



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

**TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE TRANSEJES
TIPO CVT**

AUTORES:

**CAIZA GALLO JONATAN GUSTAVO
PUEBLA ROSERO CARLOS ADRIÁN**

DIRECTOR: ING. HERNÁNDEZ RUEDA ERIK PAÚL, MSc.

Ibarra, Enero 2022

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “Implementación de un banco de pruebas de transejes tipo CVT” presentado por los señores: Jonatan Gustavo Caiza Gallo con número de cédula 1724636285 y Carlos Adrián Puebla Rosero con número de cédula 0401322615, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 14 días del mes enero del 2022.

Atentamente

**ERIK PAUL
HERNANDEZ
RUEDA**

Firmado digitalmente por
ERIK PAUL HERNANDEZ
RUEDA
Fecha: 2022.01.13 09:54:20

Ing. Erik Paúl Hernández Rueda MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1724636285		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Caiza Gallo Jonatan Gustavo		
DIRECCIÓN:	Quito, Ecuador		
EMAIL:	jgcaizag@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2 556 575	MÓVIL	0987646166
DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401322615		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Carlos Adrián Puebla Rosero		
DIRECCIÓN:	Quito, Ecuador		
EMAIL:	capuebla@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	3 470 057	MÓVIL	098 432 1769

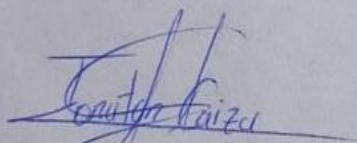
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Implementación de un banco de pruebas de transejes tipo CVT
AUTORES:	Jonatan Gustavo Caiza Gallo Carlos Adrián Puebla Rosero
FECHA:	Ibarra 14 de enero del 2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR/DIRECTOR	Ing. Erik Paúl Hernández Rueda MSc.

CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos del autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

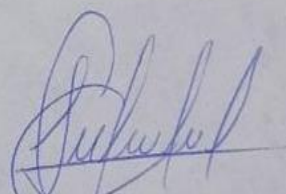
Ibarra, a los 14 días del mes enero del 2022.

AUTORES



Jonatan Gustavo Caiza Gallo

1724636285



Carlos Adrián Puebla Rosero

0401322615

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado es dedicado a mi padre Gustavo Caiza y a mi madre Norma Gallo quienes me han guiado y me han apoyado para cumplir mis metas. Ellos me brindaron su apoyo en todo momento durante toda la carrera.

A mi hermana Gissela y todas las personas de mi familia, quienes, con sus consejos y el apoyo brindado, han logrado guiarme por el camino correcto, con el fin de convertirme en una persona de bien. Gracias totales.

JONATAN GUSTAVO CAIZA GALLO

El presente trabajo de grado está dedicado a las personas que creyeron en mí, quienes me animaron en este campo de estudio. Y como no la fuerza y la fe de mis padres Marlene Rosero y José Puebla durante toda la vida me dieron una nueva apreciación del significado y la importancia de la familia, de los valores y educación.

A mi hija Dayre, mi hermano Daniel quienes me han sabido alentarme y apoyarme cuando lo necesite.

De igual manera a mi novia Liz por ser una compañera incondicional que siempre me alentó e hizo que sea posible este sueño.

A esas personas especiales por todo su amor que me brindaron y me enseñaron a ser un hombre fuerte y no decaer en los obstáculos que tiene la vida.

CARLOS ADRIÁN PUEBLA ROSERO

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Técnica del Norte, institución que me ha brindado sólidos conocimientos para desempeñarme en el campo profesional. Así como, a todos los docentes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, que me han compartido su sabiduría y experiencias en el transcurso del día a día, de manera especial a mi director de trabajo de grado Ing. Paúl Hernández, así como también a mis asesores, Ing. Jorge Melo, e Ing. Carlos Mafla, gracias a su colaboración ha sido posible la culminación de este proyecto.

Agradezco especialmente a mis padres, que con su amor absoluto y consejos me guiaron por el camino correcto, fueron quienes desde un principio confiaron en mí y tuvieron la certeza que lograría alcanzar mis metas; agradezco por el sacrificio que hicieron a fin de que pudiera culminar mis estudios universitarios y poder ser una persona preparada.

JONATAN GUSTAVO CAIZA GALLO

Quiero expresar mi gratitud a Dios quien, con su bendición llena de salud y vida a toda mi familia, a todos a lo largo de mis estudios por estar siempre presentes y poder compartir esta meta muy importante en mi vida.

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal de mi universidad, por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso investigativo. A mis tutores Ing. Paul Hernández MSc, a mis asesores Ing. Carlos Mafla MSc. e Ing. Jorge Melo quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día y llegar a poder culminar este proceso, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional.

A mis compañeros de clase por compartir sus conocimientos conmigo, por las penas, alegrías y las grandes anécdotas de la universidad que pudimos compartir y siempre perduraran en nuestras memorias

CARLOS ADRIÁN PUEBLA ROSERO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
CAPÍTULO I	1
1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Situación actual	2
1.3 Prospectiva	3
1.4 Planteamiento del problema	3
1.5 Delimitación	4
1.5.1 Temporal	4
1.5.2 Espacial	4
1.6 Objetivos	4
1.6.1 Objetivo general	4
1.6.2 Objetivos específicos	4
1.7 Alcance	5
1.8 Justificación	5
1.9 Contexto	6
1.10 La transmisión en los vehículos	6
1.10.1 Caja de cambios automática	7
1.11 Transmisión automática CVT	8
1.11.1 Historia	9
1.11.2 Funcionamiento general del sistema CVT	11
1.12 Tipos de transmisiones CVT	13
1.12.1 CVT de correa	14
1.12.2 CVT toroidal	15
1.13 Variadores CVT	18
1.13.1 Poleas	21
1.13.2 Correa metálica	21
1.13.3 Piñón planetario	23
1.14 Palanca selectora	24
1.14.1 Selección de velocidades	26
1.14.2 Relaciones variables automáticas	27
1.15 Sistemas de control	27
1.15.1 Control electrónico	27
1.15.1.1 Dispositivos de entrada del PCM	28

1.15.1.2	Dispositivos de salida del PCM	28
1.15.2	Control hidráulico	28
1.15.2.1	Fluido hidráulico	30
1.15.3	Control del cambio	30
1.16	Embragues y freno de marchas	31
1.16.1	Embragues/Freno de marcha atrás	31
1.16.2	Embrague de arranque	31
1.16.3	Embrague de las marchas hacia adelante	32
1.17	Cuerpo de válvulas	32
1.17.1	Cuerpo de la caja de válvulas de control	32
1.17.2	Cuerpo de la caja de válvulas principal	33
1.17.2.1	Válvula reguladora PH	33
1.17.2.2	Válvula de selección de control PH	34
1.17.2.3	Válvula reductora del embrague	34
1.17.2.4	Válvula inhibidora del cambio	34
1.17.2.5	Válvula del acumulador del embrague de arranque	34
1.17.2.6	Válvula de selección del embrague de arranque	34
1.17.2.7	Válvula de apoyo del embrague de arranque	35
1.17.2.8	Válvula de engrase	35
1.17.3	Cuerpo de la bomba del ATF	36
1.17.4	Cuerpo de la caja de la válvula manual	36
1.17.4.1	Válvula manual	37
1.17.4.2	Válvula inhibidora de la marcha atrás	37
1.18	Sensor de par	37
1.18.1	Baja y marcha atrás	38
1.18.2	Convertidores de par	39
	CAPÍTULO II	40
	2 MATERIALES Y MÉTODOS	40
2.1	Descripción general del banco de pruebas	40
2.1.1	Diseño de la estructura metálica	40
2.1.2	Procesos de fijación de la estructura metálica	40
2.1.3	Motor de combustión interna	41
2.1.4	Sistema de combustible	41
2.1.5	Sistema electrónico	42
2.1.6	Sistema de refrigeración	43
2.1.7	Panel de control	43
2.2	Equipos utilizados en el diagnóstico	44
2.2.1	Escáner	44
2.2.2	Manómetros de presión	45
2.3	METODOLOGÍA	46
2.4	Construcción del banco de pruebas	47
2.4.1	Diseño y construcción estructura metálica	47
2.4.2	Montaje motor y transmisión	47

2.4.3	Instalación de manómetros de presión	48
2.5	Comprobación de presión de la caja cvt	49
2.6	Funcionamiento de la transmisión CVT	50
CAPÍTULO III		51
3 ANÁLISIS DE RESULTADOS		51
3.1	Estructura del banco de pruebas	51
3.2	Sistema hidráulico de la transmisión	53
3.2.1	Medición de presión para la posición PARKING (P)	54
3.2.2	Medición de presión para la posición Reversa (R)	55
3.2.3	Medición de presión para la posición Neutral (N)	56
3.2.4	Medición de presión para la posición Drive (D)	57
3.2.5	Medición de presión para la posición Drive (S)	58
3.2.6	Medición de presión para la posición Drive (L)	60
3.2.7	Medición de presión en todas la posiciones	61
CAPÍTULO IV		62
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		62
4.1	Conclusiones	62
4.2	Recomendaciones	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		64
ANEXOS		67

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.	PÁGINA
Figura 1.1 Partes generales de una caja de cambios CVT	9
Figura 1. 2 Elementos que dispone una caja CVT	12
Figura 1.3 Esquema del sistema de poleas variable	15
Figura 1.4 Superficies de contacto CVT toroide	16
Figura 1.5 Discos y rodillos sistema Toroidal	17
Figura 1.6 Variación poleas CVT	18
Figura 1.7 Sentido de giro de poleas CVT	19
Figura 1.8 Variador continuo Nissan	20
Figura 1.9 Estructura correa metálica CVT	22
Figura 1.10 Elementos que dispone la correa metálica CVT	23
Figura 1. 11 Palanca selectora CVT	24
Figura 1.12 Cuerpo de la caja de válvulas de control de la CVT	33
Figura 1. 13 Cuerpo de la caja de válvulas principal	35
Figura 1. 14 Cuerpo de la bomba del ATF	36
Figura 1. 15 Cuerpo de la caja de la válvula manual	37
Figura 1. 16 Conjunto de embrague y planetario	38
Figura 1.17 Convertidor de par	39
Figura 2. 1 Motor de combustión interna Honda WR-V	41
Figura 2. 2 Tanque de combustible del banco de pruebas	42
Figura 2. 3 Cableado ECU	42
Figura 2. 4 Sistema de refrigeración de la caja CVT	43
Figura 2. 5 Tablero de testigos del motor Honda WR-V	44
Figura 2. 6 Escáner Carman Scan Lite	44
Figura 2. 7 Manómetro de glicerina	45
Figura 2. 8 Metodología implementación banco de pruebas caja CVT	46
Figura 2. 9 Montaje de motor sobre estructura metálica	48
Figura 2. 10 Manómetros y cañerías de presión	48
Figura 2. 11 Esquema funcionamiento transmisión CVT	50

Figura 3. 1 Puntos de apoyo del motor y caja	51
Figura 3. 2 Limite elástico simulados en software CAD	51
Figura 3. 3 Estudio de desplazamientos simulados en software CAD	52
Figura 3. 4 Análisis del factor de seguridad simulados en software CAD	52
Figura 3. 5 Manómetro con manguera y acoples	53
Figura 3. 6 Presión pruebas a 800 y 2000 rpm en P	54
Figura 3. 7 Presión pruebas a 800 y 2000 rpm en R	55
Figura 3. 8 Presión pruebas a 800 y 2000 rpm en N	57
Figura 3. 9 Presión pruebas a 800 y 2000 rpm en D	58
Figura 3. 10 Presión pruebas a 800 y 2000 rpm en S	59
Figura 3. 11 Presión pruebas a 800 y 2000 rpm en L	60

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM.	PÁGINA
Tabla 1. 1 Posiciones de la palanca de cambios	26
Tabla 1. 2 Válvulas de control	32
Tabla 2. 1 Especificaciones del tubo cuadrado	40
Tabla 2. 2 Especificaciones técnicas motor	41
Tabla 2. 3 Materiales para conexión a los puertos de presión de la caja CVT	45
Tabla 3. 1 Manómetros adaptados a su respectivo puerto de presión	53
Tabla 3. 2 Tabla de presiones de trabajo caja CVT con palanca en posición P	54
Tabla 3. 3 Tabla de presiones de trabajo caja CVT con palanca en posición R	55
Tabla 3. 4 Tabla de presiones de trabajo caja CVT con palanca en posición N	56
Tabla 3. 5 Tabla de presiones de trabajo caja CVT con palanca en posición D	57
Tabla 3. 6 Tabla de presiones de trabajo caja CVT con palanca en posición S	59
Tabla 3. 7 Tabla de presiones de trabajo caja CVT con palanca en posición L	60
Tabla 3. 8 Tabla de presiones de trabajo caja CVT a 800 rpm	61
Tabla 3. 9 Tabla de presiones de trabajo caja CVT a 2000 rpm	61

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NÚM.	PÁGINA
Figura AI. 1 Puntos en donde reposa todo el peso de la estructura.	68
Figura AI. 2 Desplazamiento resultante por efecto de las fuerzas. 2.04 mm	68
Figura AI. 3 Datos del modelo	69
Figura AII. 1 Montaje de la transmisión	70
Figura AII. 2 Puntos de apoyo del motor	70
Figura AII. 3 Tanque de combustible	71
Figura AII. 4 Instalación del sistema de freno de disco	71
Figura AII. 5 Sistema eléctrico y manómetros de presión	71

GLOSARIO DE TÉRMINOS

NTE: Norma Técnica Ecuatoriana

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

ECU: Unidad de control del motor

CVT: Transmisión Continúamente Variable (Continuously Variable Transmission)

psi: Libras fuerza por pulgada cuadrada

rpm: Revoluciones por minuto

FDS: Factor de Seguridad

SPE: Sensor de Presión

RESUMEN

El presente trabajo de investigación propone la implementación de un banco de pruebas con una transmisión CVT (Transmisión Continuamente Variable) de un modelo Honda WR-V año 2020 para el aprendizaje didáctico. Para esto se realizó una revisión bibliográfica sobre los diferentes tipos de transmisiones CVT que existen, analizando los componentes y el funcionamiento de este tipo de cajas automáticas. Se diseñó una estructura metálica en un software de modelado CAD estableciendo un análisis de esfuerzos que satisfacen las cargas que va a soportar dicha estructura en el momento de su operatividad. Sobre la estructura metálica se colocó los dispositivos de panel de control, acelerador, freno, palanca selectora de cambio y 4 manómetros de glicerina que soportan presiones sobre los 1000 psi, estos dispositivos de lectura de presión hidráulica fueron conectados a los siguientes puertos: válvula de control de la polea conducida DN, válvula de control de la polea conductora DR, válvula de presión de engrase LUB y al sensor de presión. Se realizaron pruebas a 800 y 2000 rpm registrando valores similares en las posiciones S y L. Al encender el banco de pruebas siempre debe estar en posición de parqueo, y para el cambio se debe presionar el freno hasta llegar a D, S y L, las presiones registradas en ciertos casos superan los 500 psi en el caso de la posición R, reduciendo la misma en el sensor de presión al incrementar las rpm a 130 psi, la presión máxima registrada en DN fue en esta misma posición llegando a conseguir 440 psi al realizar el cambio y reduciendo a 100 psi al momento de acelerar el motor y equiparar esta presión con DR. Fue necesario utilizar diferentes tipos de scanner automotrices para realizar una acertada apreciación del trabajo de los diferentes componentes de la transmisión CVT. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de presiones en las diferentes posiciones de marcha.

ABSTRACT

The present research work proposes the implementation of a test bench with a CVT of a Honda WR-V 2020 for didactic learning. For this purpose, a bibliographic review was carried out on the different types of CVT transmissions that exist, analyzing their components and operation of this type of automatic gearbox. A design of a metallic structure was carried out in a CAD modeling software, establishing a stress analysis that satisfies the loads that said structure is going to bear at the time of its operation. The control panel, accelerator, brake, gear selector lever and 4 glycerin pressure gauges that support pressures over 1000 psi were placed on the metal structure. These hydraulic pressure reading devices were connected to the following ports: drive pulley control DN, drive pulley control valve DR, lubrication pressure valve LUB and to pressure sensor. Tests were carried out at 800 and 2000 rpm, registering similar values in positions S and L. When turning on the test bench it should always be in park position, and for the change the brake should be pressed until reaching D, S and L. The pressures registered in certain cases exceed 500 psi in the case of the R position, reducing the pressure in the pressure sensor by increasing the rpm to 130 psi, the maximum pressure registered in DN was in this same position reaching 440 psi when shifting and reducing to 100 psi when revving the engine and equating this pressure with DR. It was necessary to use different types of automotive scanners to make an accurate appreciation of the work of the different components of the CVT transmission. With the data obtained, a pressure analysis was performed in the different gait positions.

CAPÍTULO I

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 ANTECEDENTES

La tecnología implementada en el sector automotriz se encuentra en constante evolución, en lo relacionado al sistema de transmisión, los modernos vehículos disponen de cajas CVT que vienen a ser cajas automáticas que distribuyen la fuerza generada por el motor a las ruedas motrices en una forma más eficiente.

El primer vehículo que se fabricó con una transmisión de potencia sin emplear engrane fue el DAF 600 en el año 1958, este fue un coche pequeño que utilizaba una faja de hule y un sistema centrífugo de poleas variables (Barrera Hinojosa & Maldonado Montalvo, 2013, pág. 27).

Este tipo de transmisiones han evolucionado desde sus primeros diseños hasta la presente fecha, Leonardo da Vinci hace 500 años en sus bosquejos ya había imaginado un sistema de este tipo, las empresas dedicadas al negocio de vehículos también exploran nuevos productos y diseños, marcas japonesas como Nissan entre otras poseen modelos que disponen de transmisiones CVT (Mitsubishi Motors, 2019).

Existen varios sistemas de CVT, las de correa metálica y toroidales, el principio de funcionamiento en ambos casos consiste en realizar la variación de los radios de los ejes, es decir el eje impulsor que recibe el movimiento del motor lo trasmite al eje conducido a través de una correa metálica o una cadena especial, en este sistema los ejes giran en el mismo sentido y en el caso de la transmisión toroidal el movimiento se transmite mediante discos que se acoplan a las poleas en forma de medio toroide, se debe mencionar que en este sistema los discos giran en sentido contrario (Barrera Hinojosa & Maldonado Montalvo, 2013).

El aceite para la lubricación en este tipo de transmisiones CVT es un aceite fabricado especialmente para cajas, no se debe colocar otro tipo de aceite, la transmisión toroidal

dispone de un aceite especial para este sistema que puede llegar a tener una película con un espesor inferior a 1/1000 mm (Erjavec & Ronan, 2015, pág. 273).

Este tipo de cajas CVT tiene una ventaja especial entre los otros tipos de cajas automáticas, una de ellas es la eficiencia en el ahorro de combustible, que se encuentra aproximadamente en un 20 % (Letona López, 2014, pág. 123) lo que conlleva a ser más amigables con el ambiente, otro factor de este sistema es que durante el funcionamiento el motor se encuentra generando su mayor eficiencia, produciendo que el conductor no tenga la sensación de jalones durante la conducción.

Existen modelos que disponen de levas del cambio de marcha adosado al volante como complemento para emular los cambios de marcha ascendentes o descendentes sin quitar las manos del volante, brindando la sensación al conductor de tener el control sobre el cambio de velocidades (Barrera & Ros, 2012, pág. 62).

1.2 SITUACIÓN ACTUAL

Las cajas de cambios con tecnología CVT tienen menos componentes lo que influye en su tamaño y por ende en su peso. En nuestro medio también podemos encontrar este tipo de transmisiones continuamente variable en vehículos como: Toyota Rav4 2.0 Dual VVTi 4x2 CVT, Toyota Corolla CVT, Mitsubishi Outlander CVT, Nissan Sentra Xtronic CVT, Nissan X trail CVT, Nissan Murano CVT, Toyota Prius Híbrido y Chevrolet Silverado Híbrido (Matute & Ávila, 2017, pág. 27).

Los centros de servicio automotriz ya cuentan con servicios especializados para este tipo de cajas automáticas, por lo que es necesario disponer de conocimientos básicos sobre el funcionamiento y mantenimiento para dar solución a los fallos que se presenten, en estas cajas lo más conveniente es reemplazar todo su conjunto o cambiar ciertos elementos dependiendo del fallo que se presente.

