: Trucaje y preparación de una caja de cambios* [Tesis de grado, Universidad Internacional del Ecuador].
- Borucka, A. (2021). Method of testing the readiness of means of transport with the use of semi-Markov processes. *Transport*, 36(1), 75–83.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2021). *Diseño de elementos de máquinas de Shigley* (11a ed.). McGraw-Hill.
- Bustamante Vergara, D. A. (2022). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para frenos y embragues* [Pasantía institucional, Universidad Autónoma de Occidente].
- Cáceres Miranda, D. G., Reyes López, S., & Vásquez Valbuena, A. S. (2018). *Diseño, montaje y puesta a punto del sistema de transmisión de potencia del banco de pruebas de motores de la Fundación Universitaria Los Libertadores* [Trabajo de grado, Fundación Universitaria Los Libertadores].
- Cascante Santos, F. F. (2014). *Diseño, construcción y validación de componentes mediante cálculos, de un banco de pruebas para embragues, para la implementación en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Automotriz* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].

- Chérrez Guayta, L. F., & Bermeo Lara, G. L. (2014). *Implementación de un banco didáctico de un sistema de transmisión automática de Suzuki Forza modelos 1 y 2 para la Escuela de Ingeniería Automotriz* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
- Cruz Correa, F. A., & Motoche Mogro, H. G. (2024). *Implementación de un Banco Didáctico para Cajas Automáticas DSG 7 para Pruebas de Funcionamiento y Detección de Fallas* [Trabajo de titulación, Universidad Internacional del Ecuador]. Repositorio Institucional UIDE.
- García, P., & Muñoz, L. (2021). Efecto de la temperatura en el rendimiento del plato de presión del embrague. *Ingeniería de Transporte*, 9(2), 34–48.
- García, R., & Hernández, M. (2020). Métodos de calibración de sensores de presión y desplazamiento en sistemas de embrague. *Journal of Automotive Testing*, 15(1), 75–89.
- González Lizama, M. V., & Calvachi Quintana, J. O. (2014). *Elaboración y diseño de un manual de procedimientos para el área del taller de servicio automotriz* [Tesis de grado, Universidad Internacional del Ecuador].
- Guerrero Macias, E. A. (2026). *Desarrollo de un banco didáctico de dirección electro-asistida* [Trabajo de integración curricular, Universidad Internacional del Ecuador]. Repositorio Institucional UIDE.
- Isuzu Motors Limited. (2003). *Manual de servicio serie TF: Embrague (Sección 7C)* (Manual N.º TFCLU-WS-0431).
- Jones, L. (2019). Diseño de prototipo de banco de ensayo para caracterización del plato de presión de embrague. *Revista de Ingeniería Mecánica*, 23(2), 45–58.
- Lee, J., & Park, S. (2018). Análisis de la influencia de la carga en pruebas de componentes de embrague. *Revista de Ingeniería Automotriz*, 12(3), 112–125.
- Llulluna Yanacallo, L. F., & Vivar Campoverde, S. I. (2013). *Implementación de un banco didáctico de una transmisión automática de tren epicycloidal en la Escuela de Ingeniería Automotriz* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].

- Llumiquinga Oña, K. L., & Chanchicocha Llumiguano, E. U. (2025). *Optimización del banco de pruebas para la caracterización de embragues de disco de fricción para el laboratorio de tren de fuerza motriz de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la sede Quito* [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana].
- LuK. (2015). *Clutch course: Clutch system technology*. Schaeffler Automotive Aftermarket.
- LuK. (2019). *Tecnología de Embragues: Manual Técnico*. Schaeffler Automotive Aftermarket.
- Martínez, P., López, A., & Rodríguez, S. (2022). Manual de buenas prácticas para bancos de comprobación automotriz. *Revista Internacional de Mantenimiento Vehicular*, 10(3), 120–135.
- Martínez, R., & Ruiz, A. (2021). Efecto de la velocidad de carga en sistemas de embrague. *Revista de Ingeniería Automotriz*, 14(1), 33–47.
- Mott, R. L. (2020). *Diseño de elementos de máquinas* (6a ed.). Pearson Educación.
- Noroña Merchán, M. V., Puente Moromenacho, E. G., Leguisamo Milla, J. C., & Celi Ortega, S. F. (2018). Estudio de emisiones contaminantes producidas por un motor MEP con transmisión automática y transmisión manual. *INNOVA Research Journal*, 3(4), 120–128.
- Ordóñez Jaramillo, L. I., & Díaz Guerrero, D. A. (2024). *Implementación de un banco de pruebas para la caracterización de embragues de tipo disco de fricción para el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito* [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana].
- Pacheco, A., Jiménez, B., & Ordóñez, C. (2021). Análisis de la interacción de componentes en sistemas de embrague. *Revista de Ingeniería Automotriz Avanzada*, 8(2), 99–112.
- Pérez, J., & Gómez, L. (2020). Fatiga y durabilidad bajo ciclos de carga en componentes de embrague. *Journal of Mechanical Fatigue*, 8(2), 58–72.
- Robert Bosch GmbH. (2022). *Manual de la técnica de la automoción* (5a ed.). Bentley Publishers.
- Rodríguez, M., & Sánchez, L. (2021). Estrategias de instrumentación en bancos de ensayo automotriz. *Revista de Ingeniería de Precisión*, 7(4), 55–68.

- Schaeffler. (2012). *LuK failure diagnosis: Clutch system diagnosis guide*. Schaeffler Automotive Aftermarket.
- Torres, F., Delgado, A., & Pérez, E. (2022). Influencia de la rigidez estructural en equipos de prueba automotriz. *Journal of Mechanical Structures*, 10(2), 102–117.