1.3 PROSPECTIVA

Las transmisiones con sistema CVT de patea con correa metálica han evolucionado siendo incorporadas en vehículos de bajo cilindraje hasta modelos todo terreno, la transmisión toroidal proporciona un mejor torque con su sistema de rodillos giratorios. Comúnmente estas cajas vienen selladas y el cambio de aceite se lo realiza según las especificaciones del fabricante.

Los problemas que presentan este tipo de cajas son la falla de presión en el cuerpo de válvulas por problemas mecánicos en su interior que impide un funcionamiento adecuado. La caja posee pines para medir la presión de las válvulas y comprobar su estado mediante el uso de manómetros especializados.

La implementación de un banco de pruebas de una caja CVT se limita a disponer de una transmisión de dichas características para analizar y verificar su funcionamiento, estableciendo los inconvenientes que se pueden presentar al generarse las presiones correctas en los pines de medición del cuerpo de válvulas. Mediante el banco de pruebas se espera incrementar los conocimientos sobre transmisiones CVT en los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad en el país se ha incrementado la importación de vehículos con tecnología de CVT de procedencia asiática, estos fabricantes de vehículos distribuyen varios modelos que requiere mantenimiento predictivo o correctivo, el profesional debe capacitarse constantemente para realizar los diferentes tipos de mantenimientos que estas transmisiones necesitan, al disponer de un parque automotriz en crecimiento se incrementa la demanda de talleres que provean servicios especializados para este tipo de cajas automáticas y poder solventar los fallos mecánicos o electrónicos.

1.5 DELIMITACIÓN

1.5.1 TEMPORAL

El proyecto implementación de un banco de pruebas de una caja CVT se realizará a partir del mes de mayo del 2021 a julio del 2021.

1.5.2 ESPACIAL

Este proyecto se lleva a cabo en la ciudad de Ibarra, Provincia de Imbabura, en las instalaciones de los talleres de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica de Norte.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un banco de pruebas de una caja CVT para la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar bibliográficamente el funcionamiento de los diferentes tipos de cajas CVT.
- Implementar un banco de pruebas con caja CVT para el taller de mecánica de patio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.
- Analizar los parámetros de funcionamiento de la caja CVT.

1.7 ALCANCE

Este proyecto consiste en la implementación de un banco de pruebas de una caja CVT de correa metálica, destinado para el aprendizaje y capacitación de los estudiantes sobre sus elementos constitutivos, funcionamiento y medición de presiones en los pines correspondientes.

Para este efecto el banco de pruebas dispone del motor de un vehículo modelo Honda WR-V año 2020 que dispone de una caja con transmisión CVT, además contará con varios dispositivos incorporados para el correcto funcionamiento de este tipo de transmisiones como: las computadoras tanto del motor como de la caja, los dispositivos de refrigeración, tablero ilustrativo de las presiones existentes en el sistema de válvulas, sensores y actuadores que estarán distribuidos en una estructura de hierro implementada para que soporte los diferentes esfuerzos y cargas que se encuentran presentes al momento de funcionar estos elementos.

1.8 JUSTIFICACIÓN

Los fallos que pueden presentarse en este tipo de transmisiones CVT es el sobrecalentamiento que ocasiona que el vehículo se bloquee a través de la computadora, derivando problemas en los sensores de temperatura, en ciertos casos el vehículo arranca en forma lenta como si el motor experimentara pérdida de potencia o simplemente se detiene y no avanza.

Al disponer de una caja de transmisión CVT en el vehículo, se obtiene un ahorro de combustible, característica principal de estos modelos, ya no se experimenta las sacudidas al momento de efectuarse el cambio de marcha, el vehículo avanza de forma continua dependiendo las circunstancias de conducción proporcionando mayor confort durante el recorrido obteniendo una mejor eficiencia.

Una lubricación adecuada en los elementos de fricción que posee la caja CVT evita que su vida útil disminuya, es importante recalcar el uso de aceite con las especificaciones de los

fabricantes, el tipo de aceite para estas transmisiones no es el mismo que utilizan otras cajas automáticas de marchas, no se debe mezclarlos.

1.9 CONTEXTO

La implementación de una caja CVT en un banco para realizar pruebas de funcionamiento y análisis de parámetros de operación, está encaminado a elevar el grado de conocimiento y aprendizaje de tecnologías que han ido desarrollándose y se puede encontrarlas presentes en los vehículos modernos que circulan por nuestras carreteras.

Con el presente proyecto se pretende aportar de un instrumento didáctico para mejorar la enseñanza de los alumnos de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, al disponer de un banco de pruebas para efectuar mediciones y prácticas en una caja CVT proporcionando datos técnicos de este tipo de nuevas tecnologías.

Este tipo de transmisión dispone de dos variantes que son las de correa metálica y las de diseño toroidal que utilizan discos en lugar de correa, proporcionando un torque más efectivo a la transmisión, estas cajas no disponen de relaciones fijas como tienen las transmisiones automáticas de engranes, al contrario, tienen relaciones de rotación entre el eje de entrada y salida que es controlado por el sistema electrónico que disponen.

1.10 LA TRANSMISIÓN EN LOS VEHÍCULOS

Las transmisiones no han permanecido ajenas al progreso, el avance tecnológico es enorme, el desarrollo del automóvil se ha adaptado al entorno ofreciendo soluciones a los nuevos usos, a las crisis de consumo, a la creciente preocupación medioambiental, a la sociedad del bienestar. Esto, a su vez, ha mejorado notablemente los rendimientos de los motores, las emisiones, las tecnologías alternativas o híbridas, las cuatro ruedas motrices, el coste, las prestaciones, así como la versatilidad y la suavidad de marcha de los embragues y cajas de cambio (Navascués, 2015, pág. 1).

La transmisión tiene como misión principal hacer llegar el giro del motor hasta las ruedas para conseguir que el vehículo se pueda mover y desplazarse a la velocidad que el conductor decida (Domínguez & Ferrer, 2018). La transmisión transforma y transmite el par proporcionado por el motor para conseguir una velocidad de circulación adecuada.

La transmisión de los vehículos está formada por diferentes órganos mecánicos: el embrague, la caja de cambios, el grupo reductor, el diferencial, semiárboles, etc. Los vehículos 4x4 disponen de más componentes: diferencial repartidor, árbol de transmisión, grupo cónico trasero con diferencial y semiárboles. El tipo de transmisión que monta un automóvil depende de dos factores: el primero y principal es la posición del motor, el segundo factor son las ruedas que son motrices y, en consecuencia, el eje o ejes que reciben el par (Domínguez & Ferrer, 2018, pág. 7).

Si las ruedas y el eje delantero son los que reciben la transmisión, se denomina tracción delantera, mientras que, si son las ruedas y su eje traseros, se denomina propulsión o tracción trasera. Si las cuatro ruedas son motrices, el vehículo se denomina de «propulsión o tracción total», o lo que comúnmente llamamos 4x4.

Las combinaciones entre motor y ruedas con sus ejes motrices conformarán el tipo de transmisión. Los componentes de la transmisión para las configuraciones de tracción delantera, propulsión trasera o 4x4 son muy similares y emplean los mismos principios de funcionamiento, a pesar de emplear diseños distintos.

1.10.1 CAJA DE CAMBIOS AUTOMÁTICA

Las transmisiones automáticas alguna vez se consideraron una opción costosa en los automóviles. Hoy en día, la gran mayoría de los vehículos vendidos en los Estados Unidos incluyen transmisiones automáticas como equipo estándar. De hecho, ahora todo se reduce a cuántas velocidades prefiere un cliente y no a que tipo de transmisión. Algunos fabricantes de vehículos de pasajeros producen transmisiones automáticas con hasta nueve velocidades de avance, y es probable que aumenten ese número con el tiempo. En nuestro medio existen

varios vehículos que poseen transmisiones variables, desde todoterrenos, autos e incluso motocicletas, por mencionar algunos en el mercado:

- Toyota Rav4 2.0 Dual VVTi 4x2 CVT.
- Toyota Corolla CVT
- Mitsubishi Outlander CVT
- Nissan Sentra Xtronic CVT
- Nissan X trail CVT
- Nissan Murano CVT
- Toyota Prius Híbrido
- Chevrolet Silverado Híbrido

1.11 TRANSMISIÓN AUTOMÁTICA CVT

Una transmisión continuamente variable o CVT es un tipo de transmisión automática que puede cambiar la relación de cambio a cualquier valor arbitrario dentro de sus límites. No está limitada a un pequeño número de relaciones de cambio, esto contrasta con otras transmisiones mecánicas que ofrecen un número determinado de relaciones de transmisión.

La flexibilidad de un CVT permite que el eje de transmisión pueda mantener una velocidad angular constante en un rango de velocidades de salida. Esto puede proporcionar una mejor economía de combustible que otras transmisiones al permitir que el motor funcione a su más eficiente velocidad (RPM). Se puede utilizar para maximizar el rendimiento de un vehículo, permitiendo que el motor gire la velocidad en la que se produce la potencia pico (Barrera Hinojosa & Maldonado Montalvo, 2013, pág. 24).

Las cajas de cambios de transmisión continuamente variable se caracterizan por utilizar cualquier relación de transmisión en el cambio de velocidades dentro de unos límites prefijados por el fabricante. La Figura 1.1 presenta las partes generales de una caja CVT.

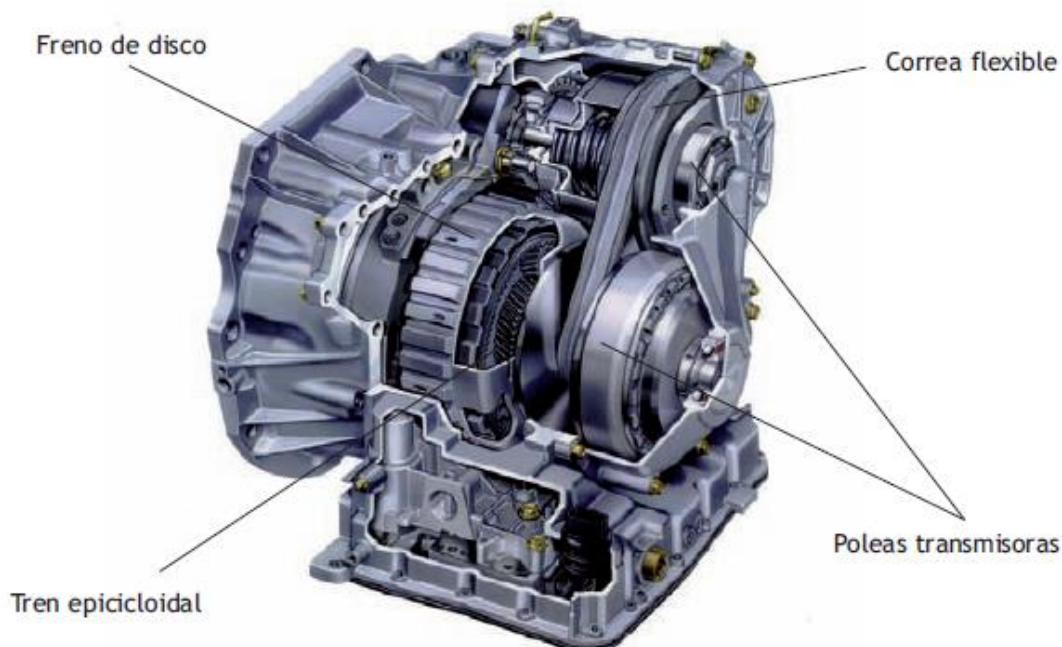


Figura 1.1 Partes generales de una caja de cambios CVT
(Borja, Fenoll, & Herrera, 2008, pág. 65)

El movimiento de las poleas se efectúa por la presión hidráulica de mando que circula por el interior de los árboles. Estos normalmente tienen conductos para el traslado del fluido hidráulico.

La variación de la relación de transmisión depende de la distancia a la que se encuentren las caras cónicas de cada polea, lo que proporciona los distintos diámetros de trabajo. Por ejemplo, si las caras de la polea conductora están muy separadas, su diámetro de trabajo será pequeño y proporcionará una relación de transmisión más corta, por el contrario, si dichas caras se encuentran muy juntas, generará un diámetro de trabajo mayor, con el cambio en la relación de transmisión.

1.11.1 HISTORIA

En la década de los 50 el fabricante europeo de autos Daf inicia los trabajos en un sistema de transmisión de potencia sin engranes, se basaba en una faja de hule y trabajaba utilizando un sistema centrífugo de poleas variables, aunque el sistema no salió del país de origen fue, por decirlo, el inicio del estudio para la aplicación en automóviles.

Un CVT, denominado Variomatic, fue diseñado y construido por Hub van Doorne, cofundador de Van Doorne's Automobielen Fabriek (DAF), a finales de 1950, específicamente para producir una transmisión automática para un vehículo pequeño y asequible. El primer vehículo de DAF con CVT Van Doorne, fue el DAF 600, producido en 1958. Las patentes Van Doorne fueron transferidas más tarde a una empresa llamada VDT (Van Doorne Transmissie), cuando la división de automóviles de pasajeros fue vendida a Volvo en 1975; el CVT se utilizó en el Volvo 340. (Barrera Hinojosa & Maldonado Montalvo, 2013, pág. 27)

Fue Subaru la que en 1987 introduce su modelo Justy, con un motor de mil centímetros cúbicos acoplado a una transmisión CVT desarrollada por Fuji Heavy Industries (propietaria de la marca Subaru), esta transmisión trabajaba con una faja metálica y un sistema hidráulico de polea variable. (Letona López, 2014, pág. 111)

Este modelo de Subaru tuvo muy poca aceptación por los consumidores, ya que los conductores deseaban sentir los cambios de relación y el ruido del motor al subir y bajar las revoluciones. Posteriormente los fabricantes Nissan y Suzuki ambas compañías de origen japonés, introducen en 1992 sus modelos las transmisiones CVT, y Honda en 1995 la presenta instalándola en su popular modelo Civic, modelo que sigue siendo uno de los más populares de este fabricante japonés. (Letona López, 2014, pág. 111)

Durante esta década se inicia el establecimiento de nuevas normas ambientales y para la eficiencia del combustible; dichas normas, fueron formuladas por Japón y países europeos, hace que se incremente la adopción de nuevas tecnologías. La investigación en nuevos materiales y mecanismos multietapa, impulsa una amplia investigación en las transmisiones CVT. Como el peso del vehículo en sus componentes provoca una baja en la eficiencia del sistema, se investiga en la reducción de partes, la utilización de materiales con menor peso y al mismo tiempo se orientan en reducir los costos en manufactura de los componentes y el ensamblado. (Letona López, 2014, pág. 112)

Los estudios e investigaciones en sistemas eficientes continúan y no se detiene, a pesar de que muchos fabricantes de automóviles adoptaron en sus modelos las transmisiones automáticas Tip-Tronic de 5 y 6 relaciones, muy pocos se aventuran en la utilización de las

CVT, pero el estudio y desarrollo en éstas sigue avanzando. Nissan desarrolla y presenta en 1997 una práctica y funcional CVT para ser acoplada a motores de 2 000 cc, posteriormente en 1999 presenta e introduce una CVT de cavidad toroidal, la cual utiliza rodos metálicos para la transmisión de potencia. En tanto otros fabricantes de autos y sus subsidiarias, trabajan en la implementación y desarrollo de CVT utilizando fajas metálicas e incrementándose en el mercado la oferta de vehículos con este tipo de transmisión. (Letona López, 2014, pág. 112)

1.11.2 FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA CVT

La teoría básica consiste en tener una variación continua de relación de radios entre la entrada y la salida, no es posible percibir el cambio entre una y otra relación. Se encuentran dos formas básicas en que se logra lo anterior descrito y ambas trabajan por fricción.

Así como en una transmisión automática estándar, estas no cuentan con un pedal de embrague y la palanca selectora tiene las posiciones de parqueo, marcha hacia atrás, neutral y marcha hacia adelante. Lo común con la CVT de polea variable es el convertidor de potencia, el cual, como se explicó anteriormente, utiliza el fluido hidráulico para lograr el acople entre el motor y la transmisión; la presión hidráulica generada por el convertidor es utilizada para controlar el selector de las relaciones que se utilizaran en cada momento (López, 2014, pág. 74).

La transmisión CVT es una caja de cambios automática que dispone de un control electrónico, dos poleas una que es conductora y la otra es conducida mediante una correa de acero, esta variante de caja proporciona varias velocidades hacia adelante no escalonadas y una marcha hacia atrás, estos componentes van incorporados en línea con el motor (López, 2014).

Los componentes más característicos de la CVT son los siguientes:

- Dispositivo de lanzamiento.

- Un convertidor de par, que es el dispositivo más utilizado en una CVT moderna. Este dispositivo proporciona un buen rendimiento y capacidad de control durante situaciones de arranque, en comparación con un embrague de placa húmeda, que es beneficioso por sus dimensiones y costo.
- Mecanismo de avance, neutral y retroceso, generalmente realizado con un conjunto de engranajes planetarios, para poder cambiar entre Drive, Neutral y Reverse.
- Un variador, que consta de una polea conductora y otra conducida. Cada polea consta de dos roldanas cónicas enfrentadas. Una de estas poleas se puede mover axialmente mediante una presión controlada. Una correa / cadena de empuje pasa por la ranura en V entre las dos poleas.
- Un mando final y diferencial. La relación de transmisión final reduce la velocidad de salida del variador a la velocidad de la rueda del vehículo. El diferencial divide el par entre las ruedas motrices.
- Accionamiento hidráulico / eléctrico, controlado por una TCU. Esta unidad controla el comportamiento de la transmisión.
- Una bomba. La bomba genera energía hidráulica para accionamiento, lubricación y enfriamiento.

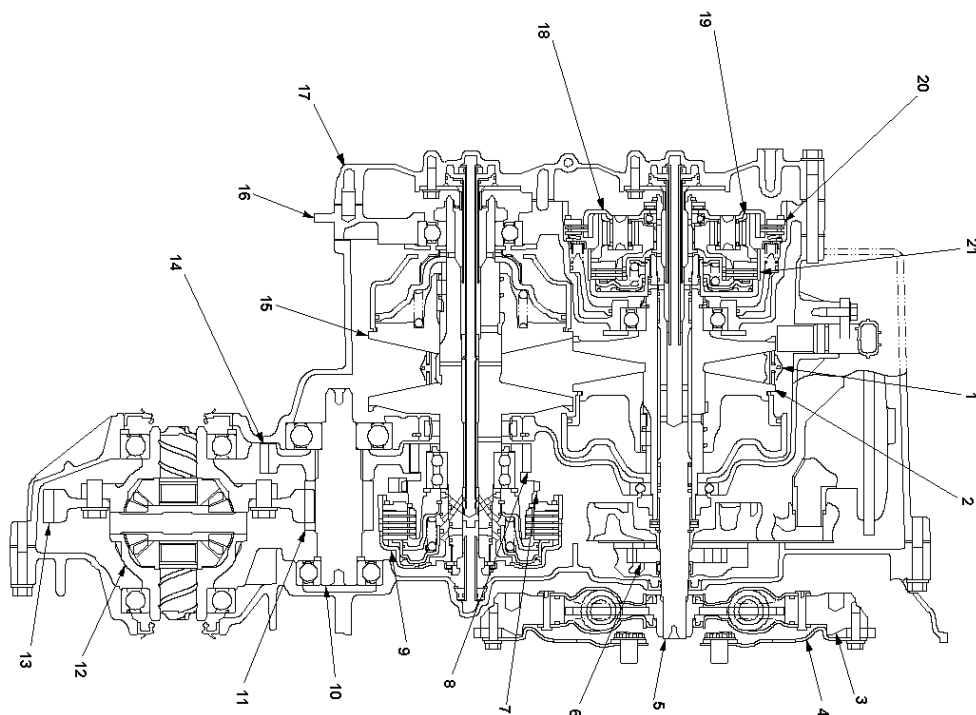


Figura 1. 2 Elementos que dispone una caja CVT
(Scribd, 2020, pág. 7)

Donde:

1.	Correa de acero	2.	Polea conductora
3.	Volante	4.	Plato de accionamiento
5.	Eje primario	6.	Bomba ATF
7.	Engranaje de estacionamiento	8.	Piñón conductor secundario
9.	Embrague de arranque	10.	Eje de la transmisión final
11.	Engranaje conductor de la transmisión final	12.	Diferencial
13.	Piñón conducido de la transmisión final	14.	Piñón conducido secundario
15.	Polea conducida	16.	Carcasa intermedia
17.	Tapa de cierre	18.	Piñón satélite
19.	Caja portasatélites	20.	Freno de marcha atrás
21.	Embrague de las marchas hacia adelante		

1.12 TIPOS DE TRANSMISIONES CVT

En el mercado se encuentran varios tipos o variantes de CVT, cada una con sus características muy especiales en diseño y de operación. Los modelos más comunes serán citados a continuación.

- CVT de polea variable
- CVT toroidal

En uno de ellos se hace variar la profundidad de las poleas y en el otro se giran los rodillos sobre un eje perpendicular y paralelo al eje de rotación de entrada y salida, en ambos casos todo es controlado por un sistema electrónico el cual se apoya en el sistema hidráulico, y finalmente este para efectuar los cambios de relación, utiliza actuadores hidráulicos (Letona López, 2014, pág. 74).

El objetivo de estas transmisiones es mantener el motor en las mejores condiciones de operación, el cual es su punto óptimo de erogación de potencia y eficiencia de combustible, para así lograr una rápida y mejor respuesta a las demandas del conductor o las condiciones del camino (Letona López, 2014, pág. 75). Para obtener lo anterior, el sistema debe de

monitorear algunas variables, tales como la velocidad de conducción, RPM del motor, posición del acelerador, presión de vacío en el múltiple de admisión y en algunos casos la inclinación del terreno. Esta información ingresa al computador central de la transmisión y entonces ella decide la posición de los discos dentro del toroide o la profundidad en la polea variable (Letona López, 2014, pág. 115).

1.12.1 CVT DE CORREA

El tipo de CVT más común es el de Poleas con Diámetro Variable (VDP) y básicamente tiene cinco componentes:

1. Una correa metálica o cadena en forma de "V"
2. Una polea impulsora
3. Una polea de salida
4. Un aceite especial
5. Una computadora con sus sensores y programación

Estas transmisiones son utilizadas por Audi, Daihatsu, Dodge, Fiat, Ford, Honda, Jeep, Lexus, Mercedes, Mercury, Mitsubishi, Mini Cooper, Nissan, Opel, Peugeot, Renault, Rover, Saturn, Toyota, y otras marcas (Muñoz Salcedo, 2010, pág. 53).

Este sistema de CVT es el más común, hay dos poleas que cuentan con una banda en V, las poleas se dividen en forma perpendicular a sus ejes de rotación, con una correa en V que gira entre ellas. La relación de transmisión se cambia al acercar las dos caras de una polea, y alejar las dos caras de la otra polea. Debido a la sección transversal en forma de V de la banda, esto hace que la banda suba en la polea superior y baje en la polea inferior. Al hacer esto cambia el diámetro efectivo de las poleas, que a su vez cambia la relación de transmisión total (Barrera Hinojosa & Maldonado Montalvo, 2013, pág. 76). La distancia entre las poleas no cambia, ni tampoco la longitud de la correa, por lo que cambiar la relación de transmisión implica que las dos poleas deben ser ajustadas (una debe ser más grande, y la otra más pequeña) al mismo tiempo con el fin de mantener el nivel adecuado de tensión en la correa. La Banda en V debe ser muy rígida en la dirección axial de la polea con el fin de hacer solo

movimientos radiales mientras se desliza entrando y saliendo de las poleas (Barrera Hinojosa & Maldonado Montalvo, 2013, pág. 14). Esto se puede lograr por una cadena y no solo por bandas de caucho. Cada elemento de la cadena tiene lados cónicos, que se integran perfectamente a la polea si la cinta está girando en el radio exterior. A medida que la cinta se mueve dentro de las poleas la zona de contacto se hace más pequeña (Barrera Hinojosa & Maldonado Montalvo, 2013, pág. 34).

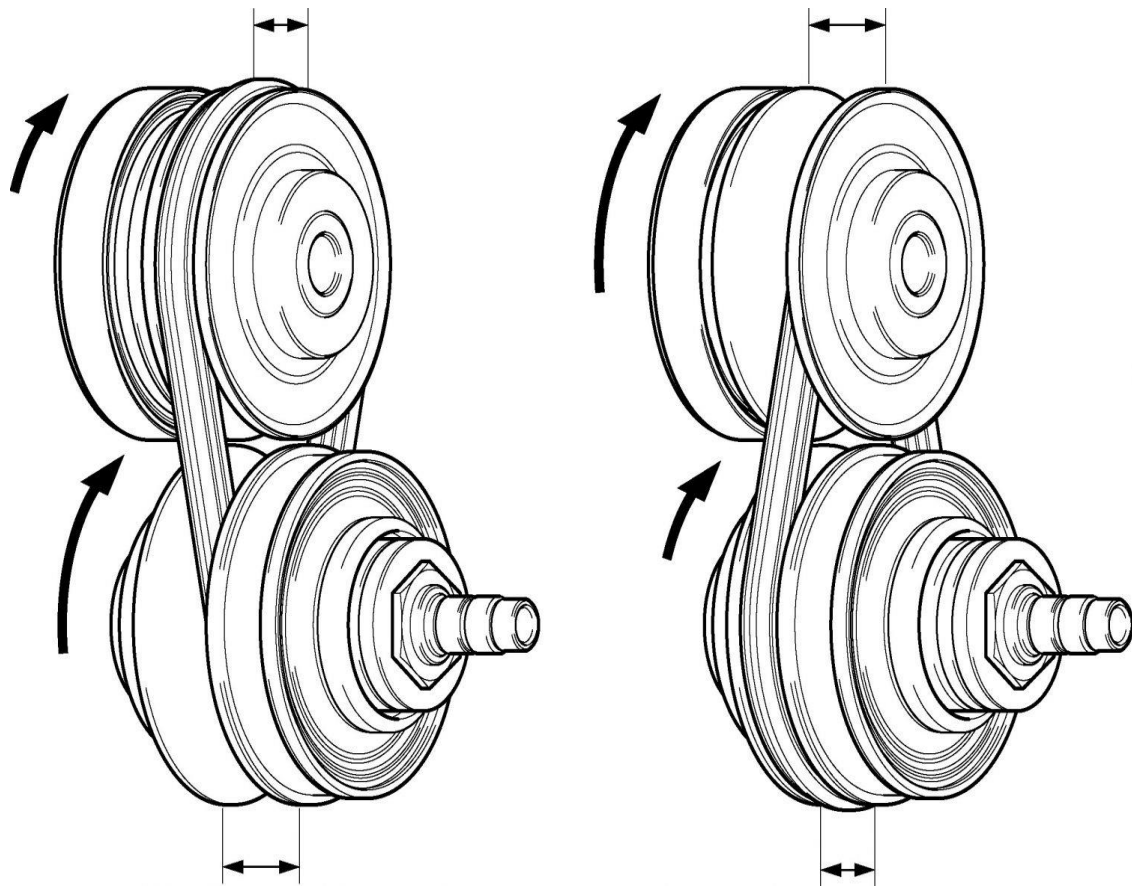


Figura 1.3 Esquema del sistema de poleas variable
(Hernández, 2020, pág. 3)

1.12.2 CVT TOROIDAL

Se trata de una CVT introducida al mercado por Nissan desde 1999 y tiene la posibilidad de disponer de seis velocidades de manera secuencial. Se basa en una variante del sistema toroidal usando solo la mitad de un toroide (Retana, 2007, pág. 36).

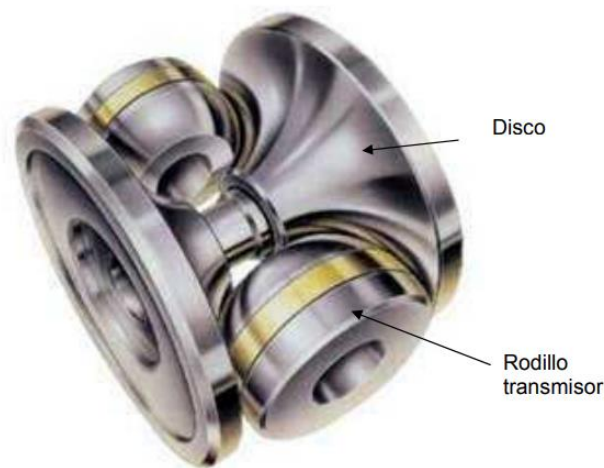


Figura 1.4 Superficies de contacto CVT toroide
(Retana, 2007, pág. 37)

El sistema CVT Toroidal es muy parecido en teoría al sistema de correas, pero utiliza rodillos que mueven libremente entre el disco de entrada y el disco de salida, ambos con sus radios bien calculados para producir la velocidad requerida en la salida.

En este sistema la posición de los rodillos es controlado por un sistema hidráulico, cambiando los puntos de contacto. Cuando partimos en lo que sería "primera" los rodillos están movidos a una posición donde corren sobre la parte angosta del disco impulsor de entrada, haciendo contacto en el disco de salida donde el arco es mucho mayor (Muñoz Salcedo, 2010, pág. 44). Esto causa la transferencia de mucho torque y poca velocidad al eje de salida al diferencial y las ruedas para partir.

Mientras aumenta la velocidad del auto, los rodillos son girados por la computadora y la bomba hidráulica hacia el disco impulsor, contactando con la parte ancha del disco impulsor y la parte angosta del disco de salida, multiplicando la velocidad.

El CVT toroidal tiene la ventaja de poder operar con mayor torque y dos unidades pueden ser colocadas en línea para duplicar el torque aplicado, pero requiere un aceite de tracción muy especial donde además de lubricar las piezas normales y enfriar la transmisión, tiene moléculas angulares que se enganchan entre si bajo presión para proveer tracción entre los discos y los rodillos (Muñoz Salcedo, 2010, pág. 44). En este punto el aceite es comprimido a un grosor de un micrón por 4000 bares de presión y toma la consistencia y las

características de vidrio. La temperatura de aceite excede 140°C (Academia, 2021, pág. 14). No se puede usar aceite de transmisiones automáticas o cualquier aceite normal en estas transmisiones. Este aceite a más de lubricar y enfriar sus componentes tiene moléculas angulares donde se adhieren entre si bajo presión para transmitir el movimiento entre los discos y rodillos (Matute & Ávila, 2017, pág. 20).

La figura 1.5 presenta las relaciones de transmisión alta, baja y 1:1 de un sistema toroidal.

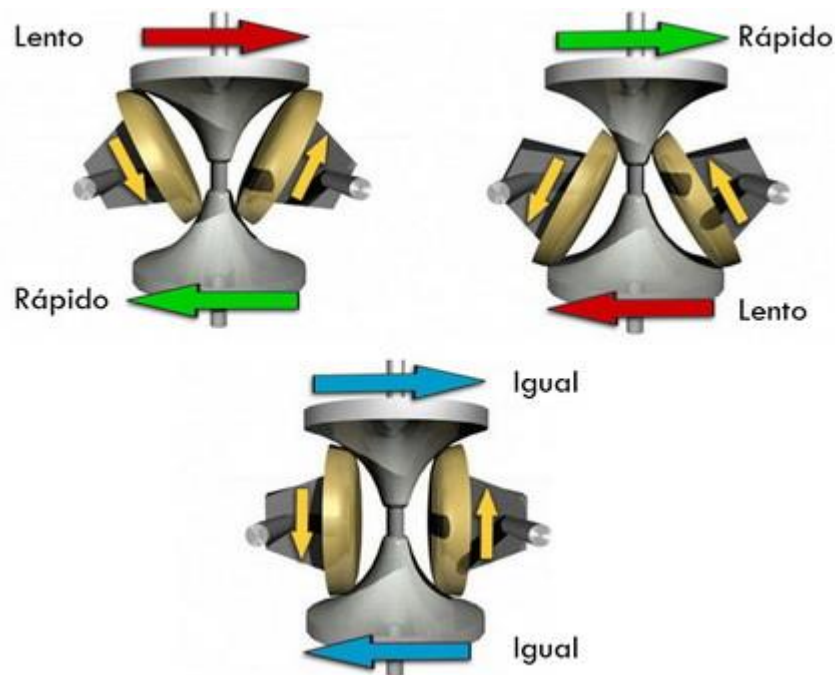


Figura 1.5 Discos y rodillos sistema Toroidal
(Palleiro, 2008, pág. 7)

El diseño toroidal utiliza un rodillo móvil entre dos placas de metal curvas en lugar de una configuración de cadena y patea. Una placa es la entrada y la otra placa es la salida. Al cambiar el ángulo y la posición donde el rodillo toca las placas, se varía la relación de transmisión. La transmisión real de potencia se realiza a través de una película de aceite especial que separa el rodillo y las placas. Esta película tiene un espesor inferior a $1/1000$ mm. La CVT toroidal ha encontrado muchas aplicaciones en el mercado de equipos eléctricos para exteriores, pero solo Nissan ha utilizado este diseño en la producción de automóviles. Este diseño se usa típicamente con motores que tienen una salida de alto par (Erjavec & Ronan, 2015, pág. 273).

1.13 VARIADORES CVT

El variador continuo para la transmisión es muy utilizado en los ciclomotores. También se está empezando a utilizar en los automóviles desde los años 60. En teoría, las cajas de cambio de variación continua son la transmisión ideal, ya que varían la relación de velocidades continuamente, por lo que podemos decir que es una transmisión automática con un número infinito de relaciones (Muñoz Salcedo, 2010, pág. 37). Esta característica nos permite movernos en la curva de potencia máxima, algo imposible con las cajas automáticas o manuales, en las que se produce un escalonamiento o salto entre las diferentes velocidades (Muñoz Salcedo, 2010, pág. 49).

Un variador continuo es un sistema de transmisión que cuenta con dos poleas cuyo diámetro interior efectivo es variable. La transmisión entre las dos poleas se realiza mediante una "correa" elaborada con eslabones metálicos de forma que al variar el diámetro de las poleas se va variando progresivamente la relación de desmultiplicación. Al ser la correa un elemento inextensible, la apertura de una de las poleas implica la reducción del diámetro de la otra, aun así, se consigue un número infinito de desarrollos consiguiendo una variación continua de la marcha. De ahí que a este sistema también se le denomine cambio automático de transmisión continua (Muñoz Salcedo, 2010, pág. 50).

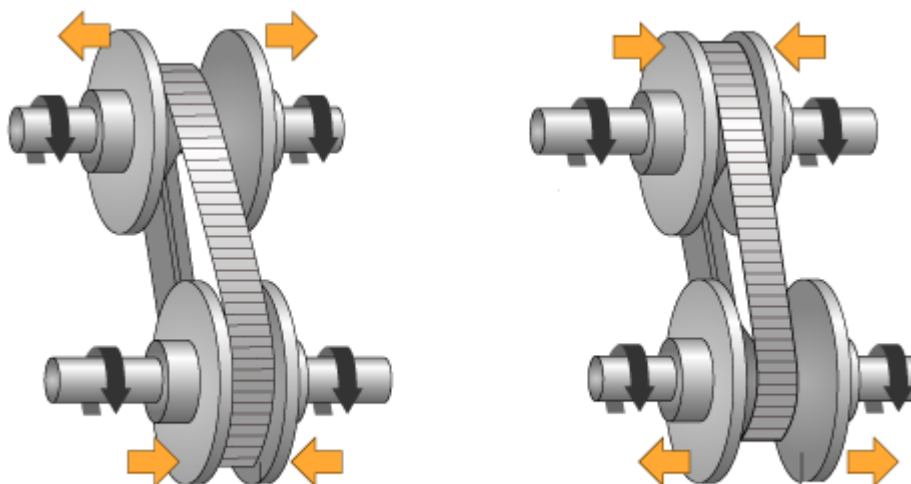


Figura 1.6 Variación poleas CVT
(Motor y volante, 2020, pág. 2)

En la Figura 1.6 se muestra la disposición de estas dos poleas. Si la cara desplazable de la polea conductora que transmite el par del motor se acerca a la otra cara, el diámetro efectivo de la polea se hace mayor. La correa al tener una longitud prácticamente constante gira en la polea conducida en diámetros efectivos menores como consecuencia de la apertura de la polea mediante el desplazamiento de una de sus caras por lo que la desmultiplicación será menor (Muñoz Salcedo, 2010, pág. 38).

El cambio de anchura de poleas y por tanto de diámetro efectivo se realiza mediante un control hidráulico que distribuye la cantidad de aceite a presión adecuada en cada instante. El control hidráulico tiene en cuenta en todo momento parámetros como la posición del acelerador, condiciones de utilización, velocidad del vehículo, régimen del motor y relación de desmultiplicación. Este mismo aceite a presión sirve además para lubricar todo el conjunto y para mantener tensada la correa de arrastre aplicando la justa presión sobre la polea conducida. (Muñoz Salcedo, 2010, pág. 51)

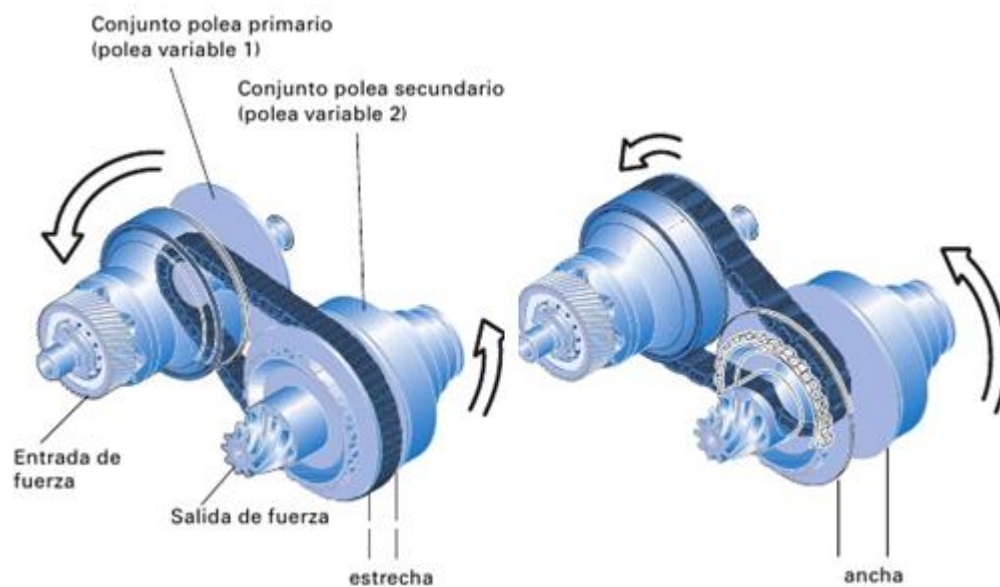


Figura 1.7 Sentido de giro de poleas CVT
(Muñoz Salcedo, 2010, pág. 51)

Actualmente la correa, transmite los esfuerzos por compresión, empujando el eslabón que le precede, en lugar de por tracción, como trabaja una correa convencional. Por tanto, la tensión de la correa es un dato importante en el funcionamiento correcto de este sistema de cambio

continuo. La tensión depende tanto del par motor que hay que transmitir en cada momento como de la relación de transmisión (Muñoz Salcedo, 2010, pág. 51).

Al principio este tipo de cambio se utilizaba en automóviles de baja cilindrada, ya que la cadena solo resistía los esfuerzos producidos por motores de bajo par. En la actualidad se han conseguido cadenas o correas más resistentes, que soportan mejor los valores de par de los automóviles de alta cilindrada.

Cada polea es fabricada de dos conos de 20° , uno contra el otro. La correa anda por el canal formado por los conos. Cuando los conos son más distantes de su par, la correa anda en la parte más angosta, más al centro de la polea. Cuando son más cercas, la correa tiene que subir a la parte ancha de la polea. El movimiento de los conos que forman la polea puede ser controlado por presión hidráulica, fuerza centrífuga, fuerza electromagnética o resortes, pero lo más común es un cono fijo y el otro movido por presión hidráulica. La distancia entre discos o conos de las poleas está controlada por la computadora para que siempre tenga la misma circunferencia y por ende la correa puede ser fuerte sin variar su tamaño (Muñoz Salcedo, 2010, pág. 54).

Caso especial en su funcionamiento son las Extroid de Nissan que, aunque se basan en el principio del variador continuo de par, la forma de obtener esa variación es diferente a las Multitronic y demás competidoras. Esta caja cuenta con dos poleas cóncavas y conectadas por medio de unas ruedas toroidales (Scribd, 2020, pág. 7).



Figura 1.8 Variador continuo Nissan
(Scribd, 2020, pág. 6)

Estas ruedas toroidales son accionadas por presión hidráulica, cambiando su inclinación y transmitiendo el movimiento de una polea a otra de nuevo por fricción. Así, al inicio de la marcha estas ruedas conectan la zona de menor diámetro de la polea conductora con la zona de mayor diámetro de la conducida, y a medida que el vehículo gana velocidad, estas ruedas cambia su posición hasta conectar la zona de mayor diámetro de la conductora con la de menor diámetro de la conducida (Scribd, 2020, pág. 7).

1.13.1 POLEAS

Cada polea consta de una cara fija y otra móvil, por lo que la relación efectiva de las poleas cambia con la velocidad del motor. Las poleas conductora y conducida van unidas mediante una correa de acero (HONDA, 2013, pág. 4).

Para obtener una relación baja de las poleas, la presión hidráulica alta actúa sobre la cara móvil de la polea conducida reduciendo el diámetro efectivo de la polea conductora, mientras que la presión baja actúa sobre la cara móvil de la polea conducida para eliminar el patinaje de la correa de acero. Para obtener una relación alta de las poleas, la presión hidráulica alta actúa sobre la cara móvil de la polea conductora reduciendo el diámetro efectivo de la polea conducida, mientras que la presión baja actúa sobre la cara móvil de esta última polea para eliminar el patinaje de la correa de acero.

1.13.2 CORREA METÁLICA

La correa de metal es el componente clave de la CVT y consta de muchas piezas de bloques de metal delgados idénticos y dos bandas de acero. Cada una de las bandas contiene múltiples capas (generalmente de 9 a 12 capas) de anillos de acero delgados (aproximadamente 0,2 mm de espesor) laminados uno encima del otro como se muestra en la Figura 1.9.

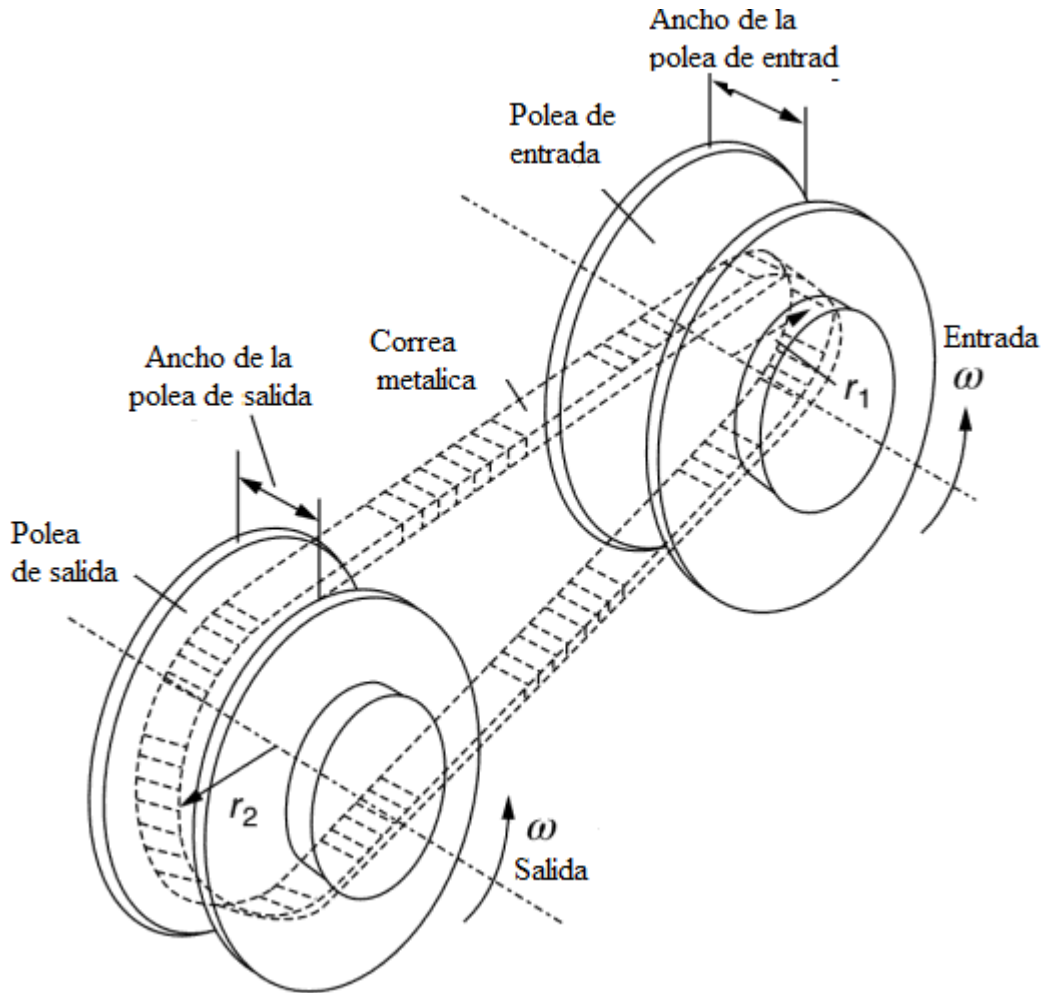


Figura 1.9 Estructura correa metálica CVT
(Zhang & Mi, 2018, pág. 254)

El bloque de metal tiene dos ranuras, una a cada lado, en las que se coloca la banda. Cientos de bloques de metal, hasta 400, y cada uno con un grosor de aproximadamente 2 mm, se colocan a lo largo de las dos bandas, como se muestra en la Figura 1.9. Una vez ensambladas, las dos bandas (o anillos como también se denominan comúnmente en la industria) estarán en tensión y los bloques de metal estarán bajo compresión. Cuando se coloca en las poleas, como se muestra en la Figura 1.10, las superficies laterales de cada bloque de metal hacen contacto con la superficie cónica de las poleas y es la fricción en este contacto la que transmite el par de la polea de entrada a la polea de salida (Zhang & Mi, 2018, pág. 254).

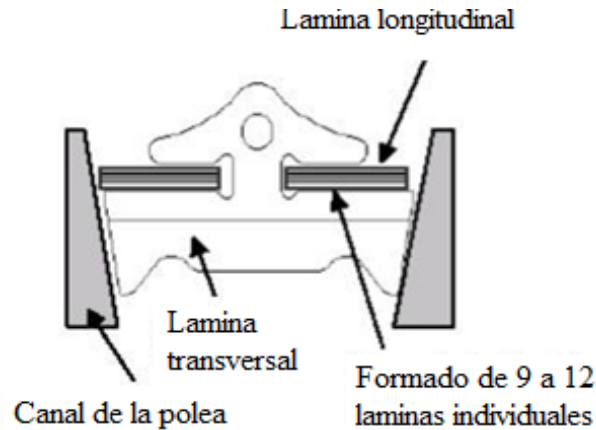


Figura 1.10 Elementos que dispone la correa metálica CVT
(Retana, 2007, pág. 17)

El ángulo de cuña de las poleas generalmente está diseñado para ser de 22° , como se indica en la Figura 1.10. Esto proporciona un ángulo de media cuña o un ángulo de ranura de 11° , lo que optimiza la transmisión de par y la elevación de la correa en las cuñas de la polea durante las operaciones de cambio de relación. El radio de contacto medio entre la superficie lateral de un bloque de metal y la superficie de la ranura de la polea se denomina radio de paso, que se indica como r_1 en el lado de entrada y r_2 en el lado de salida (Zhang & Mi, 2018, pág. 254).

La correa de acero de alta calidad es de longitud fija y consiste en cientos de láminas metálicas transversales que se adhieren a las poleas y longitudinales que sostienen a las transversales y soportan la tensión entre ambas poleas.

1.13.3 PIÑÓN PLANETARIO

El conjunto de engranaje planetario consta del piñón planetario, los piñones satélites y la corona. El engranaje planetario va unido al eje primario mediante un acoplamiento estriado. Los piñones satélites van montados en la caja portasatélites. La caja portasatélites se encuentra situada en el extremo del eje primario, sobre el engranaje planetario. La corona está situada en la caja portasatélites y unida al tambor del embrague de las marchas hacia adelante. El eje primario transmite el movimiento del motor al engranaje planetario y éste a los piñones satélites cuya caja portasatélites se encarga de seguir transmitiendo este movimiento (HONDA, 2013, pág. 5).

El mecanismo del conjunto del engranaje planetario se utiliza, únicamente, para cambiar el sentido de giro de los ejes de las poleas. En las posiciones [D], [S] y [L] (gama de marchas hacia adelante), los piñones satélites no giran sobre su eje, pero si lo hacen alrededor del engranaje planetario, lo que hace girar a la caja portasatélites.

En la posición [R] (marcha atrás), el freno de marcha atrás bloquea la caja portasatélites, por lo que el engranaje planetario acciona a los piñones satélites para que giren sobre su eje. Los piñones satélites giran sobre su eje por no lo hacen alrededor del engranaje planetario. Estos piñones satélites accionan a la corona para que gire en sentido contrario al sentido de giro del engranaje planetario (HONDA, 2013, pág. 6).

1.14 PALANCA SELECTORA

Cuando se mueve la palanca selectora, la válvula manual en cuerpo de válvulas principal es movida por medio de un cable de acero. El sistema permite mover la palanca selectora a la posición de modo secuencial moviéndola hacia una ranura especial en el interruptor selector marcha, montado en la base de la palanca selectora.



Figura 1. 11 Palanca selectora CVT
(Retana, 2007, pág. 27)

El interruptor selector de marcha envía una señal al PCM para indicar la posición de la palanca selectora, además el PCM utiliza esta señal para controlar las válvulas apropiadas y determinar el punto apropiado del cambio (Retana, 2007, pág. 28).

Las posiciones del cambio se logran de la siguiente manera:

P (parque)

Las ruedas están bloqueadas por el trinquete del engranaje de parque, situado en el eje de la polea impulsada, además todos los embragues están liberados y la válvula manual bloquea toda la presión hidráulica, en esta posición se permite el arranque del motor (Retana, 2007, pág. 28).

R (reversa)

La presión hidráulica es dirigida al freno de reversa para acoplar el freno de reversa. El interruptor de la luz de marcha atrás, incorporado en interruptor selector de la palanca, permite que las luces de reversa funcionen.

N (neutro)

En el modo neutro, las marchas no están conectadas al motor. Por lo tanto, sus ruedas no serán accionadas. El modo (N) es similar al modo P. La principal diferencia entre las dos marchas es que el modo P engrana una varilla que bloquea las marchas de la transmisión, mientras que el modo (N) no lo hace (Mitsubishi Motors, 2019).

D (conducción)

En una transmisión automática, la ECU del auto determinará qué marcha debe utilizarse en función del acelerador y de la velocidad del vehículo (Mitsubishi Motors, 2019). La caja de cambios ajusta automáticamente la relación de cambio más eficiente. La presión hidráulica es enviada al embrague de avance.

S (sport)

La caja de cambios cambia a relaciones de cambio más bajas para una aceleración mejor e incrementar el freno de motor. S utiliza para una aceleración rápida. La presión hidráulica se dirige al embrague de avance (Retana, 2007, pág. 28).

L (marcha corta)

La caja de cambios cambia a la relación de cambio más baja para incrementar la fuerza al momento de transitar en las colinas y para el freno de motor. La presión hidráulica se dirige al embrague de avance (Mitsubishi Motors, 2019).

1.14.1 SELECCIÓN DE VELOCIDADES

La palanca de cambios dispone de seis posiciones:

Tabla 1. 1 Posiciones de la palanca de cambios

Posición	Descripción
[P] ESTACIONAMIENTO	Las ruedas delanteras están bloqueadas, el trinquete de estacionamiento está acoplado con el piñón de estacionamiento del eje de la polea conducida. Los embragues de arranque y de las marchas hacia adelante se encuentran desembragados.
[R] MARCHA ATRÁS	Marcha atrás; freno de la marcha atrás aplicado.
[N] PUNTO MUERTO	Punto muerto; los embragues de arranque y de las marchas hacia adelante están desembragados.
[D] DIRECTAS	Conducción general, la caja de cambios se regula automáticamente para mantener al motor a la velocidad más idónea para la conducción en cualquier situación.
[S] SPORT	Para aceleraciones rápidas, la caja de cambios selecciona una gama amplia de relaciones para proporcionar una aceleración mejor.
[L] CORTAS	Para obtener el efecto de frenado del motor y la potencia en la subida y bajada de pendientes, la caja de cambios selecciona la gama más corta de las relaciones.

Fuente: (Scribd, 2020, pág. 4)

El arranque sólo es posible en las posiciones [P] y [N], gracias a la acción de un interruptor de seguridad de tipo deslizante.

1.14.2 RELACIONES VARIABLES AUTOMÁTICAS

Este tipo de transiciones no poseen relaciones fijas determinadas por engranes, son relaciones de rotación entre la entrada y salida, empero varían continuamente según sea el criterio del sistema computarizado de control. En un sistema de cavidad toroidal se cambia el ángulo de inclinación del disco dentro del toroide y en el sistema de polea variable es la profundidad del punto de rodadura en cada polea. Si se ve la analogía entre ambos, al final es una rueda pequeña que debe efectuar un determinado número de revoluciones por cada revolución de la rueda más grande.

El sistema en sí no presenta un punto específico como relación alguna, todo lo decide un programa dependiendo de las variables de control (velocidad, posición del acelerador y presión de vacío en el múltiple de admisión entre otros), por lo que se puede obtener una relación para incrementar la velocidad rápida o lentamente basado en lo que el conductor demande. A diferencia de las transmisiones automáticas tradicionales o las más avanzadas, las CVT jamás presentarán un cambio brusco entre relaciones (Letona López, 2014, pág. 116).

1.15 SISTEMAS DE CONTROL

1.15.1 CONTROL ELECTRÓNICO

El sistema de control electrónico consta de un módulo de control de la cadena cinemática (PCM), de sensores y de electroválvulas. Los cambios se controlan electrónicamente para disponer de una conducción confortable en todas las situaciones (HONDA, 2013, pág. 1).

El PCM recibe señales de los sensores, interruptores y del resto de unidades de control, procesa los datos recibidos y emite señales para el sistema de control del motor y el sistema de control de la CVT. El sistema de control de la CVT que incluye el control del cambio/control de la presión de las poleas, el control de la presión del embrague de arranque y el control de la inhibición de la marcha atrás, así como también el control lógico para la circulación en pendientes se encuentra almacenado en el PCM. El PCM activa las

electroválvulas que controlan el cambio en las relaciones de las poleas de la caja de cambios (HONDA, 2013, pág. 7).

El PCM determina el diámetro deseado de la polea en función de la velocidad y la apertura de la válvula obturadora. Para cualquier diámetro de la polea, el PCM sabe cuáles son las velocidades relativas de ambas poleas y mediante la comparación de las señales proveniente de 2 sensores de velocidad de la polea, puede determinarse si hay algún resbalamiento en la correa de acero y las poleas (Retana, 2007, pág. 29).

1.15.1.1 Dispositivos de entrada del PCM

- Sensor de presión absoluta del múltiple MAP
- Interruptor del pedal de freno
- Sensor de velocidad de la polea impulsora y de la polea impulsada
- Sensor de velocidad de CVT 1
- Sensor de velocidad de CVT 2
- Sensor de posición de la válvula obturadora
- Sensor de posición del cambio (Retana, 2007, pág. 29).

1.15.1.2 Dispositivos de salida del PCM

- Válvula de control del cambio de la velocidad
- Solenoide de reversa
- Válvula de control de presión del embrague de arranque (Retana, 2007, pág. 30)

1.15.2 CONTROL HIDRÁULICO

El sistema de control hidráulico está controlado por la bomba de ATF, las válvulas y las electroválvulas. La bomba de ATF va accionada por el eje primario. El aceite de la bomba

de ATF pasa a través de la válvula reguladora PH para mantener la presión especificada en la polea conductora, en la polea conducida y en la válvula manual.

La caja de válvulas consta del cuerpo de la caja de válvulas principal, el cuerpo de la bomba del ATF, el cuerpo de la caja de válvulas de control, el cuerpo del paso del ATF y el cuerpo de la caja de la válvula manual. El cuerpo de la bomba del ATF va sujeto mediante tornillos al cuerpo de la caja de válvulas principal. El cuerpo de la caja de la válvula manual va sujeto mediante tornillos a la envolvente del volante (Scribd, 2020, pág. 11). El cuerpo de la caja de válvulas de control va situado fuera de la carcasa de la caja de cambios. El cuerpo del paso del ATF va situado en el cuerpo de la caja de válvulas principal y conectado al circuito hidráulico entre el cuerpo de la caja de válvulas de control, el cuerpo de la caja de válvulas principal y el circuito hidráulico interno. El cuerpo de la caja de la válvula manual se encuentra situado en la carcasa intermedia (HONDA, 2013, pág. 2).

La bomba del ATF es de tipo trocoidal, su rotor interior va unido al eje primario mediante un acoplamiento estriado. Las poleas y los embragues reciben el aceite procedente de sus respectivos tubos de alimentación, mientras que el freno de la marcha atrás recibe el aceite procedente del circuito hidráulico interno.

La mayoría de las CVT funcionan con presiones significativamente más altas que las transmisiones tradicionales. Si bien las presiones máximas de funcionamiento de una transmisión tradicional suelen rondar los 250 psi (1724 kPa), una CVT puede funcionar a presiones de hasta 1200 psi (8274 kPa) (Santini & Vangelder, 2017, pág. 521). Una presión tan alta no se puede medir con un manómetro de transmisión tradicional. Se debe utilizar un transductor de presión junto con un osciloscopio.

Una herramienta de escaneo puede mostrar las lecturas de presión de la transmisión del sensor de presión dentro de la transmisión. Dado que las transmisiones que encuentra en un taller generalmente están ahí porque tienen problemas, que pueden incluir problemas con los sensores de presión internos, siempre es aconsejable verificar la presión con un manómetro o transductor separado.

1.15.2.1 Fluido hidráulico

Las CVT funcionan con presión hidráulica por lo cual debe de existir un fluido de trabajo que además lubrique todo el sistema en movimiento y sobre todo proteja las piezas en contacto directo como la faja dentro de las poleas o bien los discos dentro la cavidad toroidal. Tomando en cuenta que al poner en contacto dos partes metálicas en movimiento se genera fricción, la cual con el tiempo genera calor y los elementos se queman o dañan. Tomando en cuenta esto, Fuji Heavy Industries después de 3 años de investigación continua desarrolla el primero de los fluidos hidráulicos para CVT (Letona López, 2014, pág. 117).

El contacto entre la correa de empuje y la polea se lubrica y enfría con aceite CVT específico. Junto con el ajuste correcto de la dureza y textura de la superficie, esta función de lubricación y enfriamiento limita el desgaste y el sobrecalentamiento de las piezas del variador. Bosch realiza pruebas de validación de aceite, de acuerdo con la llamada prueba de fluido CVT. El hecho de que el aceite también se utilice en otros contactos de la CVT, como embragues y engranajes, así como para realizar funciones de control y transferencia de potencia hidráulica, hace necesario un aceite CVT específico (Crolla, 2015, pág. 1631).

1.15.3 CONTROL DEL CAMBIO

El PCM controla las electroválvulas que establecen las relaciones de las poleas de la caja de cambios mientras recibe las señales de entrada procedentes de los distintos sensores e interruptores situados en todo el vehículo. Para efectuar el cambio de la presión de control de las poleas, el PCM activa la válvula de control del cambio de las velocidades de la CVT y la válvula de control de la presión de dichas poleas. La presión de control de la polea conductora se aplica a esta polea, la presión de control de la polea conducida se aplica, asimismo, a dicha polea y la relación entre ambas poleas se modifica de acuerdo con su relación efectiva (HONDA, 2013, pág. 1).

1.16 EMBRAGUES Y FRENO DE MARCHAS

1.16.1 EMBRAGUES/FRENO DE MARCHA ATRÁS

La Multi Matic utiliza embragues de accionamiento hidráulico y un freno para engranar y desengranar los engranajes de la caja de cambios. Cuando se aplica una presión hidráulica al tambor del embrague y a la cavidad del pistón del freno de marcha atrás, se produce el desplazamiento de los pistones de este freno y del embrague. Este desplazamiento ejerce una presión sobre los discos y los platos de acero uniéndolos y bloqueándolos para que no puedan patinar unos sobre los otros. El movimiento se transmite, a través del paquete del embrague aplicado, a un piñón montado en su cubo, éste engrana con una corona que transmite el movimiento a los piñones de las velocidades (HONDA, 2013, pág. 3).

De la misma forma, cuando desaparece la presión ejercida sobre el paquete del embrague y sobre la cavidad del pistón del freno de marcha atrás, el pistón libera a los discos y platos de acero para que puedan patinar unos sobre los otros libremente. Esto permite que el engranaje gire independientemente en su eje, sin transmitir movimiento.

El freno de marcha atrás bloquea la caja portasatélites en la posición [R]. Se encuentra situado en la carcasa intermedia, alrededor de la caja portasatélites. Los discos del freno de marcha atrás van montados en la caja portasatélites, mientras que sus platos van montados en la carcasa intermedia. El freno de marcha atrás recibe la presión hidráulica mediante un circuito conectado al circuito hidráulico interno (HONDA, 2013, pág. 4).

1.16.2 EMBRAGUE DE ARRANQUE

El embrague de arranque engrana/desengrana el piñón conductor secundario. Se encuentra situado en el extremo del eje de la polea conducida. El embrague de arranque recibe la presión hidráulica por parte de su tubo de alimentación de ATF situado dentro del eje de la polea conducida.

1.16.3 EMBRAGUE DE LAS MARCHAS HACIA ADELANTE

El embrague de las marchas hacia adelante engrana/desengrana el conjunto del engranaje planetario. Se encuentra situado en el extremo del eje de la polea conductora. El embrague de las marchas hacia adelante recibe la presión hidráulica por parte de su tubo de alimentación de ATF situado dentro del eje de la polea conductora.

1.17 CUERPO DE VÁLVULAS

1.17.1 CUERPO DE LA CAJA DE VÁLVULAS DE CONTROL

El cuerpo de la caja de válvulas de control se encuentra situado en el exterior de la carcasa de la caja de cambios. Esta caja de válvulas contiene la válvula de control del cambio de velocidades de la CVT, la válvula de control de la presión de las poleas de esta caja de cambios, la válvula de control de la presión del embrague de arranque de dicha caja, la válvula de control de la polea conductora y la válvula de control de la polea conducida.

Tabla 1. 2 Válvulas de control

Válvula de control	Descripción y características
Válvula de control del cambio de velocidades	Consta de un solenoide lineal y una válvula de carrete. Su control se ejerce a través del PCM. La válvula de control del cambio de velocidades de la CVT proporciona la presión de control de la polea conductora (DRC) a la válvula de control de esta polea.
Válvula de control de la presión de las poleas	Consta de un solenoide lineal y una válvula de carrete. Su control se ejerce a través del PCM. La válvula de control de la presión de las poleas de la CVT proporciona la presión de control de la polea conducida (DNC) a la válvula de control de esta polea.
Válvula de control de presión del embrague de arranque	Consta de un solenoide lineal y una válvula de carrete. Su control se ejerce a través del PCM. La válvula de control de la presión del embrague de arranque de la CVT regula el valor de la presión de este embrague (SC), de acuerdo con la apertura del acelerador, y le proporciona dicha presión.

Válvula de control de la polea conductora	La válvula de control de la polea conductora regula la presión (DR) que se suministra a esta polea.
Válvula de control de la polea conducida	La válvula de control de la polea conducida regula la presión (DN) que se suministra a esta polea.

Fuente: (HONDA, 2013, pág. 13)

A continuación, la Figura 1.12 se presenta el cuerpo de válvulas de control con sus respectivas válvulas.

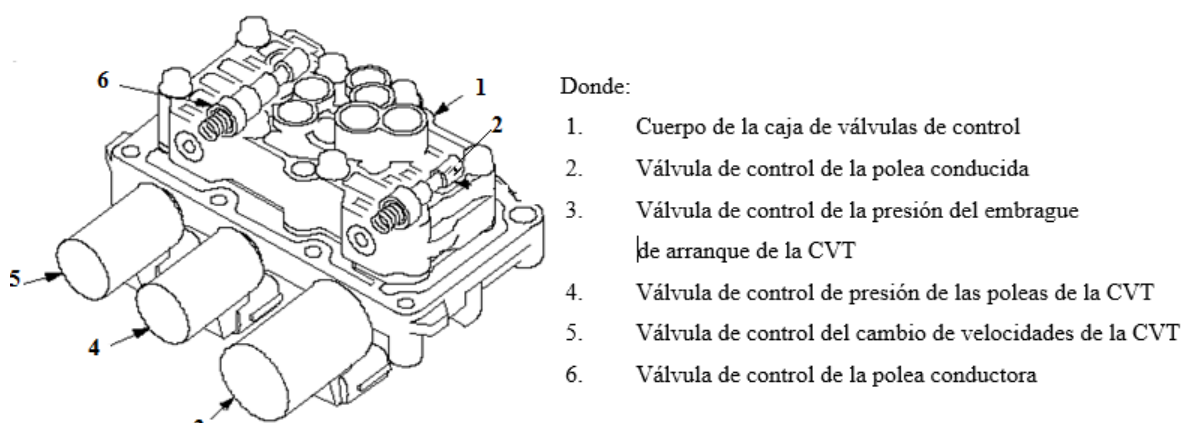


Figura 1.12 Cuerpo de la caja de válvulas de control de la CVT (HONDA, 2013, pág. 14)

1.17.2 CUERPO DE LA CAJA DE VÁLVULAS PRINCIPAL

El cuerpo de la caja de válvulas principal contiene la válvula reguladora PH, la válvula de selección de control PH, la válvula reductora del embrague, la válvula inhibidora del cambio, la válvula del acumulador del embrague de arranque, la válvula de selección del embrague de arranque, la válvula de apoyo del embrague de arranque y la válvula de engrase.

1.17.2.1 Válvula reguladora PH

La válvula reguladora PH mantiene la presión hidráulica suministrada por la bomba de ATF y suministra la presión PH al circuito de control hidráulico y al circuito de engrase. La

presión PH se regula en la válvula reguladora PH mediante la presión (PHC) de control PH procedente de la válvula de selección de control PH.

1.17.2.2 Válvula de selección de control PH

La válvula de selección de control PH proporciona una presión (PHC) de control PH a la válvula reguladora PH para regular dicha presión de acuerdo con la presión (DRC) de control de la polea conductora y la presión de control (DNC) de la polea conducida.

1.17.2.3 Válvula reductora del embrague

La válvula reductora del embrague recibe la presión PH de la válvula reguladora PH y regula la presión de reducción del embrague (CR).

1.17.2.4 Válvula inhibidora del cambio

La válvula inhibidora del cambio cambia el conducto del aceite para modificar el control del embrague de arranque, pasándolo de control electrónico a control hidráulico, cuando se produce una avería en el control electrónico.

1.17.2.5 Válvula del acumulador del embrague de arranque

La válvula del acumulador del embrague de arranque estabiliza la presión hidráulica que se suministra al embrague de arranque.

1.17.2.6 Válvula de selección del embrague de arranque

Cuando se produce una avería en el sistema de control electrónico, la válvula de selección del embrague de arranque recibe la presión de inhibición del cambio (SI) y cierra el circuito

de derivación de la presión de engrase (LUB) para la válvula de apoyo de este embrague. (HONDA, 2015, pág. 5)

1.17.2.7 Válvula de apoyo del embrague de arranque

La válvula de apoyo del embrague de arranque proporciona la presión B de control de este embrague (CCB) para su control cuando se produce una avería en el sistema de control electrónico.

1.17.2.8 Válvula de engrase

La válvula de engrase estabiliza la presión de engrase del circuito hidráulico interno.

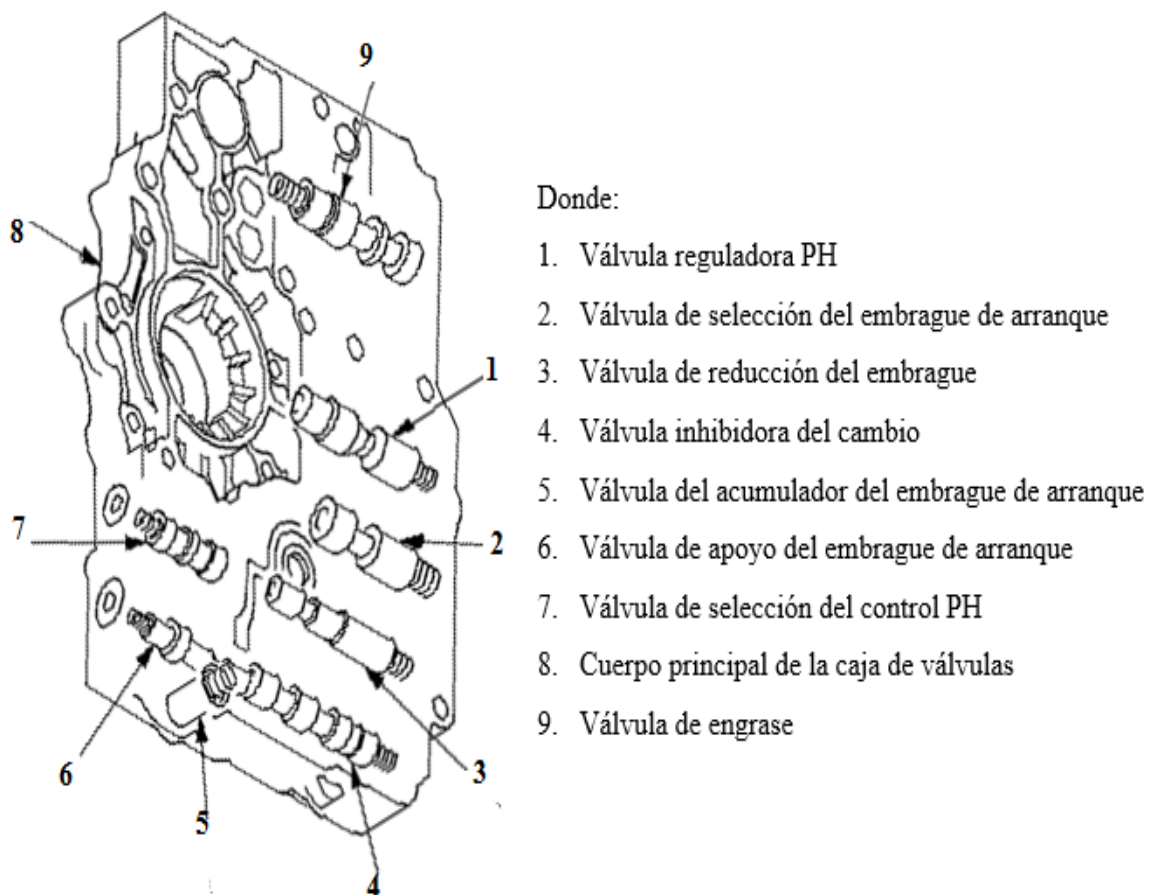
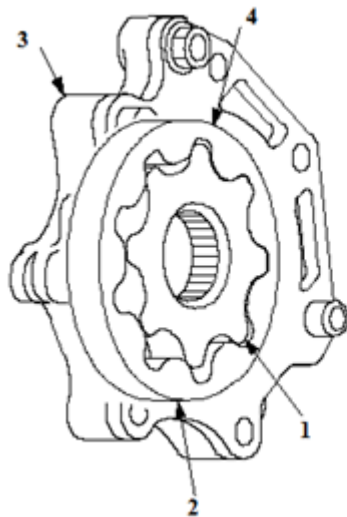


Figura 1. 13 Cuerpo de la caja de válvulas principal
(HONDA, 2013, pág. 15)

1.17.3 CUERPO DE LA BOMBA DEL ATF

El cuerpo de la bomba del ATF va sujeto mediante tornillos al cuerpo de la caja de válvulas principal. Esta bomba es de tipo trocoidal. El rotor interior va acoplado mediante una unión estriada al eje primario y accionado por este eje. La bomba del ATF proporciona la presión hidráulica a la válvula reguladora PH.



Donde:

1. Rotor interior
2. Rotor exterior
3. Cuerpo de la bomba del ATF
4. Bomba ATF

Figura 1. 14 Cuerpo de la bomba del ATF
(HONDA, 2013, pág. 15)

La bomba de ATF (Automatic Transmission Fluid) está situada en la carcasa de la caja de cambios y está ligada al eje de entrada por medio de piñones y una cadena. Este tipo de bombas generan dos veces mayor que las bombas convencionales, alrededor de 250 psi o 1700 kPa (Retana, 2007, pág. 21).

1.17.4 CUERPO DE LA CAJA DE LA VÁLVULA MANUAL

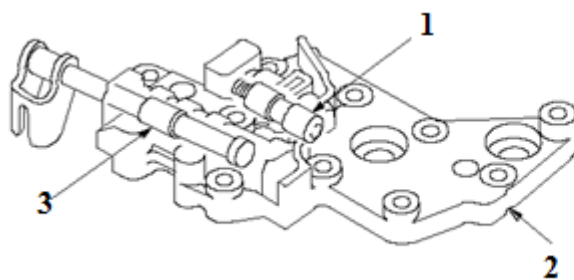
El cuerpo de la caja de la válvula manual va sujeto mediante tornillos a la carcasa intermedia y contiene la válvula manual y la válvula inhibidora de la marcha atrás.

1.17.4.1 Válvula manual

La válvula manual abre/cierra mecánicamente el conducto del aceite de acuerdo con la posición de la palanca de cambios.

1.17.4.2 Válvula inhibidora de la marcha atrás

La válvula inhibidora de la marcha atrás se controla mediante la presión de inhibición de la marcha atrás (RI) procedente de la electroválvula inhibidora. La válvula inhibidora de la marcha atrás intercepta el circuito hidráulico que alimenta de aceite al freno de la marcha atrás cuando el vehículo circula hacia adelante a velocidades superiores a 10 km/h (HONDA, 2013, pág. 17).



Donde:

1. Válvula inhibidora de marcha atrás
2. Caja de válvulas manuales
3. Válvula manual

Figura 1. 15 Cuerpo de la caja de la válvula manual
(HONDA, 2013, pág. 16)

1.18 SENSOR DE PAR

Este nuevo elemento es el responsable de que el variador trabaje de un modo prácticamente automático. Un sensor de par, que trabaja de modo similar a una válvula de limitación de presión, se torsiona de tal modo a través del momento variable de entrada que cierra o abre los taladros de alimentación de la hidráulica de mando (Muñoz Salcedo, 2010, pág. 55). Así, se genera automáticamente un equilibrio entre el par motor que se transmite y la fuerza de presión. Este hecho supone un requisito esencial para la reacción extraordinariamente rápida del variador sobre todas las modificaciones de tracción, así como una prevención ante el aumento inmediato de la presión de empuje, por ejemplo, en caso de golpes en el tren motriz,

convirtiéndose de este modo en un mecanismo de seguridad ante irregularidades de todo tipo (Esquivel, 2008, pág. 20).

1.18.1 BAJA Y MARCHA ATRÁS

La mayoría de los fabricantes utilizan un número limitado de conjuntos de embrague multidisco y un conjunto de engranajes planetarios para permitir que la transmisión funcione en marcha atrás. Estos paquetes de embrague generalmente se encuentran en el eje de la polea de entrada para cambiar la dirección de rotación de las poleas y la correa. Ford Motor Company también utiliza estos conjuntos de engranajes planetarios para crear una relación baja, cuando lo solicita el conductor. Ford anuncia sus transmisiones como CVT de dos velocidades. Cuando el conductor selecciona bajo, el conjunto de engranajes planetarios se usa para crear una mayor multiplicación de par para una mayor potencia de tracción y una mayor tracción con una velocidad limitada del vehículo (Santini & Vangelder, 2017, pág. 520).



Figura 1. 16 Conjunto de embrague y planetario
(Santini & Vangelder, 2017, pág. 520)

1.18.2 CONVERTIDORES DE PAR

Algunas CVT utilizan un convertidor de par tradicional instalado entre el motor y la transmisión. Otros incorporan componentes híbridos en lugar de un convertidor de par. Si el fabricante opta por utilizar un convertidor de par, normalmente incluye un mecanismo de bloqueo en el convertidor, al igual que un automático tradicional. Cuando el vehículo no está equipado con un convertidor de par, el eje de entrada se desconecta del motor a través de un embrague accionado hidráulicamente dentro de la transmisión. En la mayoría de los vehículos equipados con CVT, el convertidor de par de bloqueo se puede aplicar a una velocidad muy baja para maximizar la economía de combustible. En algunos vehículos, este bloqueo ocurre a velocidades tan bajas como 25 km/h. (Santini & Vangelder, 2017, pág. 520)

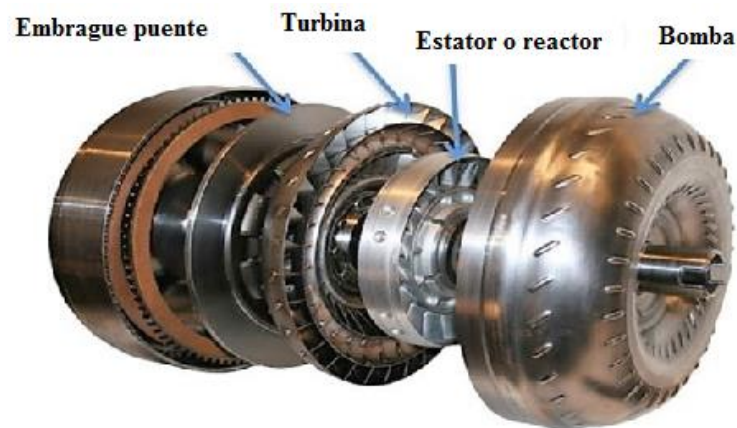


Figura 1.17 Convertidor de par
(Isopetrol, 2017, pág. 3)

CAPÍTULO II

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL BANCO DE PRUEBAS

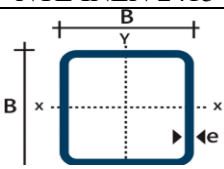
A continuación, se hace una descripción completa del banco de pruebas de caja CVT.

2.1.1 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

Para la elaboración del diseño de la estructura metálica se utilizó un software asistido por computadora que ayuda a la creación, modificación y análisis al momento de incorporar los elementos y proceder a las operaciones correspondientes.

El diseño de la estructura es muy importante en la construcción de un banco de pruebas, debe ser resistente para soportar las cargas a la que será sometida, los materiales utilizados en la fabricación se detallan en la Tabla 2.1 con sus respectivas especificaciones de la calidad y Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2415:2013 Primera revisión.

Tabla 2. 1 Especificaciones del tubo cuadrado

Tubería estructural cuadrada	
Largo nominal	6 m
Recubrimiento	Negro
Calidad del acero	ASTM A 36
Norma de fabricación	NTE INEN 2415
B: 40 mm E: 1,50 mm Peso: $1,77 \frac{kg}{m}$	 <p>El diagrama muestra un tubo cuadrado con una sección transversal. Las dimensiones están etiquetadas como B (anchura total), E (espesor de la pared), x (distancia desde el centro hasta el borde exterior) y e (espesor de la pared). Una flecha indica la dirección de la longitud del tubo.</p>

Fuente: (INEN, 2013, pág. 4)

2.1.2 PROCESOS DE FIJACIÓN DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

La técnica de fijación de los materiales de la estructura metálica se realizó utilizando el proceso de soldadura MIG/MAG (Metal Inert Gas o Metal Active Gas) que es el más utilizado, emplea un electrodo consumible por arco mediante gas protector.

2.1.3 MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

El motor de combustión interna proviene de un vehículo Honda WR-V LX año 2021 que dispone de una CVT con modo de conducción sport y pendiente, en la Tabla 2.2 se presenta las especificaciones técnicas que dispone este tipo de motor.

Tabla 2. 2 Especificaciones técnicas motor

Motor Honda WR-V LX 2021	
Modelo	LX
Aleación	Aluminio
Cilindros	4 en línea
Cilindrada	1496 cm ³
Potencia	(CV / RPM) 120 / 6600
Torque	(KGF.M / RPM) 14.8 / 4800
Relación de compresión	10.3.1
Válvulas	16
Sistema de inyección de combustible	PGM-FI

Fuente: (Honda, 2021)



Figura 2. 1 Motor de combustión interna Honda WR-V

2.1.4 SISTEMA DE COMBUSTIBLE

El sistema de combustible consta de un recipiente destinado a almacenar gasolina para alimentar al motor de ciclo Otto, tiene una capacidad de 20 litros, y se encuentra dispuesto

de tal forma que evite accidentes al momento que el motor se encuentre en funcionamiento e incremente su temperatura.



Figura 2. 2 Tanque de combustible del banco de pruebas

En la Figura 2.2 se observa el tanque que contiene la gasolina, la bomba eléctrica de combustible y cañerías.

2.1.5 SISTEMA ELECTRÓNICO

Es el sistema encargado de gestionar todas las funciones de operatividad en el vehículo es la unidad de control eléctrico ECU, toma las señales de entrada de los sensores y controla el funcionamiento de los actuadores para generar el funcionamiento del motor y la transmisión.



Figura 2. 3 Cableado ECU

En la Figura 2.3 se puede apreciar el cableado original que está conformado por los conectores que cumplen funciones específicas, se siguieron consejos y advertencias para una correcta instalación.

2.1.6 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El sistema de refrigeración es indispensable para mantener la temperatura óptima de funcionamiento del motor y la caja de cambio, mismo que se encuentra instalado en la estructura metálica según especificaciones del fabricante.



Figura 2. 4 Sistema de refrigeración de la caja CVT

Al tener trabajando todos los elementos mecánicos de la caja existe momentos que la temperatura sufre incrementos, el sistema de refrigeración que se observa en la Figura 2.4 permite normalizar la temperatura de trabajo para un correcto funcionamiento.

2.1.7 PANEL DE CONTROL

El panel de control dispone de una interfaz similar al tablero de control del vehículo con elementos de operatividad que se encuentran distribuidos para proporcionar una experiencia equivalente a la conducción vehicular.



Figura 2. 5 Tablero de testigos del motor Honda WR-V

Se observa en la Figura 2.5 los datos que comprende el tablero, tales como el testigo del aceite, la batería, Check Engine, entre otros.

2.2 EQUIPOS UTILIZADOS EN EL DIAGNÓSTICO

2.2.1 ESCÁNER

Mediante un escáner de uso automotriz de marca Carman Lite, se obtiene la lectura de información electrónica de la ECU, el equipo de diagnóstico obtiene valores de temperatura, velocidades de trabajo y la activación de actuadores. Con el escáner se monitorea datos de funcionamiento al momento que se encuentra en marcha el banco de pruebas y se verifica las revoluciones del eje de entrada y salida de la caja con la respectiva posición de la palanca selectora de cambios.



Figura 2. 6 Escáner Carman Scan Lite

2.2.2 MANÓMETROS DE PRESIÓN

Los manómetros de presión identifican los valores de trabajo de los elementos internos de la transmisión. Se trabajó con manómetros de presión con relleno de glicerina, las presiones son muy variables de baja a alta, este tipo de manómetros proporcionan lecturas precisas, estables, legibles y no son susceptibles a daños en su mecanismo de medición por los picos de presión o por vibraciones.



Figura 2. 7 Manómetro de glicerina

En la Figura 2.7 se observa un manómetro de glicerina el cual se utilizó para la recopilación de datos, en este tipo de transmisiones las presiones son muy variables al momento de realizar el cambio de velocidades las lecturas deben ser precisas y constantes.

Para conectar los manómetros a los puertos de presión de la caja CVT se empleó los siguientes materiales como se ilustra en la Tabla 2.3:

Tabla 2. 3 Materiales para conexión a los puertos de presión de la caja CVT

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
4	Manómetros de presión en glicerina de 1000 psi
4	Cañerías flexibles de 1m SAE 100R17 3/16" 3050 psi
4	Terminales macho en bronce de ½"
4	Terminales hembra en bronce de ½"

2.3 METODOLOGÍA

El presente trabajo investigativo tiene como finalidad adquirir una caja CVT, para realizar la medición de presión en los puertos que disponen este tipo de transmisiones con la ayuda de manómetros que presenten los valores al momento de su funcionamiento. Al disponer de esta información es posible realizar comparaciones con los datos que el manual de taller disponga para este modelo específico de transmisión y determinar si se encuentra trabajando correctamente. A continuación, se presenta la metodología empleada para la realización de este proyecto.

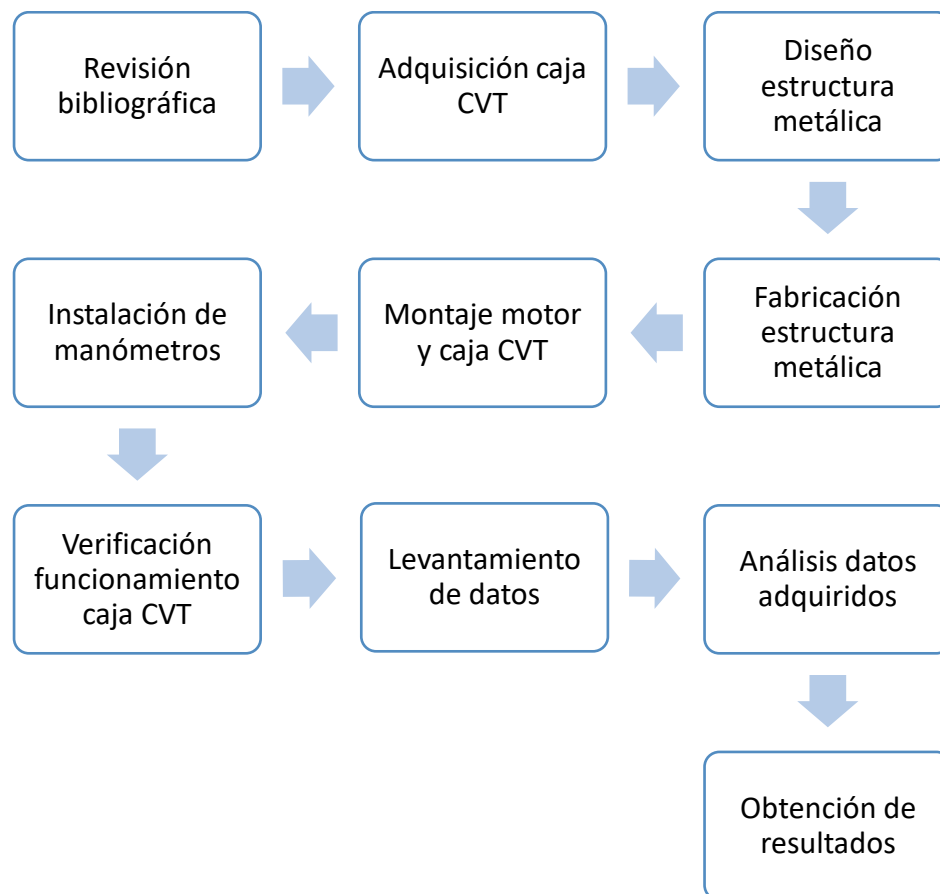


Figura 2. 8 Metodología implementación banco de pruebas caja CVT

En la Figura 2.8, se puede apreciar los pasos que se debe seguir para lograr alcanzar los objetivos planteados, de una manera sistemática y ordenada. A continuación, se desarrollará los pasos antes mencionados.

2.4 CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

2.4.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA METÁLICA

Con la utilización del software SolidWorks se diseñó y realizó el respectivo estudio estático de fuerzas de reacción para determinar las deformaciones producidas en la estructura metálica. A continuación, se describe el procedimiento efectuado.

1. Instalación programa de diseño, se descargó de la página oficial de SolidWorks una versión compatible con el sistema operativo y se realizó la instalación correspondiente.
2. Con la ayuda de este software se diseñó el modelo de la estructura metálica y se realizó el análisis de esfuerzos, determinando que la estructura es adecuada para soportar las cargas a las que será sometida.
3. Se realiza la impresión del diseño con sus respectivas medidas, tipo de material y se procede a adquirir los materiales necesarios para comenzar la construcción de la estructura metálica del banco de pruebas en las instalaciones de un taller.
4. Terminada la fabricación de la estructura metálica se procede a realizar el montaje del motor con la caja de transmisión CVT según el diseño establecido.

2.4.2 MONTAJE MOTOR Y TRANSMISIÓN

Con la estructura metálica lista para el banco de pruebas se realiza el montaje del motor y la caja de cambios en su respectiva ubicación siguiendo el siguiente procedimiento.

Mediante el uso de equipo para elevar carga en un espacio reducido, se acopla el motor y la caja de cambio en la estructura metálica, se realiza la sujeción en los puntos que dispone esta estructura utilizando bases que soporten vibraciones.



Figura 2. 9 Montaje de motor sobre estructura metálica

Se acoplan los diferentes sistemas tales como el depósito de combustible, el sistema de escape, sistema de refrigeración, el sistema eléctrico en el banco de pruebas para que funcione apropiadamente el motor y la caja.

2.4.3 INSTALACIÓN DE MANÓMETROS DE PRESIÓN

Los manómetros de presión utilizan cañerías de caucho flexible SAE 100R17 3/16" 3050 psi con acoples que fueron instalados a los 4 puertos de presión que se encuentra en la parte lateral izquierda de la caja, estas son: DN (Válvula de control de la polea conducida), DR (Válvula de control de la polea conductora), LUB (Válvula de presión de engrase), Sensor de presión.



Figura 2. 10 Manómetros y cañerías de presión

En la Figura 2.10 se puede apreciar las cañerías y manómetros de glicerina con una tolerancia de 1000 psi de presión para realizar las pruebas, donde se evaluará la variación de trabajo en función de la marcha y velocidad

2.5 COMPROBACIÓN DE PRESIÓN DE LA CAJA CVT

Para realizar la medición de presiones de trabajo de la caja CVT en el banco de pruebas se procedió a seleccionar las diferentes posiciones de funcionamiento de la palanca selectora (P-R-N-D-S-L) con el motor encendido a 800 rpm (Ralentí) y 2000 rpm. El banco de pruebas tiene instalado un freno para simular la carga de trabajo y así poder realizar el cambio de marcha. A continuación, se muestran los pasos que se debe seguir:

1. Se examinó el nivel de aceite de la caja.
2. Se encendió el motor hasta que alcance la temperatura correcta de funcionamiento.
3. Luego se observó que no exista fugas de aceite por los acoples y manómetros.
4. Con el motor en ralentí y la palanca en la posición Parking (P) se procedió a tomar los datos.
5. Para poder pasar el selector de marchar de la posición (P) a otra posición, se aplicó una carga mediante el freno para disminuir los rpm del motor, al mismo tiempo se pulsó el botón del selector de marcha para luego bajarlo al modo Reversa (R), se procedió a tomar los datos. Esto también se realizó para la posición Neutro (N), Drive (D), (S), (L) en ralentí.
6. Con el motor encendido y la palanca en la posición Parking (P) se presionó el acelerador hasta llegar a 2000 rpm en ese instante se procedió a tomar los datos.
7. Para poder pasar el selector de marchar de la posición (P) a otra posición, se aplicó una carga mediante el freno para disminuir los rpm del motor, al mismo tiempo se pulsó el botón del selector de marcha para luego bajarlo al modo Reversa (R), se procedió a tomar los datos en el instante que el motor alcanzó los 2000 rpm. Esto también se realizó en la posición Neutro (N), Drive (D), (S), (L).
8. De esta forma se completó las pruebas para las marchas (P-R-N-D-S-L).

2.6 FUNCIONAMIENTO DE LA TRANSMISIÓN CVT

El funcionamiento de la transmisión CVT empieza con las señales de varios sensores como se puede apreciar en la Figura 2.4, la señal del interruptor de la caja de cambio enciende al motor solo si se encuentra en las posiciones P o N, todas estas señales las recibe la computadora y procede a enviar las presiones necesarias a las poleas, embrague de arranque y al testigo de la palanca de cambios.

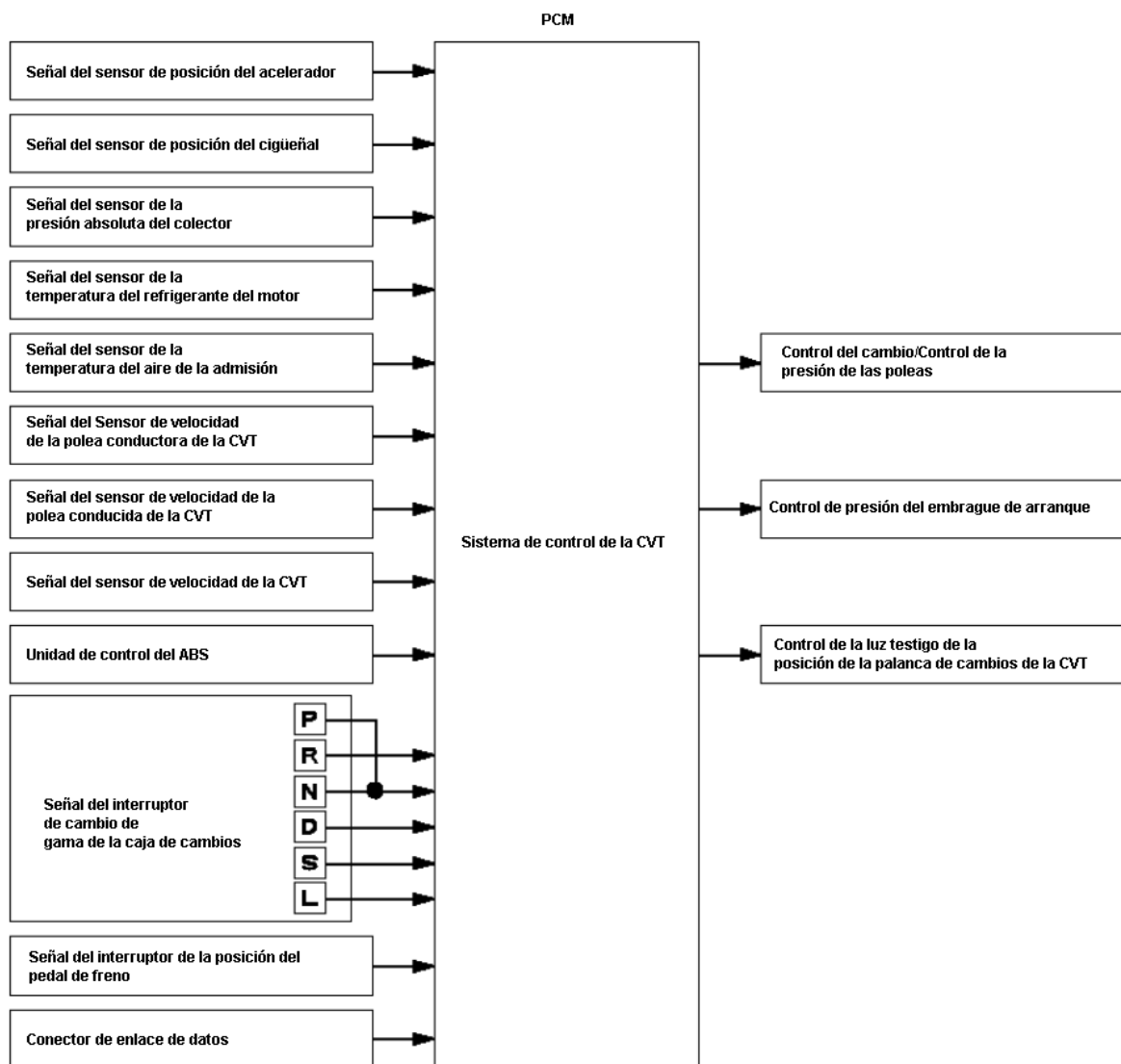


Figura 2. 11 Esquema funcionamiento transmisión CVT
(HONDA, 2013, pág. 8)

CAPÍTULO III

3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 ESTRUCTURA DEL BANCO DE PRUEBAS

Con el diseño terminado de la estructura del banco de pruebas se procedió a realizar la simulación del análisis estático para determinar si es necesario agregar refuerzos estructurales para que soporte los esfuerzos necesarios a los que va a estar sometida durante la realización de las pruebas con el motor en funcionamiento y la caja CVT realizando la transmisión al eje incorporado.

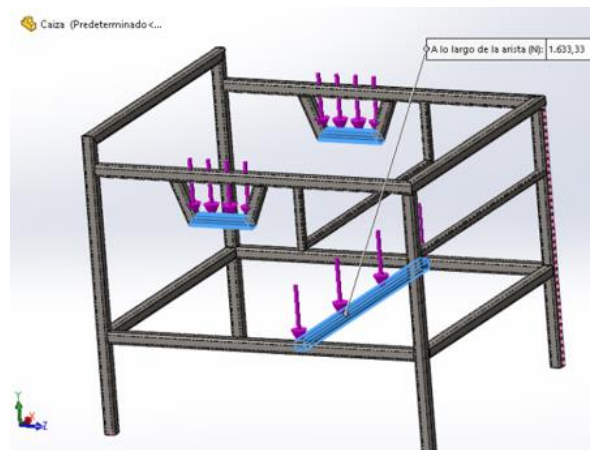


Figura 3. 1 Puntos de apoyo del motor y caja

En la Figura 3.1 se puede observar los puntos de apoyo del motor y caja con un peso de 500kg (4 900 N), esto se divide para los tres puntos de sujeción dando (1 633.33 N).

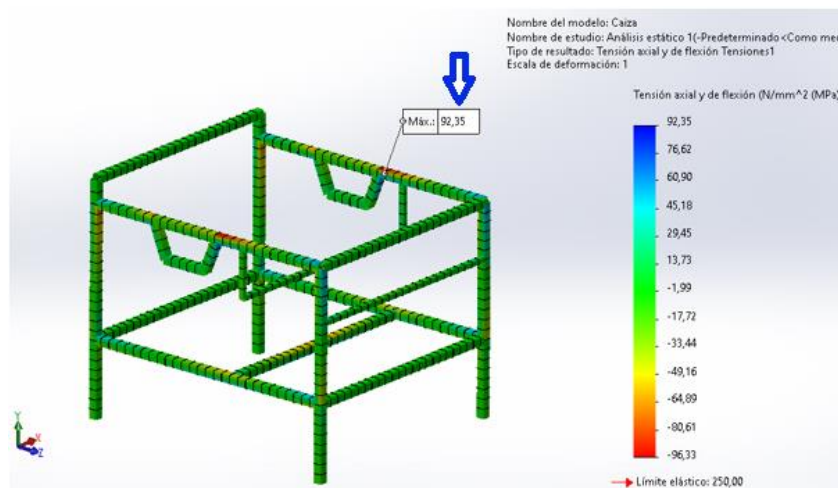


Figura 3. 2 Limite elástico simulados en software CAD

El Acero ASTM A 36 tiene un límite elástico máximo de 250 MPa al aplicar una carga que sobrepase este límite el acero A 36 no vuelve a su estado original.

Al aplicar todas las cargas antes mencionadas en la Figura 3.2 se puede apreciar los puntos críticos con un esfuerzo máximo de 92,35 MPa esto quiere decir que está por debajo del límite elástico.

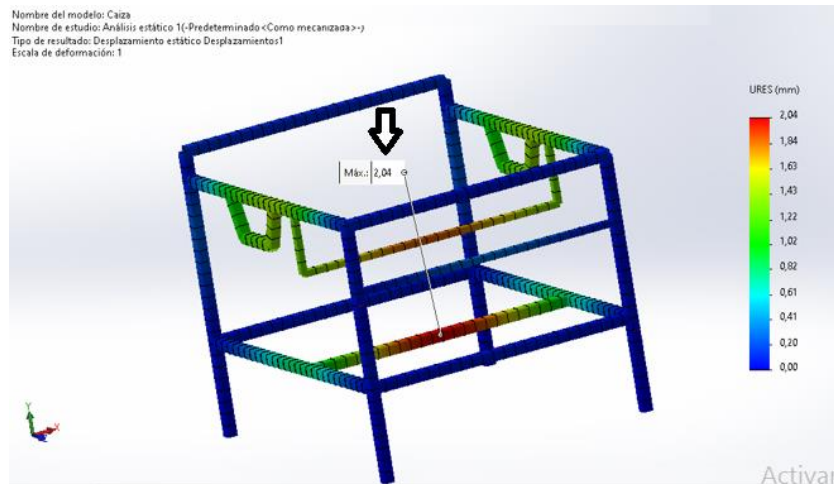


Figura 3. 3 Estudio de desplazamientos simulados en software CAD

Según el análisis realizado en el software SolidWorks, la estructura soporta la carga que va a ser aplicada al tener el motor y el conjunto de la transmisión CVT junto con los sistemas auxiliares que son necesarios para la realización de las pruebas. En la Figura 3.3 se presenta de color rojo el desplazamiento máximo registrado en los puntos críticos de la estructura es de 2,04 mm.

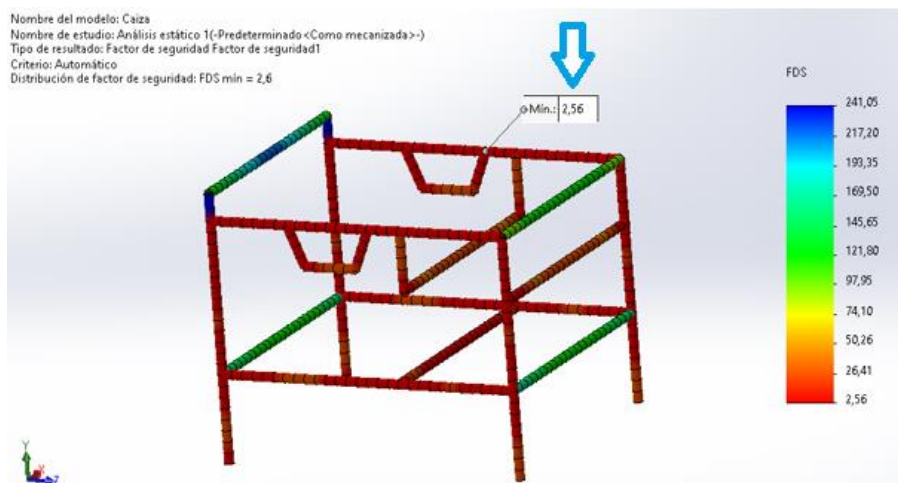


Figura 3. 4 Análisis del factor de seguridad simulados en software CAD

Un factor de seguridad inferior 1,0 o igual a 1,0 quiere decir que el material ha fallado no es apto para soportar los esfuerzos. Si el factor de seguridad es mayor a 1,0 el material es seguro. Al realizar el análisis se obtuvo como resultado 2,56 de FDS esto quiere decir que la estructura es apta para el trabajo y puede soportar 2,56 veces más del peso planteado antes que el material se vuelva elástico y no pueda regresar a su forma original. Para tener una mayor claridad en la Figura 3.4 se detalla FDS.

3.2 SISTEMA HIDRÁULICO DE LA TRANSMISIÓN

Para la toma de presiones de la caja CVT se utilizaron los puertos de medición de presión que esta dispone, adaptando mangueras de alta presión con acoples para evitar fugas del aceite durante la realización de las pruebas y evitar que los manómetros presenten mediciones erróneas, se colocaron 4 mangueras con sus respectivos manómetros de glicerina en los puertos que se presentan en la Tabla 3.1.

Tabla 3. 1 Manómetros adaptados a su respectivo puerto de presión

Manómetro #	Socket de conexión
1	DN Válvula de control de la polea conducida
2	DR Válvula de control de la polea conductora
3	LUB válvula de presión de engrase
4	Sensor de presión

A cada uno de estos puertos se incorporó una cañería con una manguera y un manómetro como el que se indica a continuación.



Figura 3. 5 Manómetro con manguera y acoples

3.2.1 MEDICIÓN DE PRESIÓN PARA LA POSICIÓN PARKING (P)

Para la toma de presiones se debe proceder de manera adecuada verificando que las conexiones de las cañerías instaladas se encuentren con el cierre adecuado para evitar fugas de presión, se realizaron mediciones de presión en 800 y 2000 rpm para monitorear el cambio de presión de la caja CVT. A continuación, la Tabla 3.2 presenta las presiones obtenidas durante las pruebas realizadas con la palanca en posición Parking.

Tabla 3. 2 Tabla de presiones de trabajo caja CVT con palanca en posición P

RPM	MANÓMETRO (psi)			
	DN	DR	LUB	SENSOR DE PRESIÓN
800	400	140	10	170
2000	190	145	60	170

En las pruebas realizadas al encender el motor y la palanca selectora de marcha en la posición Parking (P) medidas en psi a 800 rpm en esta posición, genera 400 psi la válvula de control de la polea conducida (DN), 140 psi la válvula de control de la polea conductora (DR), 10 psi de presión aplicada a la válvula de engrase (LUB) y se registra un valor de 170 psi en el puerto del sensor de presión.

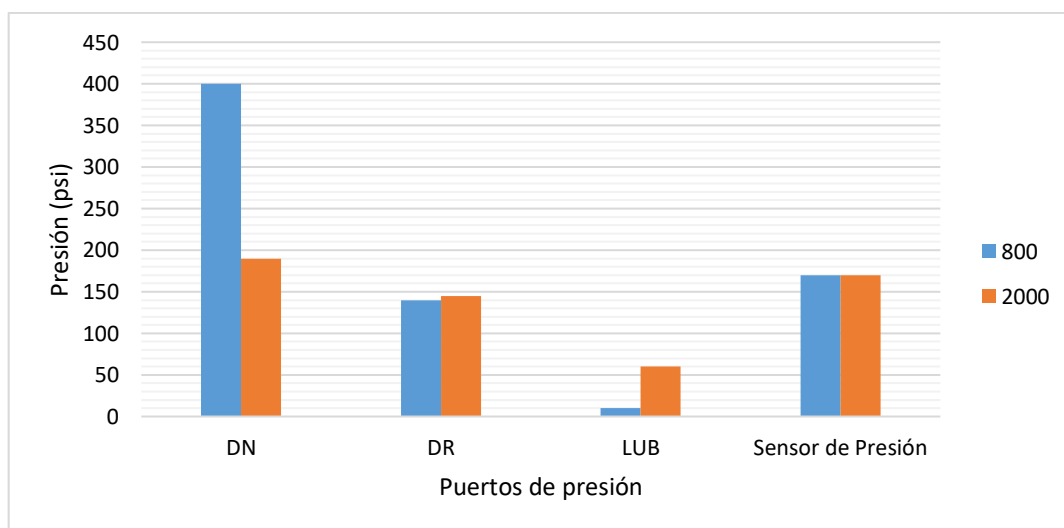


Figura 3. 6 Presión pruebas a 800 y 2000 rpm en P

Al momento de incrementar las revoluciones en el motor a 2000 rpm la presión de la válvula (DN) baja un 50%, mientras que la registrada en la válvula (DR) se mantiene, incrementando la presión de la válvula (LUB), la presión de trabajo sigue igual en el puerto del sensor.

3.2.2 MEDICIÓN DE PRESIÓN PARA LA POSICIÓN REVERSA (R)

De la misma forma y teniendo en consideración las normas de seguridad se realizaron mediciones en 800 y 2000 rpm para monitorear el cambio de presión en los puertos de la caja CVT. Para realizar el cambio de marcha desde la posición Parking (P) a Reversa (R) se debe presionar el pedal de freno. A continuación, la Tabla 3.3 indica las presiones marcadas con la palanca en posición R.

Tabla 3.3 Tabla de presiones de trabajo caja CVT con palanca en posición R

RPM	MANÓMETRO (psi)			
	DN	DR	LUB	SENSOR DE PRESIÓN
800	440	240	10	500
2000	100	100	10	130

En las pruebas realizadas con la palanca selectora de marcha en la posición de Reversa (R) medidas en psi a 800 rpm en esta posición, genera 440 psi la válvula de control de la polea conducida (DN), 240 psi la válvula de control de la polea conductora (DR), 10 psi de presión aplicada a la válvula de engrase (LUB) y se registra un valor de 500 psi en el puerto del sensor de presión.

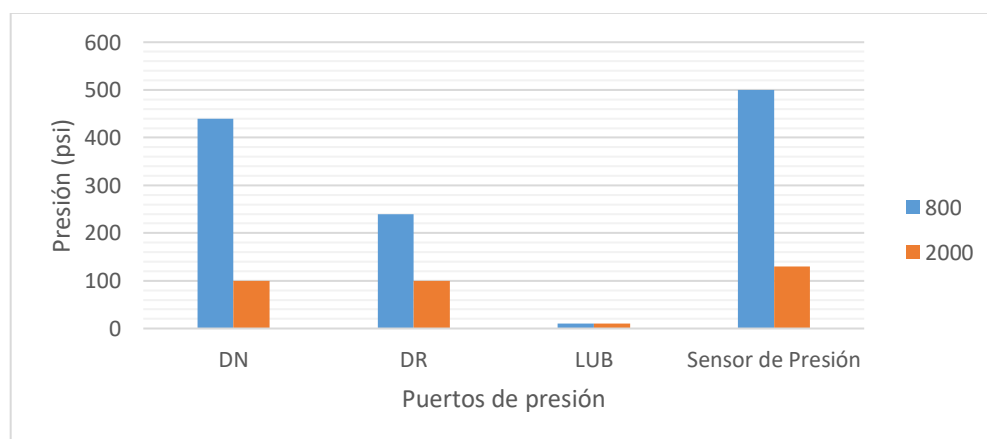


Figura 3.7 Presión pruebas a 800 y 2000 rpm en R

Al momento de incrementar los rpm a 2000 revoluciones por minuto en el motor la presión en la válvula (DN) disminuye un 74%, mientras que en la válvula DR se reduce 58%, la presión en las dos válvulas (DN) y (DR) a 2000 rpm es la misma 100 psi, la válvula (LUB) no registra cambios de presión, el trabajo registrado en el puerto de presión del sensor es de 130 psi siendo 75% menor en comparación con los 800 rpm.

3.2.3 MEDICIÓN DE PRESIÓN PARA LA POSICIÓN NEUTRAL (N)

De la misma forma y teniendo en consideración las normas de seguridad se realizaron mediciones de presión en 800 y 2000 rpm para la posición Neutral (N), siempre se debe presionar el pedal de freno para proceder a realizar este tipo de cambio en la palanca selectora de marcha. A continuación, la Tabla 3.4 presenta las presiones de la caja CVT con la palanca en posición neutral.

Tabla 3. 4 Tabla de presiones de trabajo caja CVT con palanca en posición N

RPM	MANÓMETRO (psi)			
	DN	DR	LUB	SENSOR DE PRESIÓN
800	180	140	10	170
2000	190	150	60	170

Durante la realización de las pruebas con la palanca selectora de marcha en la posición Neutral (N) se registra a 800 rpm una presión de 180 psi de trabajo en la válvula de control de la patea conducida (DN), 140 psi en la válvula de control de la patea conductora (DR), la presión registrada en la válvula de engrase (LUB) es baja registrando un valor de 10 psi, por consiguiente, la presión medida en el puerto del sensor es 170 psi.

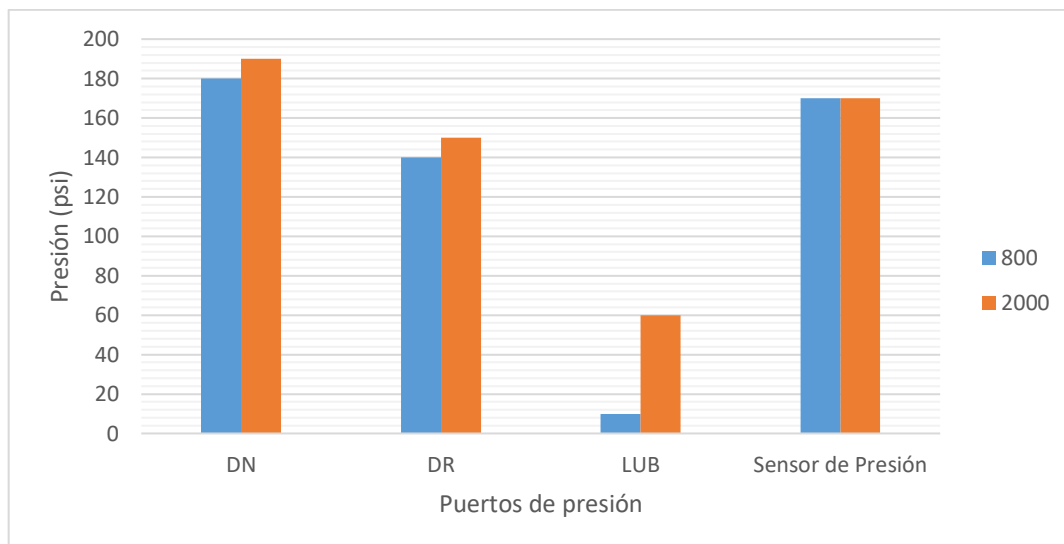


Figura 3. 8 Presión pruebas a 800 y 2000 rpm en N

Al momento de incrementar las revoluciones en el motor de 800 a 2000 rpm la presión en la válvula de control de la polea conducida (DN) se incrementa un 6%, el valor registrado en la válvula de control de la polea conductora (DR) también se eleva un 8%, la válvula de engrase (LUB) registra un incremento considerado al pasar de 10 a 60 psi, al subir los rpm en el motor la presión de trabajo que registra el sensor de la caja CVT es de 170 psi, mismo valor que registrado en revoluciones bajas.

3.2.4 MEDICIÓN DE PRESIÓN PARA LA POSICIÓN DRIVE (D)

De igual manera se realizaron mediciones a 800 y 2000 rpm para monitorear el cambio de presión en los puertos de presión de la caja CVT. Para realizar el cambio de marcha desde la posición Neutral (N) a Drive (D) siempre se debe presionar el pedal de freno. A continuación, la Tabla 3.5 presenta las presiones con la palanca en posición D.

Tabla 3. 5 Tabla de presiones de trabajo caja CVT con palanca en posición D

RPM	MANÓMETRO (psi)			
	DN	DR	LUB	SENSOR DE PRESIÓN
800	400	240	10	390
2000	230	200	25	100

En las pruebas realizadas con la palanca selectora de marcha en la posición Drive (D) cuando se registra 800 rpm se tiene que la presión de trabajo es de 400 psi en la válvula de control de la polea conducida (DN), con respecto a la válvula de control de la polea conductora (DR) es 240 psi y la registrada en la válvula de engrase (LUB) es 10 psi, en esta marcha requiere trabajo la polea conductora y la presión registrada es 390 psi.

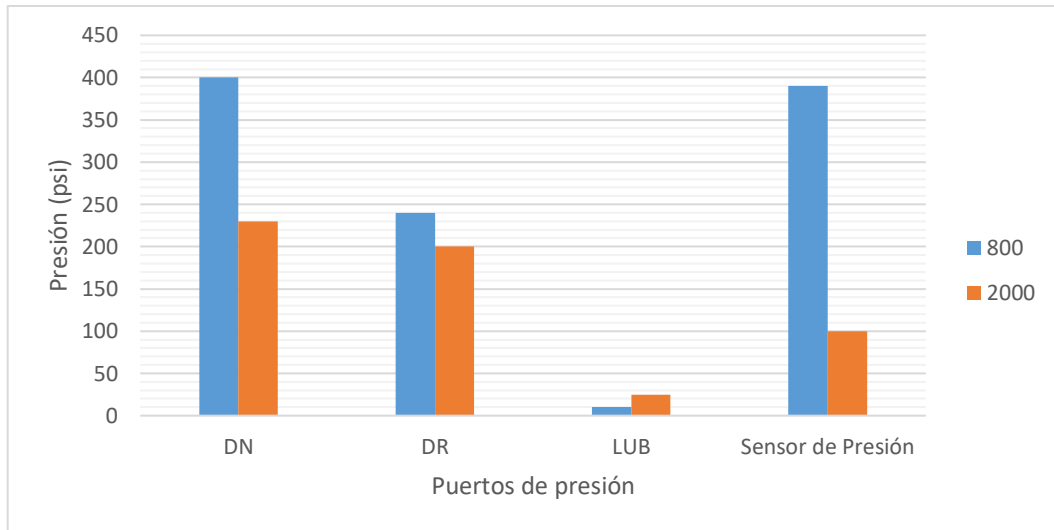


Figura 3. 9 Presión pruebas a 800 y 2000 rpm en D

Al incrementar las revoluciones en el motor a 2000 rpm la presión en la válvula de control de la polea conducida (DN) disminuye un 42%, mientras que la válvula de control de la polea conductora (DR) se reduce 17%, en la válvula de engrase (LUB) también registra un valor de aumento, se incrementa de 10 a 25 psi, al subir los rpm la presión de trabajo que registra el sensor baja de 390 psi a 100 psi siendo 75% menor que en revoluciones bajas.

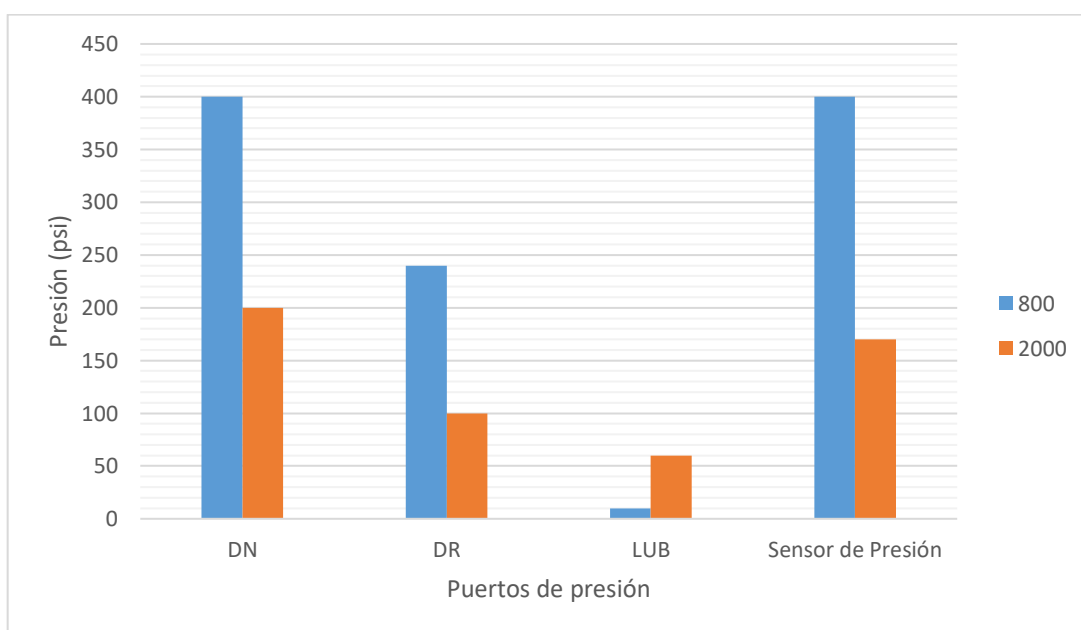
3.2.5 MEDICIÓN DE PRESIÓN PARA LA POSICIÓN DRIVE (S)

De la misma manera se realizaron mediciones a 800 y 2000 rpm para monitorear el cambio de presión en los puertos de presión de la caja CVT. Para realizar el cambio de marcha desde la posición D a S no es necesario presionar el pedal de freno. A continuación, la Tabla 3.6 presenta las presiones con la palanca en posición S.

Tabla 3. 6 Tabla de presiones de trabajo caja CVT con palanca en posición S

RPM	MANÓMETRO (psi)			
	DN	DR	LUB	SENSOR DE PRESIÓN
800	400	240	10	400
2000	200	100	60	170

En las pruebas realizadas con la palanca selectora de marcha en la posición Drive (S) cuando se registra 800 rpm se tiene que la presión de trabajo en la válvula de control de la polea conducida (DN) es 400 psi, la válvula de control de la polea conductora (DR) es 240 psi y la registrada en la válvula de presión de engrase (LUB) es 10 psi dando el mismo valor en las posiciones anteriores a 800 rpm y la presión en el puerto del sensor es 400 psi.

**Figura 3. 10** Presión pruebas a 800 y 2000 rpm en S

Al incrementar las revoluciones en el motor a 2000 rpm la presión en la válvula de control de la polea conducida (DN) disminuye un 50%, mientras que en la válvula de control de la polea conductora (DR) se reduce 58%, la válvula de engrase (LUB) registra un valor de aumento, se incrementa de 10 a 60 psi, al subir los rpm la presión de trabajo que registra el sensor baja de 400 psi a 170 psi siendo 58% menor que en revoluciones bajas.

3.2.6 MEDICIÓN DE PRESIÓN PARA LA POSICIÓN DRIVE (L)

Para finalizar se realizaron mediciones a 800 y 2000 rpm para monitorear el cambio de presión en los puertos de presión de la caja CVT. Para realizar el cambio de marcha desde la posición S a L no es necesario presionar el pedal de freno. A continuación, la Tabla 3.7 presenta las presiones con la palanca en posición L.

Tabla 3. 7 Tabla de presiones de trabajo caja CVT con palanca en posición L

RPM	MANÓMETRO (psi)			
	DN	DR	LUB	SENSOR DE PRESIÓN
800	400	240	10	400
2000	200	100	60	170

En las pruebas realizadas con la palanca selectora de marcha en la posición Drive (L) cuando se registra 800 rpm genera 400 psi la válvula de control de la polea conducida (DN), 240 psi la válvula de control de la polea conductora (DR), 10 psi de presión aplicada a la válvula de engrase (LUB) y se registra un valor de 400 psi en el puerto del sensor de presión.

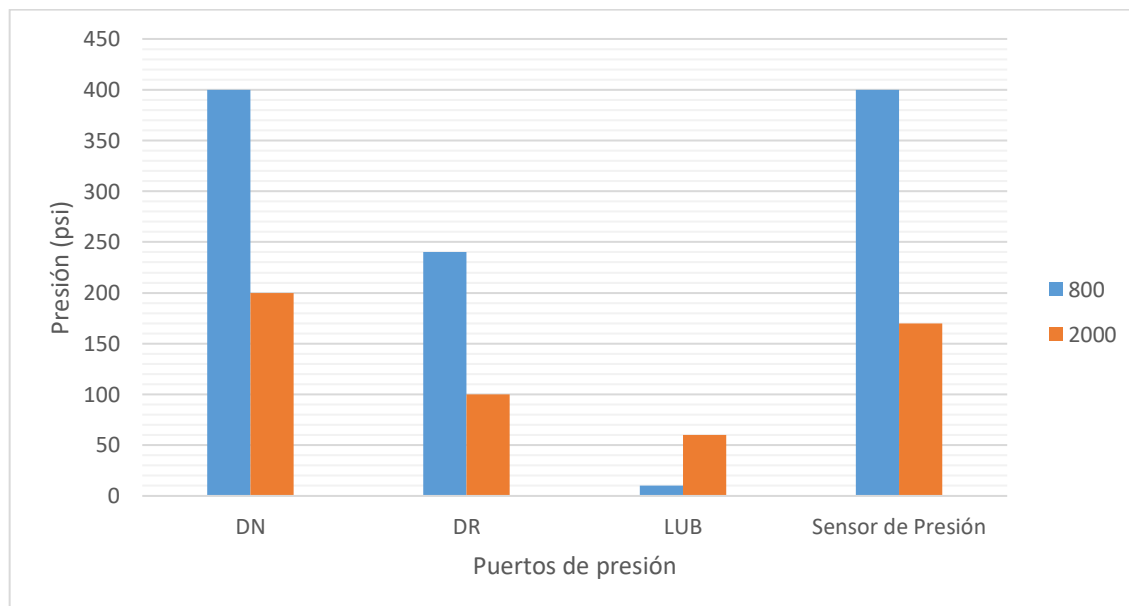


Figura 3. 11 Presión pruebas a 800 y 2000 rpm en L

Al incrementar las revoluciones en el motor a 2000 rpm la presión de la válvula (DN) disminuye un 50%, mientras que la válvula (DR) se reduce 58%, la válvula (LUB) registra un valor de aumento, se incrementa de 10 a 60 psi, al subir los rpm la presión de trabajo que registra el sensor baja de 400 psi a 170 psi siendo 58% menor que en revoluciones bajas.

3.2.7 MEDICIÓN DE PRESIÓN EN TODAS LA POSICIONES

Se realizaron tres pruebas por cada posición de la palanca de velocidades, para que los datos sean más precisos y confiables, se debe mantener las revoluciones constantes sin sobrepasar los 2000 rpm. La Tabla 3.8 presenta los valores registrados en psi a 800 rpm, para la válvula de control de la polea conducida (DN) en la posición (P-D-S-L) 400 psi, la válvula de control de la polea conductora (DR) en la posición (D-S-L) 240 psi, la presión aplicada a la válvula de engrase (LUB) es de 10 psi en todas las posiciones y se registra un valor de 400 psi en el puerto del sensor de presión para la posición (S-L).

Tabla 3. 8 Tabla de presiones de trabajo caja CVT a 800 rpm

800 RPM	MANÓMETRO (psi)			
	DN	DR	LUB	SENSOR DE PRESIÓN
P	400	140	10	170
R	440	290	10	500
N	180	140	10	170
D	400	240	10	390
S	400	240	10	400
L	400	240	10	400

Al momento de incrementar las revoluciones en el motor a 2000 rpm como se observa en la Tabla 3.9 la presión de la válvula (DN) baja un 50% en comparación a la Tabla 3.8, el valor registrado en la válvula (DR) también sufre una reducción de 61,6 %, la válvula de engrase (LUB) registra un incremento considerado al pasar de 10 a 60 psi, al subir las revoluciones la presión de trabajo que registra el sensor de presión baja un 44, 8 % menor en comparación con los 800 rpm.

Tabla 3. 9 Tabla de presiones de trabajo caja CVT a 2000 rpm

2000 RPM	MANÓMETRO (psi)			
	DN	DR	LUB	SENSOR DE PRESIÓN
P	190	145	60	170
R	100	100	10	130
N	190	150	60	170
D	250	200	25	100
S	200	100	60	170
L	200	100	60	170

CAPÍTULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Mediante el diseño de la estructura en un software CAD y al aplicar una carga de 500 kg, se obtuvo un esfuerzo de 92,35 MPa esto quiere decir que posee un 37 % de aceptación, el valor está dentro del rango del límite elástico máximo. El factor de seguridad tiene un valor 2,56 lo que significa que la estructura esta apta para soportar todos los esfuerzos.
- De los datos obtenidos durante las pruebas en las 6 posiciones a 800 rpm en el puerto de la válvula de control de la polea conducida (DN) se registró una presión promedio de 370 psi y en comparación con los datos a 2000 rpm, establece un valor inferior de 188 psi, existe un porcentaje de variación 50,8 %, llegando a determinar que los valores obtenidos durante las pruebas varían de acuerdo al régimen del motor.
- Para la válvula de control de la polea conductora (DR) a 800 rpm, se obtuvo un valor promedio de 215 psi, a 2000 rpm el promedio emitido es 132 psi, con esto se obtuvo una diferencia entre las dos pruebas de 61,4 %, lo que significa que a mayores revoluciones la presión que requiere para realizar el cambio de velocidad será menor.

4.2 RECOMENDACIONES

- Al momento de encender el motor se debe colocar la palanca selectora en posición Parking (P), para poder realizar el cambio de marcha el banco de pruebas tiene instalado un freno para simular el trabajo, se debe pulsar el botón del selector de marcha para luego seleccionar el modo (R-N-D), cuando se encuentra en la posición D se puede alternar entre los modos de conducción S y L.
- Es aconsejable utilizar siempre un scanner de la propia marca del conjunto motor-caja para establecer valores más precisos de trabajo de los componentes internos que dispone la caja CVT, incluso poder tener un registro de las presiones en tiempo real de las lecturas que las computadoras registran al momento de realizar las pruebas en el banco.
- Para que el banco de pruebas de la caja CVT se encuentre operativo se recomienda utilizar dispositivos originales, para este tipo de motor y caja. Se debe realizar pruebas para comparar los valores obtenidos con el manual de reparación del fabricante y establecer los rangos de eficiencia de este tipo de cajas CVT por lo que siempre se debe utilizar un tipo de aceite específico para esta caja, en este caso el fabricante establece utilizar el aceite CVT Honda HCF-2.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Academia. (15 de Enero de 2021). Academia. Recuperado el 11 de Mayo de 2021, de https://www.academia.edu/32862203/Transmisiones_CVT
- Barrera Hinojosa, D. F., & Maldonado Montalvo, M. A. (2013). Repositorio ESPE. Recuperado el 2 de Mayo de 2021, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6401/1/T-ESPEL-MEC-0008.pdf>
- Barrera, Ó., & Ros, J. (2012). Sistemas de seguridad y confortabilidad. Paraninfo.
- Borja, J., Fenoll, J., & Herrera, J. (28 de Enero de 2008). Academia.edu. Recuperado el 6 de Mayo de 2021, de https://www.academia.edu/31475557/SUMARIO_I_Cajas_de_cambios_CVT
- Crolla, D. (2015). Encyclopedia of Automotive Engineering. John Wiley & Sons.
- Domínguez, E., & Ferrer, J. (2018). Sistemas de transmisión y frenado (2018). Editex.
- Erjavec, J., & Ronan, M. (2015). Today's Technician: Manual Transmissions and Transaxles Classroom Manual and Shop Manual, Spiral bound Version. Cengage.
- Esquivel, D. (2008). Repositorio Instituto Politecnico Nacional. Recuperado el 12 de Mayo de 2021, de <https://docplayer.es/58919691-Instituto-politecnico-nacional-escuela-superior-de-ingenieria-mecanica-y-electrica-unidad-profesional-azcapotzalco.html>
- Hernández, L. (2 de Octubre de 2020). Autocosmos. Recuperado el 8 de Mayo de 2021, de <http://especiales.espanol.autocosmos.com/tipsyconsejos/noticias/2020/02/10/cuales-son-las-ventajas-y-desventajas-de-la-transmision-cvt>
- HONDA. (8 de Junio de 2013). 2003 Honda Jazz 1.4 ES with CVT. Recuperado el 5 de Mayo de 2021, de <http://hondafitjazz.com/spanish/html/F00/HTML/02/SAA2E02E15100000000CASP02.HTML>
- HONDA. (2015). Hakan jazz. Obtenido de <http://hondafitjazz.com/spanish/html/F00/HTML/02/SAA2E02E15100000000CASP02.HTML>
- Honda. (18 de Enero de 2021). Honda Ecuador. Recuperado el 22 de Mayo de 2021, de <https://hondaecuador.com.ec/listings/honda-wr-v-lx4x2/>
- INEN. (10 de Abril de 2013). Servicio Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2415-1R.pdf>

- Isopetrol. (2017). Convertidor de Par. Obtenido de <https://www.cam2.com.pe/single-post/2019/09/06/convertidor-de-par-torque-funci%C3%B3n-partes-y-principio-de-trabajo>
- Letona López, P. J. (Junio de 2014). <https://www.usac.edu.gt/>. Recuperado el 6 de Mayo de 2021, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0793_M.pdf
- López, P. L. (Junio de 2014). CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS DE LA CAJA DE CAMBIOS CONTINUAMENTE. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0793_M.pdf
- Matute, S., & Ávila, A. (2017). Repositorio Universidad del Azuay. Recuperado el 7 de Mayo de 2021, de <http://201.159.222.99/bitstream/datos/7967/1/13705.pdf>
- Mitsubishi Motors. (11 de 19 de 2019). Vista Mitsubishi. Obtenido de <https://www.mitsubishi-motors.com.pe/blog/como-funciona-caja-cambios-cvt/>
- Motor y volante. (22 de Marzo de 2020). Motor y volante. Recuperado el 9 de Mayo de 2021, de <https://motoryvolante.com/2020/03/22/opinion-se-vale-odiar-las-cajas-cvt/>
- Muñoz Salcedo, J. M. (2010). Repositorio Universidad del Azuay. Recuperado el 5 de Mayo de 2021, de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6614/1/07642.pdf>
- Navascués, J. (10 de Noviembre de 2015). ASOCIACIÓN / COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS DEL ICAI. Recuperado el 11 de Mayo de 2021, de https://www.icaei.es/contenidos/publicaciones/anales_get.php?id=1490
- Palleiro, I. (17 de Septiembre de 2008). Diariomotor. Recuperado el 3 de Mayo de 2021, de <https://www.diariomotor.com/2008/09/17/la-transmision-variable-continua-cvt-esa-gran-desconocida/>
- Retana, I. (4 de Junio de 2007). INSTITUTO NACIONAL DE APRENDIZAJE. Recuperado el 4 de Mayo de 2021, de <https://soteroina.files.wordpress.com/2013/09/nuevas-tecnologias-aplicadas-en-las-cajas-de-velocidades-utilizadas-en-los-vehiculos-livianos.pdf>
- Ruiz, J. n. (2018). Sistema de transmisión . Editex.
- Santini, K., & Vangelder, K. (2017). Automotive Automatic Transmission and Transaxles. Jones & Bartlett Learning.
- Scribd. (27 de Marzo de 2020). Sistema CVT (Continuously variable transmission). Recuperado el 9 de Mayo de 2021, de <https://es.scribd.com/document/453483968/Descripcion-del-sistema-de-la-CVT-CVT-pdf>

Thompson, R. (2013). *Automotive Maintenance & Light Repair*. Cengage Learning.

Vangelder. (2017). *Fundamentals of Automotive Technology*. Jones & Bartlett.

Zhang, Y., & Mi, C. (2018). *Automotive Power Transmission Systems*. John Wiley & Sons.

ANEXOS

ANEXO I

DISEÑO DEL SOPORTE METÁLICO PARA EL MOTOR Y CAJA CVT

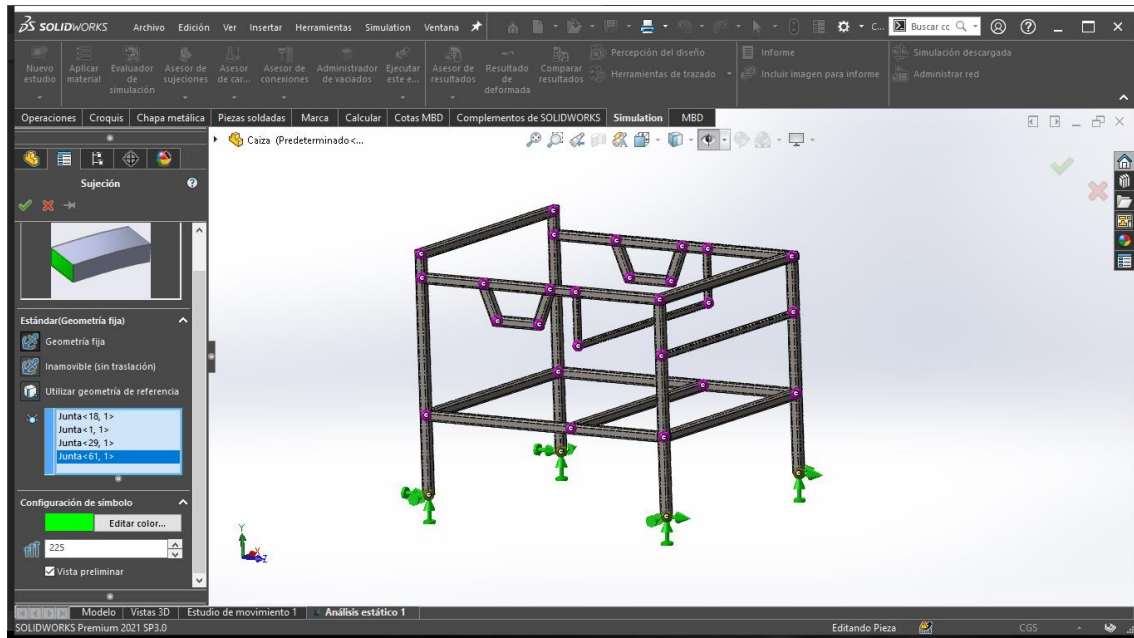


Figura AI. 1 Puntos en donde reposa todo el peso de la estructura.

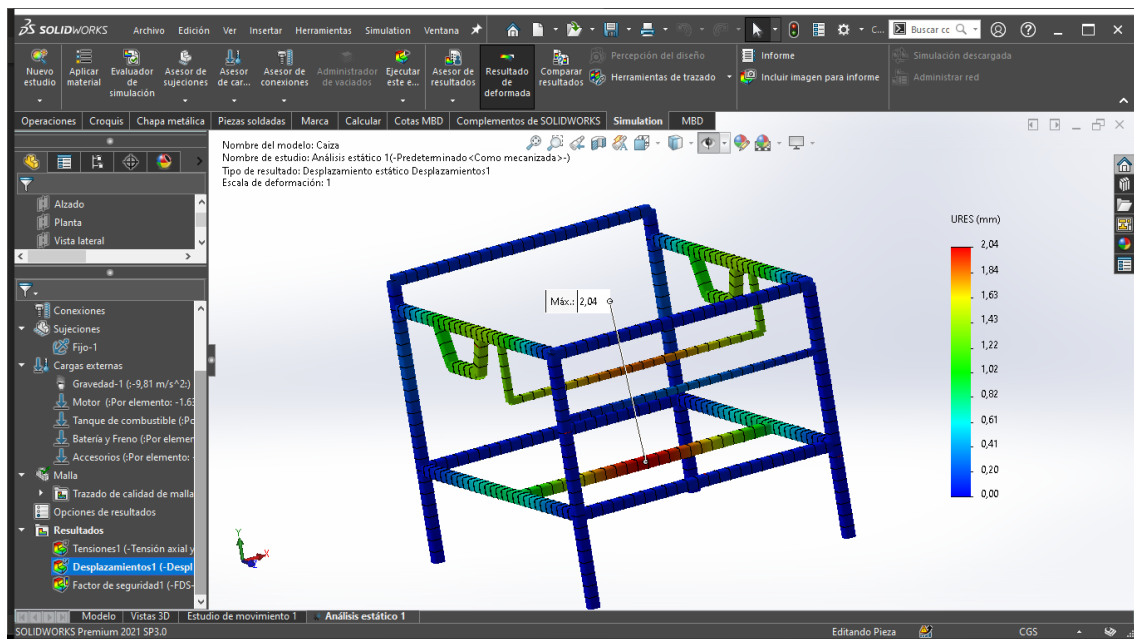


Figura AI. 2 Desplazamiento resultante por efecto de las fuerzas. 2.04 mm

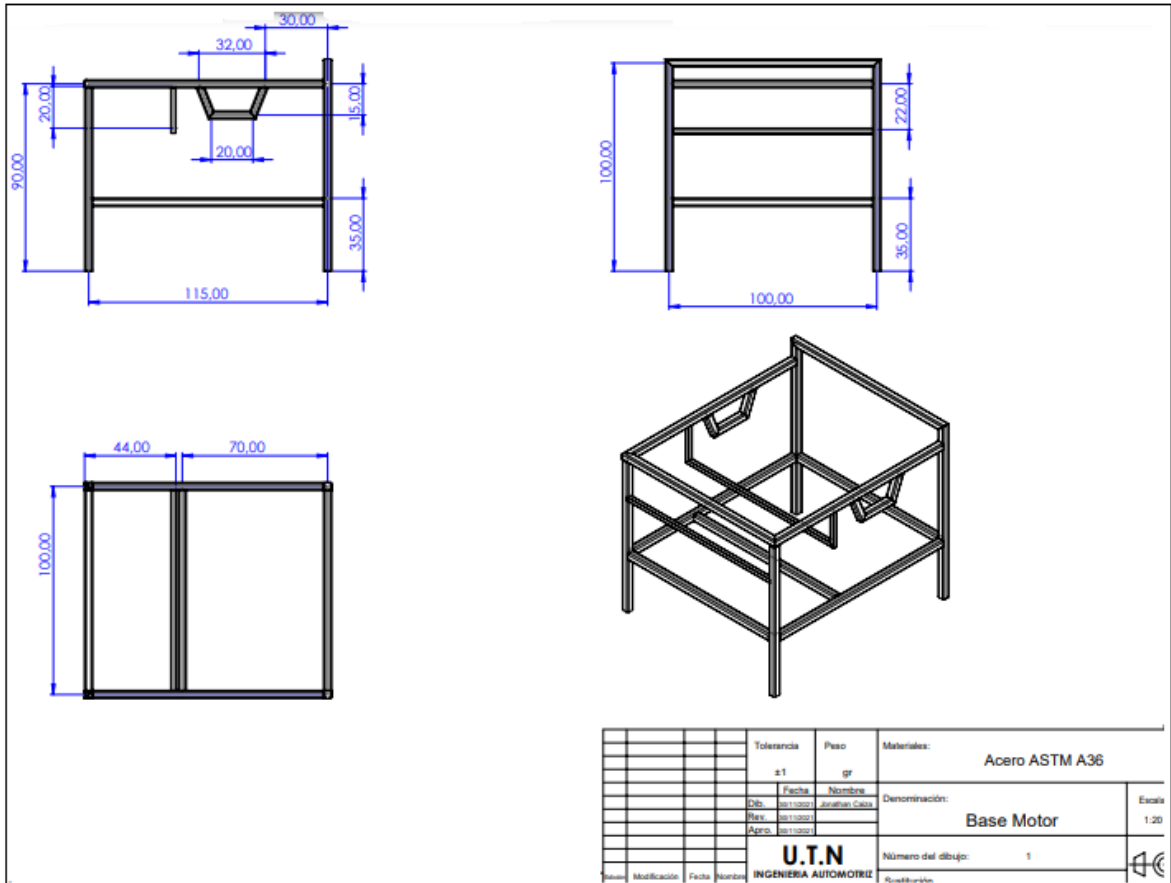


Figura A1. 3 Datos del modelo

ANEXO II**MONTAJE DEL MOTOR Y CAJA CVT EN LA ESTRUCTURA**

Figura AII. 1 Montaje de la transmisión



Figura AII. 2 Puntos de apoyo del motor



Figura AII. 3 Tanque de combustible



Figura AII. 4 Instalación del sistema de freno de disco



Figura AII. 5 Sistema eléctrico y manómetros de presión